

Revista:

BTM Journal

Edición: 1 | Octubre, 2022

BioTechMed Journal

En esta edición:

Desde la evolución humana hasta la biotecnología y la conservación de la biodiversidad, la sección de biología ofrece un análisis crítico y riguroso de los desafíos que enfrenta la sociedad en un mundo en constante cambio.

www.philoscience.com



PHILOSCIENCE

Lima, Perú



Enfermedad de Chagas en Perú y las principales especies de Triatomíneos (Reduviidae) asociadas

Layse Mitsue Harada da Silva ¹

¹Universidade Federal do Pará, Pará – Brasil

Contacto: mitsuehs@gmail.com

Abstract

Chagas disease is an infection caused by the protozoan *Trypanosoma cruzi*. It can be characterized by the symptoms of fever, chagoma, muscle pain among other symptoms. Humans become infected when a truebug of the Triatominae subfamily feeds on their blood and the insect's feces come into contact with damaged skin. In Peru, the cases of Chagas are dated from the pre-Colombian era, currently the reported cases are mostly in the towns of Piura, Cajamarca, Amazonas, Loreto, San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco, Ica, Arequipa, Moquegua and Tacna. Articles from the queue of triatomines and cases of acute Chagas in Peru were analyzed and from the compiled data it was possible to identify which species are the main vectors of *Trypanosoma cruzi*. A description of the morphological characteristics of the triatomine species is also presented to help with the identification of the insect, avoiding possible new cases.

Keywords: Triatominae, American trypanosomiasis, Vectors from Peru.

Resumen

La enfermedad de Chagas es una infección causada por el protozoario *Tripanosoma cruzi*. Puede ser caracterizada por los síntomas de fiebre, mal estar, chagoma, dolor muscular entre otros síntomas. El Humano se infecta cuando un chinche de la subfamilia Triatominae se alimenta de su sangre y las heces del insecto entran en contacto con la piel dañada. En Perú los casos de Chagas son datados desde la época précolombiana, actualmente los casos reportados están en su gran mayoría en las localidades de Piura, Cajamarca, Amazonas, Loreto, San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. Fue analizado artículos de coleta de triatomíneos y casos de Chagas aguda en Perú y a partir de los datos compilados fue posible identificar cuales especies son los principales vectores del *Tripanosoma cruzi*. También es presentado una descripción de las características morfológicas de las especies de triatomíneos para ayudar con la identificación del insecto evitando posibles nuevos casos

Palabras clave: Triatominae, tripanosomiasis americana, Vectores del Perú

1. Introducción

La enfermedad de Chagas o Tripanosomiasis americana fue descrita por Carlos Chagas en 1909, esa enfermedad es causada por el protozoario *Trypanosoma cruzi* normalmente es transmitida por un insecto vector, chinches de la subfamilia *Triatominae*. Sin embargo, hay otras maneras de transmisión como: la ingestión de alimentos contaminados, trasplantes de órganos o sangre con el parásito y de madre a hijo (Molina et al., 2015). A pesar de los 95% de infectados ser asintomáticos en la fase aguda es posible sentir fiebre, malestar, chagoma, linfadenopatía, diarrea entre otros síntomas (Vega et al, 2021; Molina et al, 2016). Desde su descubierta hace 100 años muchos casos son reportados por año en Latino América, uno de los países donde hay reportes anuales es Perú.

En Perú los casos de Chagas probablemente existen desde la época pré-colombiana, de acuerdo con estudios realizados en momias andinas (Náquira, 2002; Náquira et al, 2009). Actualmente los casos reportados están en las localidades de Piura, Loreto, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco, Ica, Arequipa, Tacna y Moquegua (Cáceres et al, 2002, Vega et al, 2021). Los casos son más comunes en ambientes peri domésticos donde es más fácil la presencia del vector *Triatomino*.

La subfamilia *Triatominae* fue apuntada como vector del protozoario cuando el investigador Carlos Chagas localizó individuos de *Trypanosoma sp.* en el intestino del chinche y en seguida también localizó *Trypanosoma sp* en el sangre de seres humanos. Los *Triatominae* pueden ser diferenciados de los demás reduvídeos por sus hábitos hematófagos en vertebrados, los demás de esa familia presentan hábitos depredadores. El formato de su cuerpo es ovalado con color marrón, puede tener rasgos amarillos o rojos, otra característica que los difiere es el rostro delgado y largo (Chaves, 2002, García et al, 2000). Hasta el momento son descritas más de 140 especies (Juberg et al., 2014), siendo muchas apuntadas en Perú como vectores para la enfermedad de Chagas, eso coloca la subfamilia en la categoría de importancia médica y salud poblacional.

2. Objetivos

Verificar la incidencia reciente de Chagas en Perú. Objetivos general: Identificar las principales especies vectores de la enfermedad de Chagas en Perú y crear un resumen con las características de las 7 especies más comunes en las regiones de Perú.

3. Metodología

Fue realizado un análisis a partir de un compilado de artículos de revistas científicas nacionales e internacionales, así como plataformas artículos científicos disponibles en plataformas (Scielo, plosOne). Fue considerado para la revisión informes del gobierno, revisiones de taxón y trabajos sobre incidencia, identificación de casos clínicos de Chagas en Perú y demás países de América Latina.

4. Métodos y recogida de datos

El presente estudio utilizó algunos artículos publicados entre los años de 1979 - 2021 para realizar una revisión del estado de conocimiento de las especies de *Triatominae* más comunes en Perú. También fue consultado entidades de investigación reconocidas mundialmente como el Laboratorio Nacional e Internacional de Referencia en Taxonomía de Triatominos Instituto Oswaldo Cruz. Los dibujos presentes fueron creados por medio del software Adobe Illustrator CS5.1 con base en fotos de individuos presentes en los trabajos: *Atlas Iconográfico dos triatomíneos do Brasil (vetores da doença de Chagas)* (Juberg et al., 2014) y *Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of chagas' disease* (Lent et al., 2007)

5. Resultados

Los triatomíneos son clasificados en 5 tribus, 15 géneros y más de 140 especies, estudios científicos apuntan que en Perú hay cerca de 18 especies vectores para la enfermedad de Chagas. De estas especies podemos destacar seis como las más comunes en las regiones de Perú, que serían: *Panstrongylus geniculatus* (Latreille, 1811); *Panstrongylus chinai* (Del Ponte, 1929); *Triatoma infestans* (Klug, 1834); *Panstrongylus herrreri* (Wygodzinsky, 1948); *Rhodnius ecuadoriensis* (Lent & León, 1958); *Rhodnius robustus* (Larrousse, 1927), también es posible verificar que la mayor incidencia de esos insectos es en la región norte del país.

Tabla 1: Lista de especies y localidades donde fueron identificadas

Especies	Localidad
<i>Belminius peruvianus</i> Herrer, Lent & Wygodzinsky, 1954	Cajamarca, Amazonas
<i>Cavernicola pilosa</i> Barber, 1937	Loreto, Cajamarca, La Libertad
<i>Eratyrus cuspidatus</i> Stål, 1859	Tumbes, Piura
<i>Eratyrus mucronatus</i> Stål, 1859	San Martín, Loreto, Ucayali, Madre de Dios, Junín
<i>Microtriatoma trinidadensis</i> (Lent, 1951)	Cusco, Cajamarca, La libertad
<i>Panstrongylus chinai</i> (Del Ponte, 1929)	Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Cajamarca, Amazonas
<i>Panstrongylus geniculatus</i> (Latreille, 1811)	Huánuco, Pasco, Junín, Ayacucho, Puno, Loreto, Amazonas, San Martín, Madre de Dios, Ucayali
<i>Panstrongylus herrreri</i> (Wygodzinsky, 1948)	Piura, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Ayacucho, Apurímac
<i>Panstrongylus lignarius</i> (Walker, 1873)	San Martín
<i>Panstrongylus rufutuberculatus</i> (Champion, 1899)	Tumbes, Piura, Cajamarca, Cusco, Junín
<i>Psammolestes tertius</i> Bergroth, 1911	San Martín
<i>Rhodnius ecuadoriensis</i> (Lent & León, 1958)	Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Cajamarca
<i>Rhodnius pictipes</i> Stål, 1872	Loreto, Madre de Dios, Cusco, Junín, Ayacucho
<i>Rhodnius robustus</i> (Larrousse, 1927)	Loreto, Ucayali, Madre de Dios, San Martín, Cajamarca, Junín
<i>Triatoma carrioni</i> Larrousse, 1926	Piura, Cajamarca, Lambayeque, Amazonas
<i>Triatoma dimidiata</i> Latreille, 1811	Tumbes, La Libertad
<i>Triatoma infestans</i> (Klug, 1834)	Lima, Ica, Cusco, Arequipa, Ayacucho, Apurímac, Tacna, Moquegua
<i>Triatoma nigromaculata</i> (Stål, 1859)	San Martín, Cajamarca

6. Discusión

Hay una dificultad de saber con precisión el estado de Chagas actual en Perú, debido a sus subregistros o el gran número de casos asintomáticos. Es sabido que hay una mayor incidencia de la enfermedad de acuerdo con la situación económica y pobreza de la región (García et al, 2000) zonas de perivivenda o cerca del ambiente natural aumentan las chances de contacto con el triatomino llevando a una posible infección de Chagas, pues en esos sitios están presentes los animales que fueron identificados anteriormente como reservatorios naturales del Trypanosoma (Náquira y Cabrera, 2009).

Ségun MINSA (2020), en Perú hubo una disminución en reportes de Chagas, con 21 casos para ese año, siendo 9 casos en Arequipa. Estudios realizados identifican la presencia de 3 especies ocupando ambientes intradomiciliares y peridomiciliares: *Rhodnius ecuadoriensis*, *Panstrongylus herrreri* y *Triatoma carrioni* (Cuba et al, 2002; Chaves, 2002).

Para la prevención de la enfermedad las autoridades peruanas utilizan del método de controlar el vector insecto (chinche), con charlas educativas en las comunidades y desinfección de casas. Otro método para verificar la incidencia del Trypanosoma en la población seria por exámenes de sangre, buscando la presencia del protozoario principalmente en los casos agudos donde casi no hay síntomas. Es de suma importancia la educación de la población para mejor manejo y prevención de la enfermedad (Náquira y Cabrera, 2009).

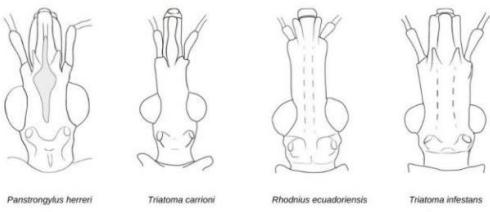


Fig 1: Esquema simplificado de cabezas de las especies de Triatominae localizadas dentro de domicilios en Perú (*Panstrongylus herrerri*, *Triatoma carrioni* y *Rhodnius ecuadoriensis*) y de *Triatoma infestans* reconocida como un importante vector de la enfermedad de Chagas.

Acá entregamos un mini guía de identificación de las 7 especies de Triatomíneos más comunes en Perú. Fue escrito basado en los artículos de identificación de triatomíneos y listas de incidencias de Chagas en Perú.

Orden: Hemiptera

Familia: Reduviidae Latreille, 1807

Subfamilia: Triatominae Singer, 1939

Panstrongylus Berg, 1879

Panstrongylus chinai (Del Ponte, 1929)

Tamaño 21 – 27 mm

Diagnosis: cuerpo negro o marrón oscuro; cabeza plana con rugas rasas; segundo segmento de las antenas con pelos rígidos y otros menores sensoriales. Clípeo alargado posteriormente; gena estrecha; rostro cubierto de pequeños pelos; piernas completamente negras u oscuras.

Hábitos: Peridoméstico; doméstico o ambiente salvaje (características ecológicas de selva alta). Muy común cerca de las viviendas o granjas. Características morfológicas muy similares a *P. howardi* endémica del Ecuador.

Panstrongylus geniculatus (Latreille, 1811)

Tamaño: 22 – 29,5 mm

Diagnosis: Cuerpo marrón claro; Superficie dorsal de la cabeza superficialmente rugosa. Parte anterior de la cabeza visiblemente vuelta hacia arriba. Cabeza alrededor de una vez y media como tan largo como el ancho de los ojos, y claramente más corto que el pronoto. Proceso del escutelo alargado, cilíndrico y afilado en la punta; fémures oscuros, rojos en el ápice; vientre del abdomen claro con manchas negras. Hábitos: Especie de mayor distribución en el Perú, puede ser encontrado dentro de las viviendas o peridoméstico.

Panstrongylus herrerri (Wygodzinsky, 1948)

Tamaño 20,5 – 30 mm

Color general amarillo claro dorsalmente; Cabeza corta y ancha con las antenas fijadas lejos del ápice de la cabeza; Tubérculos anteníferos sin proceso apicolateral; Antenas con primer y segundo segmento negro marrón oscuro o negro ventralmente; Tubérculos presentes cerca del borde anterior de los ojos; Apéndice posterior del escutelo redondeado; hemelytra de color marrón amarillento claro o amarillo. Tibias totalmente negras, superficie del cuerpo con setas doradas muy cortas.

Hábitos: Selva Húmeda, Especie considerada importante en la transmisión de *T. cruzi* en la zona Nororiental del Perú, especie de hábitos domiciliarios en mayor porcentaje

Rhodnius Stål, 1859

Rhodnius ecuadoriensis (Lent & León, 1958)

Tamaño 12-15 mm

Cuerpo amarillo y marrón claro; Cabeza larga, mayor que el doble del ancho, antenas cerca del ápice de la cabeza; Cabeza y patas con manchitas irregulares; Pronoto con lóbulo anterior granuloso; Ángulos anterolaterales del pronoto no prominente escutelo y parte del hemélitro marrón con rayas amarillas; Conexivo con manchas oscuras. Hábitos: consideran a esta especie como domiciliaria y silvestre. Sus hábitats preferidos son las grajas y palomares, ya localizado dentro de las casas en Perú.

Rhodnius robustus (Larrousse, 1927)

Tamaño 20 - 26 mm

Diagnosis: color del cuerpo ámbar; Cabeza más larga que el pronoto, porción longitudinal clara que se extiende desde el clípeo al cuello; ángulos anterolaterales del pronoto arredondeados; lobo posterior del pronoto con dos rayas longitudinales oscuras y una clara entre las carenas submedianas; piernas marrones sin manchas; conexivo claro con manchas rectangulares oscuras; porción ventral sin manchas amarillas.

Hábitos: Silvestres o peridomesticos. Identificado en Perú como vector del Trypanosoma sp.

Triatoma Laporte 1832

Triatoma carrioni Larrousse 1929

Tamaño 19 – 22,5 mm Diagnosis: Cuerpo negro con rayas amarillas o naranjas en el tórax y élitros; cabeza negra, alongada dorsalmente con región granulosa elevada en el cume. Cabeza con tamaño cerca de dos veces el ancho de los ojos. Primero y segundo segmentos anteníferos marrón oscuros o negro siendo el primero muy corto. Pernas pretas, robustas; fémures posteriores com dois dentículos grandes. Ventre del macho convexo, negro com manchas rojas transversais. Hábitos: Doméstico o en ambientes peridomésticos.

Triatoma infestans (Klug, 1834)

Tamaño 21 – 29 mm

Diagnosis: cabeza negra, con finas rugas, tamaño de dos veces la largura de los ojos; primero segmento de la antena no alcanzando el ápice del clípeo; pronoto y piernas negras; trocánteres y base de los fémures amarillos; tibias oscuras; conexivo amarillo con rayas transversas anchas y oscuras. Hábitos: cerca de las casas, principal vector del Trypanosoma en el sur de Perú.

para una mejor identificación de casos agudos ayudando para el conocimiento nacional de la enfermedad.

8. Bibliografía

Cáceres, A., Troyes, L., González-Pérez, A., Llontop, E., Bonilla, C., Murias, E., Heredia, N., Velásquez, C., Yñez, C. (2002). Enfermedad de chagas en la región nororiental del Perú triatominos (Hemiptera, Reduviidae) presentes en Cajamarca y Amazonas. Rev Peru med exp salud publica (19)

Cuba Cuba, C.A., Abad-franch, F., Rodríguez, J., Vásquez, F., Velásquez, L.P., Miles, M. (2002). The triatomines of northern Peru, with emphasis on the ecology and infection by trypanosomes of rhodnius ecuatoriensis (triatominae). Mem inst Oswaldo Cruz (97) 175-183

Cuba Cuba, C.A., Vallejo, G.A., Gurgel-Gonçalves, R. (2007). Triatomines (Hemiptera, Reduviidae) prevalent in the northwest of Peru: species with epidemiological vectorial capacity. parasitol latinoam. (62) 154 – 164

Chaves, J. (2002). Contribución al estudio de los triatominos del Perú: Distribución geográfica, nomenclatura y notas taxonómicas. An Facultad de Medicina Lima. (67)

Jurberg, J., Galvão C., Weirauch, C., Moreira, F. (2015). Hematophagous Bugs (Reduviidae, Triatominae). En: Panizzi & Grazia, editor. The true bugs (Heteroptera) of the Neotropics. 2. Entomology in Focus. 353 -394. Jurberg, J., Rodrigues J., Moreira F., Dale C., Cordeiro IR, Lamas Jr V., Galvão C., Rocha D. (2014). Atlas Iconográfico dos triatomíneos do Brasil (vetores da doença de Chagas). Laboratório Nacional e Internacional de Referência em Taxonomia de Triatomíneos Instituto Oswaldo Cruz. Rio de Janeiro. 11-43.

Lent, H. y Wygodzinsky, P. (1979). Revision of the Triatominae (Hemiptera, Reduviidae), and their significance as vectors of chagas' disease. Bulletin of the American Museum of Natural History. (163).

Molina, I., Salvador, F., Sánchez-Montalvá, A. (2016). Actualización en enfermedad de Chagas. Elsevier España, S.L.U. y Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eimc.2015.12.008> 0213-005X/©

7. Conclusiones

Es posible concluir que las tres especies Rhodnius ecuatoriensis, Panstrongylus herreri y Triatoma carrioni merecen recibir más atención por parte de las autoridades de Salud Pública Peruana y estudios de identificación en las comunidades, debido a su importancia por estar presente dentro de los domicilios. Es importante más estudios de identificación en las comunidades, charlas educativas y exámenes en muestras de sangre

MINSA. (2020). Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades MINSA. (*) Hasta la SE 13.

Náquira, C. y Cabrera, R. (2009). Breve reseña histórica de la enfermedad de Chagas, a cien años de su descubrimiento y situación actual en el Perú. Rev Peru med exp salud publica. 12 (26) 494-504

Náquira, C. (2014). Urbanización de la enfermedad de Chagas en el Perú: experiencias en su prevención y control. Rev Peru Med Exp Salud Publica. (31) 343

Garcia, E.S., Azambuja, P., Días, J.C.P. (2000). Triatominae (Reduviidae). En: Schaefer CW, Panizzi AR, editor. Heteroptera Economic Importance. Printed in the United States of America; p-539

Vega, S., Cabrera, R., Alvarez, C.A., Uribe-Vilca, I., Guerrero-Quincho S., Ancca-Juárez J. (2021). Características clínicas y epidemiológicas de casos de enfermedad de Chagas aguda en la cuenca amazónica peruana, 2009-2016. Rev Peru med exp salud publica. (38) 70-6. doi: <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.381.6286>



Ácido úsnico y atranorina: Una aplicación farmacológica

Karín Viviana Vargas Moreno ¹

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia

Contacto: biokvvm@gmail.com

Abstract

Lichens are symbiotic organisms consisting of a fungus and an algae, where around 17000 species are characterized by producing a group of characteristic secondary metabolites, called lykenic compounds. These organisms are capable of synthesizing exclusive secondary metabolites, being these of a polycyclic nature (Portuondo et al., 2019), although a variety of these elements have been characterized highlighting úsnic acid and atranorine at the pharmacological level. Among the characteristics of the compounds mentioned, antibiotic, antimutagenic, analgesic, antipyretic activity has been found, among others (Pérez et al., 2013). The following review aims to detail aspects of some species that contain úsnico acid and atranorine, influencing the chemical composition to understand the mechanism of action that can effect in humans. The information was collected by searching for bibliographic material followed by the review and selection of the information to be detailed, generating a critical reading.

Keywords: Lichens, Compounds, Metabolites, Pharmacological

Resumen

Los líquenes son organismos simbóticos conformados por un hongo y un alga, donde alrededor de 17000 especies se caracterizan por producir un grupo de metabolitos secundarios característicos, llamados compuestos liquénicos. Estos organismos son capaces de sintetizar metabolitos secundarios exclusivos, siendo estos de naturaleza policíclica (Portuondo et al., 2019), aunque se han caracterizado variedad de dichos elementos se resalta al ácido úsnico y la atranorina a nivel farmacológico. Entre las características de los compuestos mencionados, se ha encontrado actividad antibiótica, antimutagénica, analgésica, antipirética, entre otras (Pérez et al., 2013). La siguiente revisión tiene como objetivo detallar aspectos de algunas especies que contienen ácido úsnico y atranorina, incidiendo en la composición química para entender el mecanismo de acción que puede efectuar en el ser humano. La recopilación de la información se realizó mediante la búsqueda de material bibliográfico seguido de la revisión y selección de la información a detallar, generando una lectura crítica.

Palabras clave: Líquenes, Compuestos, Metabolitos, Farmacológico.

1. Introducción

Los líquenes son probablemente los más desconocidos y pobemente apreciados organismos en el mundo biológico (Pérez et al., 2013) caracterizados por ser organismos constituidos por un componente fúngico (micobionte) y un componente fotosintético (fotobionte) (Portuondo et al., 2019). Dichos elementos del liquen en conjunto con el ambiente mantienen un flujo de agua, carbono, nitrógeno y otros elementos esenciales (Sapp et al., 2017) Los distintos colores que tienen los líquenes provienen de la acumulación de diversos metabolitos secundarios, sustancias liquénicas o ácidos liquénicos, que son compuestos químicamente complejos

(Sapp et al., 2017) donde sus productos provienen del metabolismo secundario del talo; siendo la estructura vegetal de gran variedad conforme al origen del líquen (Yilmaz et al., 2010). La mayoría de los metabolitos secundarios de los líquenes, derivan de la vía biosintética del policétido, también conocido como vía del Acetyl-Polimalonil, además otros metabolitos también son derivados por las vías del ácido Shikímico y Mevalónico (Figura 1) (Biesecker et al., 2020). Entre estos se presentan aminoácidos, azúcares, ácidos grasos, lactonas macrocíclicas, aromáticos monocíclicos, quinonas, cromonas, xantonas, terpenoides, esteroides y carotenoides, pero hasta ahora han sido aceptados como típicamente liquénicos solamente dépsidos, depsidonas, depsonas, dibenzofuranos y ácidos úsnicos (Pérez et al., 2013).

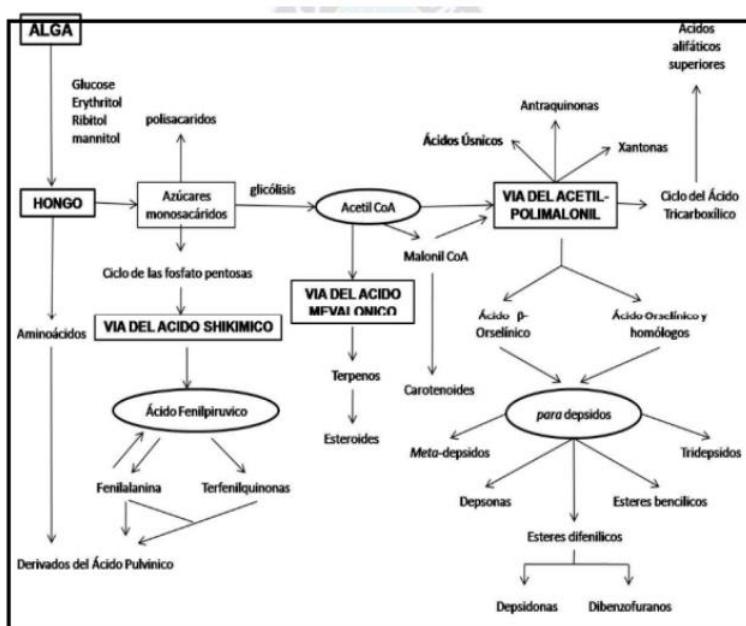


Figura 1. Vías biosintéticas para la generación de metabolitos secundarios (Biesecker et al., 2020).

Estos organismos producen metabolitos, de los cuales un gran número tiene interés farmacológico, bromatológico e industrial (Portuondo et al., 2019); sus usos en la medicina tradicional, han sido empleados en varios países europeos para tratar enfermedades estomacales, diabetes, tuberculosis pulmonar y muchas otras.

En referencia a sus propiedades las más estudiadas han sido las antimicrobianas y anticancerígenas, aunque no se deja de lado sus propiedades antibióticas, sobre todo aquellos líquenes que producen ácido úsnico (Pérez et al., 2013).

Con respecto al uso medicinal de los líquenes se utilizan especies de *Cladonia* en el tratamiento de la tuberculosis pulmonar, mientras que las especies de *Usnea* se utilizan en Asia, África y Europa para controlar la fiebre y aliviar dolores. Otros como *U.longissima* se utilizan en China como expectorante y los extractos de *U. barbata* se usan actualmente en cosmética y preparaciones farmacéuticas (Sapp et al., 2017). Los metabolitos secundarios de los líquenes son fuertemente citotóxicos y tienen la capacidad de detener la proliferación celular de las células cancerosas a concentraciones de micromolar (Sapp et al., 2017). A nivel histológico, los metabolitos del liquen se depositan en la corteza (ácido úsnico, parietina, atranorina, ácido pulvínico) (Biesecker, 2006)

2. Ácido úsnico

El ácido úsnico (AU), aislado en 1844 por primera vez y especialmente encontrado en el género *Usnea*, también puede hallarse en otras especies en diferentes proporciones como en la familia *Parmeliaceae*, siendo las que tienen mayor cantidad de ácido úsnico 0,30-0,35% y los líquenes de otras familias (*siphulaceae*, *stereocaulaceae*, *cladoniaceae*) contienen solamente de 0,07 hasta 0,12% (Castro, 2010). Es de color amarillo y, se encuentra en dos formas isoméricas; (+)-ácido úsnico y, el (-)-ácido úsnico; diferenciándose solamente en la orientación del grupo metilo enlazado al carbono 9b (Figura 2) (Biesecker et al., 2020).

El AU es la sustancia liquénica que ocupa la mayor parte de los trabajos de investigación por su marcada acción antitumoral (Sapp et al., 2017). Así mismo presenta actividad antiviral, llegando a tener una acción inhibitoria en el VIH, sus isómeros ópticos muestran un amplio espectro de actividad fisiológica frente a neumococos, estreptococos y estafilococos; además, tienen actividad antibiótica frente a diferentes tipos de *Mycobacterium* (Castro, 2010). El enantiómero (+)-AU, tiene propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y antivirales, mientras que el enantiómero (-)-AU, tiene propiedades antifúngicas o antimicóticas (Biesecker et al., 2020).

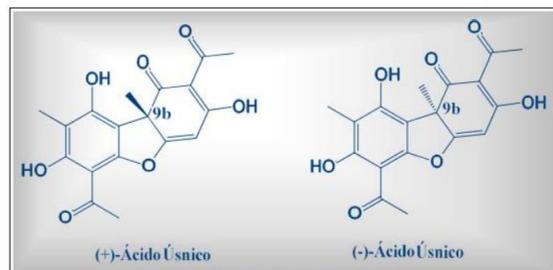


Figura 2. Estructuras moleculares de los isómeros del ácido úsnico (Biesecker et al., 2020).

La actividad antibacteriana del ácido úsnico, contra *Streptococcus mutans* y, *Staphylococcus* mutants, fue examinado por Ghione y colaboradores en 1988 (Biesecker et al., 2020), por otro lado el extracto metanólico AU del liquen *U. difraccta*; fue evaluado para observar su actividad como analgésico y antipirético en ratones. Experimentos clínicos en pacientes con el Virus del Papiloma Humano (VPH) demostraron que el tratamiento como adyuvante con ácido úsnico reduce la aparición del cáncer cérvico uterino (Sapp et al., 2017).

El AU, fue reportado por primera vez en el año 1975, al ser evaluado con el test de Lewis y, observar su capacidad inhibitoria en el carcinoma pulmonar (Biesecker et al., 2020). Kristmundsdóttir y colaboradores (Kristmundsdóttir et al., 2002) realizaron un ensayo donde solubilizaron ácido úsnico de *Cladonia arbúscula* en 2-hidroxipropil-biclodextrina, dando como resultado actividad antiproliferativa contra la línea celular maligna K-562. Por otra parte, inhibe la entrada en fase S del ciclo celular de dos líneas celulares diferentes de cáncer humano: la línea celular de cáncer de mama T-47D y la línea celular de cáncer de páncreas Capan-2. Frente a los efectos antiinflamatorios el AU mediante

la inhibición del factor de necrosis tumoral α (TNF α) y la expresión de la sintetasa de óxido nítrico inducible (iNOS) a través de la regulación de la actividad de señalización del factor nuclear (NF-kB) al suprimir la degradación de I-kB (Biesecker, 2006).

3. Atranorina

De la mano del AU otro metabolito importante que presenta gran actividad a nivel farmacológica es la atranorina (ATR), aislada de la especie *Parmelina tiliacea* presentando una actividad antiinflamatoria, demostrada por Vinicio (2015) aproximadamente frente a un efecto antiinflamatorio de 75,78 % a 200 ppm. La ATR es un depsido que se sintetiza a través de la vía del acetil-polimalonil (Biesecker, 2006) está constituido por dos unidades (orcinal y/o β-orcinal), unidas por un enlace éster, éter o carbono-carbono, con diversos sustituyentes en los anillos aromáticos, entre los que se incluyen hidroxilos fenólicos (Figura 3)(Fernández, 2018). El potencial efecto antiinflamatorio asociado a la molécula atranorina, generó un efecto positivo sobre la respuesta inflamatoria, la cual podría estar relacionado con la inhibición inducida por la atranorina sobre la actividad de la ciclooxigenasa (COX-1 y COX-2) y el bloqueo de la biosíntesis del leucotrieno B4, lo que podría conducir a un efecto antiinflamatorio (Vinuela et al., 2018)

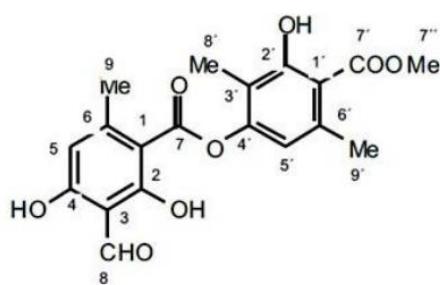


Figura 3. Estructura Atranorina (Castro y Cedrón, 2013)

La depsida atranorina demostró un efecto citoprotector en la línea celular SH-SY5Y (modelo de astrocitoma humano) frente al estrés oxidativo inducido por H₂O₂; ejerce efectos diferenciales frente a la producción de distintas especies reactivas, actuando como pro-oxidante bajo ciertas condiciones experimentales (Fernández, 2018)

García (2006) detalla algunos estudios donde se ha observado como el ácido úsnico y la atranorina indujeron una pérdida en el potencial de la membrana mitocondrial, junto con la activación de la caspasa-3 en las células HT-29 de cáncer de colon. Conforme con Castro y Cedrón (2013) la especie *Hypotrachyna chicitae* distribuida en zonas andinas de Sudamérica como Perú, Bolivia y Colombia, presenta dos compuestos liquénicos correspondientes al ácido úsnico y atranorina, siendo un hallazgo por ser el primer estudio sobre esta especie en el Perú. De la misma manera, un estudio realizado por Rojas y colaboradores (2008) evidencian que el ácido úsnico y las antraquinonas, que ocupan la corteza de los líquenes y que son sintetizados por éstos a partir de las vías del ácido mevalónico y del acetato polimalonato, presentan absorbancias que oscilan entre los 200 y 400 nm frente a la radiación UV.

4. Conclusiones

Es importante reconocer que los líquenes han empezado a generar interés en el ser humano desde hace un tiempo, donde sus propiedades se han venido evaluando a lo largo de los diversos estudios prolongados en diferentes líneas de acción, siendo la farmacológica una de las más fuertes. Aunque todavía se siguen detallando y experimentando aspectos sobre estos organismos, sin duda alguna han representado valor por sus propiedades y componentes de acuerdo a las diversas especies. El ácido usnico y la atranorina han desplegado posibilidades en tratamientos en el campo biomédico, ciertamente porque se han explorado los líquenes como una visión alternativa frente al cáncer, VIH, hongos, entre otros; aunque todavía se siguen descubriendo los mecanismos de acción de estos compuestos, pueden incidir en enfermedades y otros diagnósticos, siendo prometedores no convencionales en cuanto a la medicina tradicional

5. Bibliografia

Portuondo, E., Acuña, P., Morales, E., Gonzales, Y.& Caridad, M. (2019). Síndrome de Proteus y síndrome de West en lactante femenina. Rev cubana Pediatr (Online), 91 (4).
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract
&pid=S0034-75312019000400011

Perez, E., Concepcion, N., Terrero, M., Rodriguez, Z & Torres, A. (2013). Síndrome de Proteo. Presentación de un caso. Medisur, 11 (5), 563 - 568.
www.redalyc.org/articulo.oa?id=180028774013

Sapp, J. C., Hu, L., Zhao, J., Gruber, A., Schwartz, B., Ferrari, D., & Biesecker, L. G. (2017). Quantifying survival in patients with Proteus syndrome. Genetics in medicine, 19(12), 1376- 1379.
https://www.nature.com/articles/gim201765

Yilmaz, A., Hamel, N., Schwartz, C. E., Houlston, R. S., Harper, J. I., & Foulkes, W. D. (2010). A genomewide analysis of loss of heterozygosity and chromosomal copy number variation in Proteus syndrome using high-density SNP microarrays. Journal of human genetics, 55(9), 627-630.
https://www.nature.com/articles/jhg201070

Biesecker, L. G., Edwards, M., O'Donnell, S., Doherty, P., MacDougall, T., Tith, K., Kazakin, J. & Schwartz, B. (2020). Clinical report: one year of treatment of Proteus syndrome with miransertib (ARQ 092). Molecular Case Studies. Cold Spring Harbor CSH. 6 (1). https://scihub.st/10.1101/mcs.a004549

Biesecker, L. (2006). The challenges of Proteus syndrome: diagnosis and management. European journal of human genetics, 14(11), 1151-1157.https://www.nature.com/articles/5201638

Castro O. (2010). Aislamiento del ácido úsnico de Flavoparmelia caperata y su determinación cuantitativa por espectroscopía UV, en diez líquenes. Rev. Soc. Quím. Perú, 76 (4) 389-399

Kristmundsdóttir T., Aradottir H.A.E., Ingolfsdottir K., Ogmundsdottir H.M. (2002). Solubilization of the lichen metabolite (+)-usnic acid for testing in tissue culture. Journal of Pharmacy and Pharmacology. 54(11) 1447-1452.

Vinicio M. (2015). Actividad antiinflamatoria y citotóxica in vitro de las fracciones aisladas por cromatografía preparativa en capa fina de (parmelina tiliacea) [Tesis Pregrado]. Ecuador : Escuela superior política de Chimborazo ; Recuperado a partir de: http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/4014/1/56T00537%20UDCTFC.pdf

Fernández C. (2018). Estudio con criterios filogenéticos del potencial neuroprotector de líquenes parmeliáceos: mecanismos de acción de sus metabolitos secundarios [Tesis Doctoral]. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Recuperado a partir de: https://eprints.ucm.es/id/eprint/46016/1/T39498.pdf

Vinueza D, Janeta M, Pilco G, Acosta K, Abdo S. (2018). Evaluación de la actividad antiinflamatoria y citotóxica de atranorina y dilactona del ácido pulvínico: compuestos fenólicos bioactivos del líquen Parmelina Tiliaceae. Perfiles. 19 (1) : 30- 36

Castro O, Cedrón JC. (2013). Metabolitos secundarios del liquen Hypotrachyna chicitae. Rev. Soc. Quím. Perú. 79 (2) : 144-149.

Rojas JA, Balza A, Marcano V, Rojas P, Dávila D, Peña Z, Mendoza RV, Palacios E. (2008). Metabolitos secundarios de líquenes de la zona nival de la Sierra Nevada de Mérida-Venezuela y su papel en la absorción de la radiación ultravioleta. Anales del Jardín Botánico de Madrid. 65 (1) : 59-72



Insectos exóticos, con énfasis en Perú

Layse Mitsue Harada da Silva¹

¹ Universidade Federal do Pará , Brasil

Contacto: mitsuehs@gmail.com

Abstract

Exotic species are becoming more common due to globalization that provides a greater shipment of cargo, culture and people between countries. There are many works of exotic species involving vertebrates such as the tiger fish, the Asian tilapia or the African wild boar, most people when thinking about invasive alien species almost always think of vertebrates and often ignore the importance of knowing, managing and monitor exotic insects. In Latin America there are laws and policies aimed at preventing the invasion or arrival of exotic insects and invertebrates with the potential to harm agricultural production. Here we bring a summary of the current status of these species in Peru, indicating the species of economic importance or with the potential to destabilize or extinguish other natives by competition. In addition, an analysis of what can be done to mitigate the effects of the advance of these species in our country is presented.

Keywords: Invasive species, Hexapoda, Environmental imbalance

Resumen

Especies exóticas son cada vez más comunes debido a globalización que proporciona un mayor envío de carga, cultura y personas entre los países. Hay muchos trabajos de especies exóticas envolviendo vertebrados como es el caso del pez tigre, la tilapia asiática o el jabalí africano, la mayoría de las personas al pensar en especies exóticas invasoras casi siempre piensa en vertebrados y muchas veces ignora la importancia de conocer, manejar y monitorear insectos exóticos. En Latino América hay leyes y políticas volteadas a evitar la invasión o llegada de insectos e invertebrados exóticos con potencial para perjudicar la producción de la agricultura. Acá traemos un resumen del estado actual de esas especies en Perú, indicando las especies de importancia económica o con potencial de desestabilizar o extinguir por competencia a otras nativas. Además es presentado un análisis de lo que es posible hacer para mitigar los efectos del avance de esas especies en nuestro país.

Palabras clave: Especies invasoras, Hexapoda, Desequilibrio ambiental.

1. Introducción

Las especies exóticas invasoras son especies introducidas y diseminadas fuera de su hábitat o distribución natural, siendo una amenaza para la diversidad biológica y hasta para la salud humana. Estas especies pueden actuar como depredadores, competidores y sustituir a las especies locales o volverse en una plaga, además de ser una potencial fuente de nuevos patógenos y parásitos (McGeoch et al, 2010) Investigadores afirman que las especies exóticas invasoras son una de las mayores causas de pérdida de la diversidad biológica (Frances et al, 2016; MINAN, 2021).

En primero lugar es importante entender que sería una especie invasora e/o introducida. La invasora tiene como característica ser establecida en nuevos ambientes, sea este natural o modificados esas especies puede exótica o nativa. Las introducidas son especies que se benefician de la acción humana para colonizar nuevos espacios, según el informe del GISP en 2005.

Es más común hablar de especies de vertebrados exóticos invasores, como es el caso de la trucha arcoíris o la liebre europea; sin embargo, es de suma importancia discutir la condición de las especies de invertebrados insectos introducidos por acción humana o invasión natural. Su presencia suele impactar en la diversidad nativa y productividad en la agricultura, generando daños o pérdidas económicas una vez que pueden ser bastante agresivas sin tener un depredador para contener su población o llevar consigo enfermedades.

Insectos pueden llegar a nuevos territorios vía dispersión natural o por medio de intercambio de productos, como los granos y plantas, sea esas para consumo humano o no. En Perú las leyes para reglamentar y fiscalizar la entrada de productos ayudan a prevenir la introducción de especies exóticas, siendo fuertemente aplicadas en la agricultura e importación o exportación (Amat-García et al, 2011).

Según el artículo 102 de la Ley Nº 28611, Ley General del Ambiente, la política de conservación debe realizar evaluaciones del ingreso y dispersión de especies exóticas en el territorio nacional y por eso de acuerdo con MINAN, fue aprobado el “Plan de Acción Nacional sobre las Especies Exóticas Invasoras en el Perú 2021- 2025”, donde el ministerio del ambiente busca realizar un listado y el estado actual de las especies invasoras y exóticas.

2. Objetivos

El propósito de este artículo es identificar las especies exóticas o invasoras de insectos en Perú, buscando identificar las más problemáticas. Pues de conocimiento general de los científicos que organismos exóticos o invasores suelen a desregular el ambiente donde colonizan.

3. Hipótesis

La hipótesis es que entre las especies invasoras hay muchas especies de potencial riesgo para la población o ambiente.

4. Materiales y Métodos

El presente estudio utilizó algunos artículos publicados entre los años de 1995 - 2021 para realizar listado parcial de las especies de insectos exóticos en Perú. Fue realizado un análisis a partir de un compilado de artículos de revistas científicas nacionales e internacionales, así como plataformas artículos científicos disponibles en plataformas (Scielo, plosOne, Pubmed). También fue utilizado como base el más reciente informe del gobierno MINAN sobre las especies exóticas o invasoras de Perú.

Fue reconocido como exótico/invasor especies que tienen origen de otros continentes o países lejanos o caso sea una especie endémica de determinado país que fue reportado en Perú. No fue considerado para el listado especies urbanas en escala global como es el caso de *Periplaneta americana* Linnaeus, 1758 a pesar de ser de origen posiblemente africana, está ampliamente distribuida en todo el mundo.

5. Resultados

Perú es un país de gran biodiversidad, Según el último informe de MINAN 2021, Global Invasive Species Database y GISP, las especies invasoras son una de las principales causas de perdida de diversidad sumado a problemas económicos que pueden ser generados. La Crescente globalización

aumenta las chances de propagación de especies a nuevos sitios, con posibles efectos devastadores en la agricultura y salud de una población (Amat-García et al, 2011).

Revisando los últimos levantes de especies exóticas invasoras en Perú fue posible llegar a un listado parcial de las especies de insectos exóticos con un total de 12 especies, pertenecientes a 5 órdenes, siendo estas respectivamente: Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera y Lepidoptera. También es posible confirmar la hipótesis de que en el país hay especies con potencial para causar efectos dañinos a la población o agricultura. La orden Diptera fue la más numerosa con 3 especies, siendo estas de potencial riesgo a salud humana (tabla1) seguida de la orden Hemiptera igual con 3 especies. También es posible verificar la presencia de plagas agrícolas, como es el caso de *Phylloconistis citrella* conocida por ser minadora de hojas.

Tabla 1. Listado parcial de las especies de insectos exóticos o invasores en Perú

ORDEN	FAMILIA	ESPECIE
Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773
Diptera	Culicidae	<i>Aedes aegyptii</i> Linnaeus, 1762
Diptera	Culicidae	<i>Aedes albopictus</i> Skuse 1895
Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i> (Wiedemann, 1824)
Hemiptera	Margarodidae	<i>Icerya purchas</i> (Maskell, 1878)
Hemiptera	Psyllidae	<i>Diaphorina citri</i> Kuwayama, 1908
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i> Linnaeus, 1758
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera adansonii</i> Latreille, 1804
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus terrestris</i> Linnaeus, 1758
Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Pectinophora gossypiella</i> (Saunders, 1844)
Lepidoptera	Glaciariidae	<i>Phylloconistis citrella</i> Stainton

6. Discusión

Cuanto mayor la capacidad de una especie de adaptarse al ambiente y hábitos generalista más exitosa es la conquista de un nuevo ambiente. Un ejemplo sería el escarabajo *Digitonthophagus gazella* (tabla 1) ese insecto fue introducido en la década de 90 (Génier y Davis, 2016) inicialmente identificado como *Onthophagus gazella* (Fabricius 1787). Su propósito fue controlar la reproducción de moscas en estiércol de res; sin embargo, la especie estaba mal identificada. Su primer registro en Perú fue en 1999 (Noriega et al, 2010), la cual rápidamente avanza en el territorio creando una nueva competencia con las especies nativas, a pesar de haber sido introducida con un propósito de controlar zoonosis no fue considerado la posibilidad de desestabilizar los taxones ya existentes por sobre posición o competición.

Otro caso de introducción por medio humano es de la abeja africanizada (*Apis mellifera adansonii* Latreille, 1804). En Brasil durante la década de 1950 fue creado un híbrido de abejas africanas con europeas, visando en la producción de miel. Por un accidente escaparon de su crianza y ya están ampliamente distribuidas por toda Sudamérica causando episodios de ataques a humanos y otros animales que puede llevar a la muerte (Urbina-Romero, 2019).

Uno de los casos más preocupantes para la salud humana es la introducción de los mosquitos *Aedes aegypti* y *A. albopictus*, el primer de origen africana y el segundo asiático con potencial para diseminar la enfermedad de Dengue. En el Perú, el primer caso registrado de Dengue fue en 1990 en Iquitos [6] y aún sigue siendo común en la región norte del País. Otra enfermedad transmitida por esos mosquitos es la fiebre amarilla (Guzmán, 2006), así como el reciente registro de la especie *Culex* (Carrollia) *iridescens* Lutz, 1905 para Perú según Ayala-Sulca

7. Conclusión

Es posible llegar a la conclusión de que hay al menos 3 especies exóticas con potencial para causar enfermedades a humanos y otras 3 con potencial para causar fuertes daños a la agricultura, es sabido que aún falta actualizar los datos de insectos y a partir de ese nuevo proyecto del gobierno, nuevos datos serán obtenidos para ampliar el número de especies que actualmente están con estatus de introducidas en Perú. Es de suma importancia esos tipos de estudios o levantamientos de datos para evaluar la situación real de fauna exótica y prevenir sus posibles impactos negativos.

8. Bibliografía

- Amat-García, G., Amat-García, E. Ariza-Marin, E. (2011). Insectos invasores en los tiempos de cambio climático. Innov Cienc. (18) 45-53.
- Ayala-Sulca, Y., Carrasco-Badajoz, C., Huicho-Yanasupo, N., Zamalloa-Vilca, C., Arque-Chunga, W., Ortega-Morales, A., et al. (2021). First National Record for *Culex iridescens* in Peru. J Am Mosq Control Assoc. 37(2) 90-92. doi: 10.2987/20-6976.1.
- Castillo Carrillo, P. y Cornejo, R. (1995) Phyllocnistis citrella, minador de las hojas de los cítricos, nuevo insecto plaga para Tumbes. Revista peruana de Entomología. (38) 105-107.
- Castillo, P. y Cornejo, R. (1996). Phyllocnistis citrella, minador de las hojas de los cítricos, nuevo insecto plaga para Tumbes. Revista peruana de Entomología. (39)
- Cerdeña, J., Farfán, J., Vargas, H., Brito, R., Gonçalves, G.L., Lazo, A., Moreira, G. (2020). *Phyllocnistis furcata* sp. nov.: a new species of leaf-miner associated with *Baccharis* (Asteraceae) from Southern Peru (Lepidoptera, Gracillariidae). ZooKeys. (996) 121-145. <https://doi.org/10.3897/zookeys.996.53958>
- Cuba, N. y Takahashi, T.L. (2021). Um estudo da propagação geográfica da dengue no Peru. Brazil Society of Computacion and App Math. 8 (1).
- Frances, L., Roy, H., Simpson, A., Carlton, J., Hanson, J., Magellan, K., et, al. (2016). Invasivesnet towards an International Association for Open Knowledge on Invasive Alien Species. Managt of Biolog Inva. (7) 2: 131-139. DOI: <http://dx.doi.org/10.3391/mbi.2016.7.2.01>
- Génier, F. y Davis, A. (2016). *Digitonthophagus gazella auctorum*: an unfortunate case of Mistaken identity for a widely introduced species (coleoptera: scarabaeidae: scarabaeinae: onthophagini). Zootaxa. 4221 (4): 497-500.
- GISP. (2019). Publicado por la entidad financiadora/patrocinadora: GISP El programa mundial sobre Especies Invasoras. Supervisora Sue Matthews. Primera edición. Secretaría del GISP. ISBN 1-919684-49-2
- Guzmán M, García G, Kourí G. El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación. Rev Panam Sal Publ. 2006; 19 (3).
- Iannacone, J. y Perla, D. (2011). Invasión del depredador *harmonia axyridis* (coleoptera: coccinellidae) y una evaluación del riesgo ambiental en el perú. The Biologist. 9 (2): 213-233.
- Lucas, E., Gagne, I., Coderre, D. (2002) Impact of the arrival of *Harmonia axyridis* on adults of *Coccinella septempunctata* and *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae). Euro Jour of Entomology. (99) 457-463.
- McGeoch, M., Butchart, S., Spear, D., Marais, E., Kleynhans, E., Symes, et al. (2010). Global indicators of biological invasion: species numbers, biodiversity impact and policy responses. Diversity and Distribution. 16 (1) 95-108.
- Noriega, J.A., Horgan, F.G., Larsen, T.H., Valencia, G. (2010). Registros de una especie invasora de escarabajo coprófago, *Digitonthophagus gazella* (Fabricius, 1787) (Coleoptera: Scarabaeidae), en Perú. Acta Zoologica Mexicana. 26 (2): 451-456.

Plan de Acción Nacional sobre las Especies Exóticas Invasoras en Perú 2021-2025. Ministerio del Ambiente MINAM

Urbina-Romero, R.A., Utrera-Quintana F., Castillo-González, F., Livera-Muñoz, M., Benítez-Riquelme, I., Villa-Mancera, A. (2019). Valoración del origen africanizado en la integración de una población experimental de *Apis mellifera* L. Revista Fitotec. Mexicana. 42 (2): 111 - 118.

Vargas, H.A. (2010). *Angelabella tecomaee* (Lepidoptera: Gracillariidae): an exotic hostplant in northern Chile and first record from Peru. Rev Col de Entomo. 36 (2): 340-341.
<https://doi.org/10.11646/zootaxa.4221.4.8>

Revista:

Sustainable Think

Edición: 1 | Noviembre, 2022

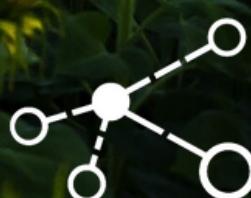
Ciencias Ambientales

En esta edición:

Se ofrece un espacio clave para la exploración interdisciplinaria de los desafíos ambientales, se analiza y se discuten temas clave, como el cambio climático, la conservación de la biodiversidad, y la gestión sostenible de los recursos naturales.

www.philoscience.com

PHILOSCIENCE
Lima, Perú





Breve revisión del estado de las energías renovables en Latinoamérica y Colombia

Brief review of the status of renewable energies in Colombia

Ramirez Garzon, Juan Sebastian
Universidad Nacional de Colombia, Bogota D.C., Colombia
Contacto: jusramirezga@unal.edu.co

Abstract

Subsequently to the signing of The Paris Agreement in 2015, subscribed nations began a decarbonization stage and, therefore, an energetic transition to renewable energy sources. The present work describes the part of renewable energies in Latinoamerica emphasizing in Colombia, considering social, economic, and environmental implications. Then, this article includes notions related to energy production like different types of renewable energy and the implementation of hydrogen as fuel resource. The bibliographic review found that although in Latinamerica there is a relatively clean energy grid, it requires diversification, avoiding the dependence on a so unstable source like hydroelectric power, the most important energetic source in the region. Moreover, promoting off-grid projects and working with communities inclusively and sustainably to end energy poverty in the current decade within the framework of the 2030 Agenda.

Keywords: Decarbonization, climate change, renewable energies, diversification, sustainable development.

Resumen

A partir de la firma del acuerdo de París en 2015, muchos países iniciaron una fase de descarbonización y, por lo tanto, una transición energética a fuentes renovables. El presente trabajo realiza una descripción del rol de las energías renovables en Latinoamérica con énfasis en el marco colombiano, considerando implicaciones a nivel social, económico y ambiental. Se abarcan, entonces, conceptos relacionados con la producción energética como los diferentes tipos de energías renovables y el uso de hidrógeno verde como combustible. La revisión bibliográfica indica que si bien en Latinoamérica se cuenta con una malla energética relativamente limpia, es necesario promover su diversificación y evitar la dependencia de una fuente tan inestable en el futuro cercano como lo es la energía hidroeléctrica, la cual tiene mayor preponderancia en la región. Además, se deben promover proyectos off-grid y trabajar con comunidades de forma inclusiva y sostenible para acabar con la pobreza energética antes del 2030.

Palabras clave: descarbonización, cambio climático, energías renovables, diversificación, desarrollo sostenible.

1. Introducción

Los avances tecnológicos requieren un alto suministro energético proporcionado principalmente por la quema de combustibles fósiles. Producto de esto, se manifiesta el calentamiento global debido a la acción de los gases efecto invernadero. Alarmantes consecuencias

pueden ocurrir si no se toman medidas efectivas. En 2015 fueron 196 países los que firmaron el Acuerdo de París para limitar el calentamiento global a 1.5 °C como máximo, en comparación con los niveles preindustriales (1). Una de las medidas planteadas es la de llegar a cero emisiones netas de carbono para el 2050.

Esta descarbonización energética abarca eficiencia, electrificación del transporte, descentralización y una transición a la producción a partir de fuentes renovables (2). La implementación de energías renovables fomentando el acceso a la energía, la renovabilidad y eficiencia energética es lo busca el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 (ODS 7) en el marco de la Agenda 2030 (7). También es oportunidad de desarrollo económico y social para los países en vía de desarrollo debido a la creación de empleos, aumento del producto interno bruto, acceso a la energía, entre otros (3).

En mayo del 2017 se realizó el primer “Foro de los Países de América Latina y el Caribe para el Desarrollo Sustentable” en el cual se planificó mecanismos que aseguren un desarrollo sostenible (4); un par de años después, durante la Conferencia de las Naciones Unidas del 2019 diez países latinoamericanos se comprometieron con el objetivo regional de producir el 70 % de su electricidad a partir de energías renovables para el 2030 siendo anexados otros tres países en 2021 (5). Ejemplo de estrategias y planes de acción es el proyecto E2050 presentado por el gobierno colombiano en la COP26, entre cuyos objetivos se encuentran el desarrollo rural, la transición justa de la fuerza laboral, la diversificación de la matriz energética, y producción y consumo sostenible (6). Otros ejemplos son “Energía 2050”, plan de política energética de Chile, o el Plan Nacional de Eficiencia Energética del Ecuador (PLANEE).

El presente trabajo pretende describir del rol de las energías renovables en países en vías de desarrollo en Latinoamérica, particularmente en el contexto colombiano durante los últimos 20 años, considerando el estado de desarrollo, planes a futuro y proyectos desde pequeña a gran escala, identificando las implicaciones de estas a nivel social, económico y ambiental.

2. Energía y Cambio Climático

Dado que la energía es fundamental para abordar casi cualquier reto y oportunidad de un país (7), el crecimiento económico está directamente relacionado con un aumento del consumo energético (8). Sin embargo, el modelo imperado durante los últimos dos siglos se basa en la quema de combustibles fósiles: petróleo, carbón o gas (9); y es el mayor contribuyente a la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera, principalmente del dióxido de carbono (CO₂) (7,9). Estos patrones de producción y consumo energético no son sostenibles (9), se caracterizan por generar deterioro en los ecosistemas, ser recursos limitados y tener precios inestables (lo

cual representa, a su vez, inestabilidad política, institucional y social para países productores y exportadores que dependen de dichos recursos) repercutiendo en las condiciones de vida (10).

El incremento repercute en variaciones regionales de las precipitaciones, aumento del nivel del mar, acidificación de océanos e incremento de eventos climáticos extremos; afectando al ambiente, biodiversidad, bienestar humano y cadena de suministro energético. Puesto que los países requerirán un aumento en el suministro energético para sostener la demanda y estando en un contexto de cambio climático (11), se hace relevante el concepto de seguridad energética. Si bien podría definirse como la garantía en la disponibilidad de combustibles y electricidad a precios accesibles, debido a la multidimensionalidad del concepto no hay definición única; las diversas perspectivas (política, económica, natural e ingenieril) generan distintas formas de abordarse. Sin embargo, todos los modelos requieren de un proceder simultáneo frente a los retos que presenta (18).

3. Tipos de Energía Renovable

Si bien toda tecnología conlleva impactos ambientales (11), el concepto de energía renovable destaca debido a que son inagotables o se renuevan rápidamente, producen menores daños ambientales y contribuyen a la sustentabilidad del desarrollo (10). Esta energía se puede producir de distintas formas:

Energía solar: la de mayor potencial para proveer electricidad de forma limpia, segura y confiable (12); se obtiene por medio de la captación de la radiación solar para su uso como energía térmica o eléctrica (13), dividiéndose en:

- *Energía solar fotovoltaica:* Las celdas fotovoltaicas son dispositivos semiconductores que convierten la energía solar en electricidad de corriente directa (12). Al entrar en contacto con la radiación solar liberan electrones y dan paso a la producción de electricidad, siendo proporcional a la cantidad de celdas y material: silicio monocristalino, policristalino o amorfo (13). Un grupo de celdas forman un módulo fotovoltaico cuya combinación con reguladores de carga, baterías, inversores y cableado conforman un sistema fotovoltaico (13); los “off-grid” son aquellos que no se encuentran conectados a la malla eléctrica regional y “on-grid”, aquellos que sí (14).

• *Energía solar térmica:* Consiste en la transferencia de energía térmica proveniente del sol a algún fluido que puede ser agua o aire para su posterior

uso, como por ejemplo destiladores, hornos y cocinas solares (13). En (14) se describe la “energía solar concentrada” en la que se concentran los rayos del sol en un punto específico para calentar un fluido y posteriormente generar electricidad, por lo que podría ser considerada como un tipo de energía solar térmica; sin embargo, el autor las plantea como distintas una de la otra.

- *Energía solar pasiva:* aprovechamiento de las cualidades lumínicas y calóricas de la radiación para ser aprovechadas en el hábitat humano, siendo generalmente incorporada en las construcciones diseñadas bajo los conceptos de arquitectura bioclimática (13).

Energía eólica: Se basa en el movimiento del viento a través de las aspas de las turbinas que es convertido en energía mecánica y luego alimentada a un generador eléctrico; a mayores velocidades de viento mayor producción de energía, siendo 13 km/h la velocidad mínima para su funcionamiento y 22 km/h la media óptima (12). Sin embargo, hay que tener en cuenta varios factores en la producción de energía eólica, como por ejemplo la captura energética por parte de las turbinas, que puede ser entre 40 y 50 % (14); la localización de las turbinas, dado que la altura y fotografía de donde sean instaladas tendrá repercusiones en la cantidad de viento que corre a través de estas (12). Las turbinas pueden instalarse tanto on-shore como off-shore, aprovechando las corrientes de aire que se dan en el continente o mar, respectivamente (14).

Energía geotérmica: Es una forma eficiente y efectiva de extraer energía renovable de la Tierra (14), particularmente del calor producido (12). Es escalable, según su fin, si proveer calor a una edificación por medio de una bomba de calor o generar electricidad a gran escala a través de una planta geotérmica (14). Un factor favorable es la facilidad de usar tecnologías implementadas en plantas térmicas tradicionales con leves diferencias: las turbinas de generación son puestas en movimiento a partir de vapor encontrado en pozos con reservorios de agua caliente y producidos por la Tierra, en vez de la quema de combustibles fósiles (15).

Energía marina: Puede ser clasificada por oleaje, rango mareal, corrientes mareales, corrientes oceánicas, gradientes de salinidad y energía térmica oceánica. La mayoría de las tecnologías para su aprovechamiento se encuentran en desarrollo (14). Por su parte, la captación de la energía proveniente de las mareas es por medio de barreras mareales, dispositivos anclados que, a

partir del movimiento del agua y aire comprimido en su interior, permiten la generación de electricidad a partir de una turbina (12). Se calcula que el correcto aprovechamiento de los recursos energéticos marinos renovables podría suprir toda la demanda energética actual y futura (14).

Energía hidroeléctrica: Consiste en aprovechar la energía potencial gravitatoria de los saltos de agua para la generación de electricidad mediante el uso de turbinas (13,14). Si bien hay distintas formas de recolectar esta energía, como bien lo explica (14), la más común es mediante represas. Estas son conocidas como aprovechamiento de acumulación, mientras que aquellos en los que el agua fluye se denominan de paso (13). La energía hidroeléctrica es una fuente de electricidad extremadamente flexible y eficiente, aproximadamente 90 % debido a su conversión energética directa (14). Además, puede darse a menor escala como “Pequeño Aprovechamiento Hidroeléctrico” (13), pequeñas centrales hidroeléctricas que abastecen de energía tanto a una red pública como a una pequeña vivienda o establecimiento rural sin la red eléctrica.

Biomasa: Es el suministro agrícola más importante para la producción de energía (12). Se convierte la materia orgánica como plantas, árboles y cultivos en formas energéticas útiles como calor, electricidad y biocombustibles (14); se considera materia orgánica renovable debido a que las emisiones de CO₂ generadas durante su aprovechamiento energético son las mismas a las obtenidas de la atmósfera para su generación (13).

4. Impactos Ambientales e Hidrógeno Verde

Las energías renovables pueden tener impactos ambientales a nivel local y deben mitigarse en la planeación de los proyectos. Por ejemplo, las turbinas de energía eólica pueden poner en riesgo las aves de la zona; ciertas instalaciones de energía solar pueden ser peligrosas para algunos animales terrestres; la producción de energía geotérmica y de celdas solares pueden liberar sustancias químicas nocivas para la salud; dependiendo de la materia prima que se use, la energía por biomasa puede afectar la salud y biodiversidad del suelo; centrales hidroeléctricas muy grandes pueden inundar amplias zonas, afectando a la biodiversidad y comunidades cercanas (11). Por tanto, es necesario que existan regulaciones y buen control gubernamental para evitar dichas afectaciones, algunas de las cuales pueden ser originadas por negligencia de quienes llevan a cabo los proyectos.

Por otro lado, se habla también del uso del

hidrógeno como combustible, es posible generar hidrógeno a partir de todas las fuentes primarias de energía (9). El 96 % de este se produce a partir de combustibles fósiles y el restante por medio de energía renovable (16). Este último es conocido como “hidrógeno verde” y se produce por medio de la hidrólisis, proceso mediante el cual se pasa electricidad a través del agua en un dispositivo de transferencia iónica con el fin de separar el hidrógeno del oxígeno que componen dicha agua. Hacerlo por medio de energías renovables permitiría una producción limpia, sin emisión de gases de efecto invernadero (9).

5. Matriz Energética

5.1. Latinoamérica

Representada en el amplio uso de energía hidroeléctrica, biocombustibles y gas natural; sin embargo, los países aún dependen de los combustibles fósiles (16). La energía hidroeléctrica es históricamente una importante fuente: para 2014 las energías renovables representaban el 56 % de la matriz energética, siendo hidroeléctrica el 47 % (casi 84 % de las renovables) comparado al 25 % promedio global (siendo 17 % hidroeléctrica); en Colombia o Brasil provee alrededor del 70 % de la energía total (2, 3, 7).

Sin embargo la dependencia en energía hidroeléctrica la hace susceptible ante la disponibilidad y variabilidad de los recursos (2, 11, 17). Las variaciones regionales en las precipitaciones, incremento de las temperaturas y el deshielo de los glaciales andinos repercuten en el ritmo y volumen del flujo de los cuerpos hídricos. Por otro lado, la expansión del suministro se favoreció por incentivos fiscales, instrumentos regulatorios y mecanismos financieros, mejoras tecnológicas, disponibilidad de recursos y reducidos costos de financiamiento (16), tal como se observa en la Figura 1. Un ejemplo es el Costo Nivelado de Energía (LCOE por sus siglas en inglés) de la energía solar fotovoltaica, que desde el 2012 se redujo en un 12 %.

Entre 2007 y 2017, la capacidad instalada de la matriz energética de 27 países aumentó en un 50 % (16). Esto contrasta con Altomonte (8), afirmando que al 2003 era poco lo logrado en materia de fuentes renovables de energía y eficiencia energética, a pesar de que el tema tiene décadas de discusión en la política de algunos países. Entre las causantes esta la falta de disposición política y dificultad para lograr una posición competitiva en el mercado energético. Januzzi (17) expone un

cambio en la situación para 2015 cuando se invirtieron 16.4 billones de dólares en energías renovables, principalmente en Brasil, México y Chile (priorizando energía eólica y solar).

La eficiencia energética, medida en la proporción de pérdida eléctrica contra el suministro eléctrico, se calcula que en América Latina es de un 16 % de la producida, una cifra alta, comparando con los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) - 6 % (7). Esto podría ser explicado por la falta de coordinación institucional y monitoreo que ha impedido la implementación de programas de eficiencia a gran escala en Latinoamérica (17).

5.2. Colombia

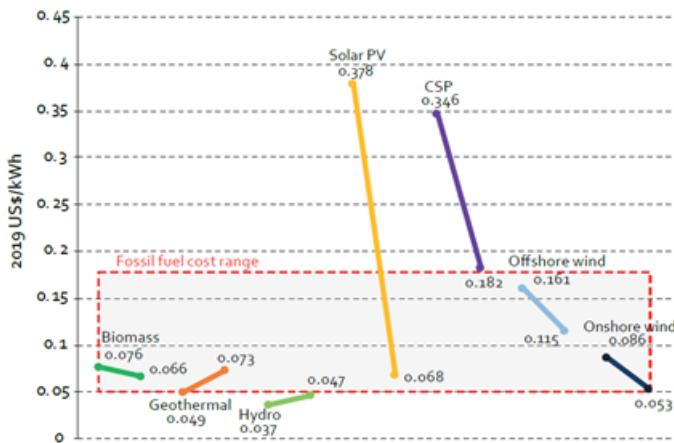
CENSAT Agua Viva afirmó que la generación de energía eléctrica del Sistema de Interconexión Nacional se componía entre 2016 y 2018 en un 86.01 % por hidroeléctrica, 9.29 % gas, 3.6 % carbón, 0.02 % ACPM, y 0.01 % radiación solar (19); la Unidad de Planeación Minero Energética (15) indica que a diciembre de 2014 la capacidad total instalada era de 15.645 MW de los cuales las hidroeléctricas producían la mayor parte (70.4 %) principalmente las de más de 20 MW de producción (66.6 %) seguida por plantas térmicas fósiles (29.1 %) y plantas cogeneración biomasa y eólicas (0.5 % y 0.1 %, respectivamente). Las cifras de capacidad instalada fueron menores: 9.979 MW para 2012 y 12.553 MW al finalizar el 2021, indicando un crecimiento del 25 % (20).

6. Complementariedad y Diversificación

6.1. Latinoamérica

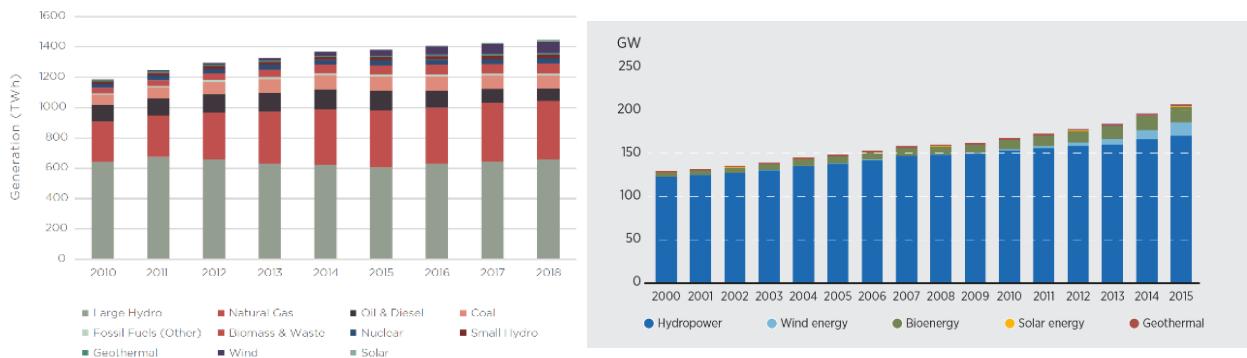
La complementariedad de energías renovables permitirá mitigar variabilidades de generación eléctrica tanto a nivel diario como temporal. La tendencia regional está encaminada al crecimiento en fuentes renovables diferentes a la hidroeléctrica. Entre 2006 y 2015 se triplicaron, haciendo que el porcentaje hidroeléctrico disminuyera en comparación con estas (pasó de representar el 95 % de la matriz energética en 2000 a 83 % en 2015) (3); según la Agencia Internacional de la Energía el cambio fue de 95 % en 2011 a 73 % en 2014. Las energías renovables que más crecieron son la bioenergía y la eólica continental (Figura 2). Si lo abordamos por tipo de energía renovable podemos mencionar que la eólica tuvo su mayor crecimiento en Brasil; la fotovoltaica (si bien se mantiene en pequeña proporción) ha crecido en Uruguay, Chile, Perú y México; la geotérmica se mantuvo estable y

Figura 1. Costo nivelado promedio ponderado mundial de la electricidad a partir de tecnologías de energía renovable a gran escala en 2010 y 2019.



Nota. Tomado del trabajo de Grotter (16).

Figura 2. Izquierda: Generación de energía (TWh) por tecnología; Derecha: Capacidad de energías renovables instalada en América Latina entre 2000 y 2015



Nota. Izquierda: tomado del trabajo de Graham, Malagón, Viscidi y Yépez-García (2); Derecha: tomado del trabajo de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA) (3).

se presenta principalmente en México, Costa Rica, El Salvador y Nicaragua.

El objetivo del programa Energía Renovable para Todos (SE4ALL) busca acabar con la pobreza energética para 2030 (11); La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (citando al Banco Mundial) informa que en el contexto latinoamericano aún hay entre 14 a 18 millones de personas sin acceso a la electricidad siendo 13 % de pueblos indígenas. Brindarle acceso a la energía provee inclusión financiera a las comunidades, o sea oportunidades para costear la energía y luchar contra la pobreza (17).

La descentralización energética garantiza el acceso a la energía y descarbonización de la economía (16). Ello consiste en instalar cerca o directamente sistemas energéticos en los centros de consumo. Se trabaja “micro redes” para regiones remotas con una combinación de tecnologías renovables. El uso

de distintas fuentes de energía permite mayor confiabilidad y menos costos con respecto a sistemas tradicionales (11, 16). Los fotovoltaicos son buena opción para comunidades aisladas en la Amazonía, considerando sus bajos costos y beneficios para la comunidad (16). En 2015 ya 18 países de la región tenían políticas, programas y proyectos para zonas rurales (3), algunos ejemplos: el Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales - Argentina; el Programa Masivo Fotovoltaico - Perú y el Programa de Electrificación Rural en Lugares Aislados - Honduras.

Proyectos off-grid se llevaron a cabo para promover el turismo comunitario: comunidad de San José de Uchupiamonas, una comunidad indígena de Bolivia que dispuso la instalación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el albergue Ecológico Chalalán, y el de Isla Fuerte, departamento de Bolívar en Colombia, donde una comunidad predominantemente afrocolombiana y

raizal puso en marcha un parque de generación híbrido Solar - Diésel que permite el funcionamiento del puesto de salud, la escuela y el centro de acopio a partir de los sistemas fotovoltaicos (10).

El desarrollo de 21GW a partir de fuentes renovables llevaría a México, según proyecciones, a un crecimiento de 27 millones de dólares en su PIB y la creación de 134.000 empleos. A nivel global podría proveer de empleo a más 24 millones de personas para el 2030. Al 2015 eran aproximadamente 1 millón de empleos en la rama de los biocombustibles en Latinoamérica; se presumen que en ese momento las grandes hidroeléctricas eran responsables por 566.000 empleos y la producción eólica de 64.000 empleos; esto conlleva a que fuera aproximadamente 2 millones de empleos creados por el sector de energías renovables (3).

6.2. Colombia

Los recursos solares y eólicos complementarían al sector hidroeléctrico durante la temporada seca y las correspondientes a las oscilantes de El Niño, en tanto hay una asociación negativa entre la disponibilidad de agua y la presencia de sol y vientos: cuando disminuye la oferta del recurso hídrico, aumenta la solar y eólica, y viceversa. Cabe aclarar que esta complementariedad puede variar a lo largo del año (21).

El Gobierno de Colombia en el Plan Energético Nacional (PEN) (22) busca añadir 19 GW entre 2020 y 2050 a partir de fuentes renovables de energía. Para esto trazaron diversas hojas de ruta, como la del hidrógeno verde y la de energía eólica

costa afuera. Considerando que la energía hidroeléctrica es la de mayor preponderancia, los mayores proyectos son la Central Hidroeléctrica del Guavio, el Proyecto Hidroeléctrico El Quimbo, Hidrosogamoso o Hidroituango.

Sin embargo, se encuentran otros proyectos en desarrollo (Figura 3). GreenYellow está desarrollando alrededor de 100 MW para generación utility scale, siendo los dos primeros proyectos: Caimán Cienaguero y Badel; proyectos fotovoltaicos en los departamentos de Magdalena y Bolívar. Por su parte, el Grupo Ecopetrol cuenta con dos parques solares en los Llanos Orientales, suman un total de 82 MW de capacidad y hacen parte de la meta de un incremento de 400 MW en la capacidad de autogeneración con energías renovables a 2023 (23).

Por otro lado, para 2020 eran 425 iniciativas de energías renovables las inscritas en el listado de la UPME, de los cuales “131 proyectos corresponden a infraestructuras menores a 30 MW, la mayoría solar, y corresponden a instalaciones en techos de fábricas o industrias, casas o fincas campesinas, y viviendas rurales localizadas en zonas no interconectadas (ZNI)” (24). El 52 % del territorio colombiano no está conectado a la matriz energética, debido al difícil acceso y/o condiciones remotas, haciendo que 2 millones de personas se encuentren en condiciones de vulnerabilidad y pobreza (25).

En el marco de una transición energética se crea la posibilidad de que diversos colectivos, tales como movimientos sociales, comunidades campesinas, barriales, entre otros, tomen parte activa en la generación de energía dentro de lo que se podría

Figura 3. Nuevos proyectos de energías renovables en Colombia – Artículo de la República (NOTICIA LR).



denominar un “modelo energético popular”, haciendo posible la producción y gestión de la propia energía (19). Estas energías comunitarias servirían no solo para el sostenimiento social, sino para la mejora de las condiciones ambientales y dando paso a una transformación de fondo en el modelo energético, un hecho que va más allá de solo cambiar el modo de producir energía.

7. Conclusiones

Si bien los países latinoamericanos se caracterizan por poseer una matriz energética relativamente limpia, esta depende en gran medida del recurso hídrico, por lo que presenta una alta vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático. Por esto es importante el énfasis en la diversificación y complementariedad de las energías renovables dentro de la matriz energética en los planes y proyectos de cada país. Asimismo, se hace relevante la inclusión de comunidades en la transición energética no solo con el fin de terminar con la pobreza energética, sino en búsqueda de un desarrollo sostenible.

A modo de recomendación, las futuras investigaciones deben considerar principalmente el Acuerdo de París. Asimismo, se propone temas de investigación como la realidad de las energías renovables y sus proyecciones en condiciones y contextos coyunturales recientes como el escenario de pos-pandemia y el conflicto ruso-ucraniano, el papel de la cooperación regional en las energías renovables para garantizar el suministro energético en Latinoamérica y repercusiones negativas que pueden generar los proyectos de energías renovables, puesto que mayoría de trabajos se trata de manera superficial.

Bibliografía

1. El Acuerdo de París [Internet]. Unfccc.int. [citado el 18 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris.0>
2. Graham N, Malagón E, Viscidi L, Yépez-García A. State of Charge: Energy Storage in Latin America and the Caribbean [Internet]. IDB; 2021. DOI: 10.18235/0003246
3. IRENA. Renewable Energy Market Analysis: Latin America [Internet]. IRENA; 2016. Disponible en: <https://www.irena.org/publications/2016/Nov/Renewable-Energy-Market-Analysis-Latin-America>
4. Messina D, Contreras R. Sostenibilidad energética en América Latina y el Caribe: reporte de los indicadores del Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 [Internet]. CEPAL; 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11362/44686>
5. María P, Pablo-Romero, Antonio Sánchez-Braza, Manuel González-Pablo Romero. Renewable energy in Latin America [J]. AIMS Energy [Internet]. 2022;10(4):695-717. DOI: 10.3934/energy.2022033
6. Ministerio de Ambiente. Contexto E2050 Colombia [Internet]. E2050 Colombia. [citado el 19 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://e2050colombia.com/>
7. ECLAC. Energy in Latin America and the Caribbean: access, renewability and efficiency [Internet]. ECLAC; 2022. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47925/S2200272_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y
8. Altomonte H, Coviello M, Wolfgang L. Renewable energy and energy efficiency in Latin America and the Caribbean: constraints and prospects [Internet]. CEPAL; 2003. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6427/S039619_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y
9. Ruiz A. La seguridad energética de América Latina y el Caribe en el contexto mundial [Internet]. CEPAL; 2007. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6327/S0700966_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
10. Jiménez Castilla TI. Energías Renovables y Turismo Comunitario: Una apuesta conjunta para el desarrollo humano sostenible de las comunidades rurales. Energ. [Internet]. 1 de julio de 2014; 44:93-105. DOI: 10.15446/energética
11. Ochs A. Study on the development of the renewable energy market in Latin America and the Caribbean [Internet]. IDB; 2014. DOI: 10.13140/RG.2.1.2778.3280
12. Alrikabi NKMA. Renewable Energy Types. J Clean Energy Technol [Internet]. 2014;61-4. DOI: 10.7763/jocet.2014.v2.92

13. Secretaría de Estado de la Energía. Manual de Energías Renovables para Municipios y Comunas de la Provincia de Santa Fe. GSF [Internet]. S.F. Disponible en:
<https://campuseducativo.santafe.edu.ar/wp-content/uploads/Manual-Educaci%C3%B3n-Energ%C3%A9tica.pdf>
14. Ellabban O, Abu-Rub H, Blaabjerg F. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. *Renew Sustain Energy Rev* [Internet]. 2014;39:748-64. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.113
15. UPME. Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia [Internet]. Ministerio de Minas y Energía, FMAM, BID; 2015. Disponible en:
http://www.upme.gov.co/Estudios/2015/Integracion_Energias_Renovables/INTEGRACION_ENERGIA_S_RENOVANLES_WEB.pdf
16. Grotteria C. Reducing emissions from the energy sector for a more resilient and low-carbon post-pandemic recovery in Latin America and the Caribbean [Internet]. ECLAC ;2022. Disponible en:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47868/S2100949_en.pdf?sequence=3&isAllowed=y
17. Martino Jannuzzi GD. Energy efficiency and renewable energy in Latin America: Policies towards sustainable development. *J Int Area Stud* [Internet]. 2017;21(2):9-22. DOI: 10.18327/jias.2017.07.21.2.9
18. Padilla V. Seguridad energética: análisis y evaluación del caso de México [Internet]. CEPAL; 2018. Disponible en:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44366/S1801208_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
19. Soler J. Energias Comunitarias: Oportunidades y Desafíos en Colombia [Internet]. CENSAT Agua Viva; 2021. Disponible en:
<https://transiciones.info/wp-content/uploads/2021/06/LIBRO-ENERGIAS-COMUNITARIAS-compressed.pdf>
20. IRENA. Estadísticas de capacidad renovable 2022 [Internet]. IRENA; 2022. Disponible en:
<https://irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022-ES>
21. Henao F, Viteri J, Rodríguez Y, Gómez J, Dyner I. Annual and interannual complementarities of renewable energy sources in Colombia. *Renewable and Sustainable Energy Resources* [Internet]. 2020;134(110318). DOI: 10.1016/j.rser.2020.110318
22. Ministerio de Minas y Energía. Plan Energético Nacional 2020-2050 Resumen Ejecutivo [Internet]. 2020. Disponible en:
https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Resumen_Ejecutivo_PEN_2020_2050.pdf
23. Higuera, JM. Conozca algunos de los proyectos que buscan avanzar en materia de energía limpia [Internet]. La Republica; 29 de marzo de 2022. [Consultado el 7 de noviembre de 2022]. Disponible en:
<https://www.larepublica.co/especiales/negocios-sostenibles/conozca-algunos-de-los-proyectos-que-buscan-avanzar-en-materia-de-energia-limpia-3332135>
24. López Suarez, A. Con 294 proyectos, Colombia transita a energías limpias [Internet]. Portafolio; 24 de septiembre de 2020 [Consultado el 7 de noviembre de 2022]. Disponible en:
<https://www.portafolio.co/economia/con-294-proyectos-colombia-transita-a-energias-limpias-545001>
25. Viteri J, Henao F, Cherni J, Dyner I. Optimizing the insertion of renewable energy in the off-grid regions of Colombia. *Journal of Cleaner Production* [Internet]. 2019;235: 535-548 [Internet]. 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.06.327



Digestión anaeróbica: generando energía y fertilizante para el desarrollo sostenible

Anaerobic digestion: generating energy and fertilizer for sustainable development

Álvarez Jairo

Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza. Amazonas, Perú.

Contacto: Goctalap.10@gmail.com

Abstract

Biogas is a renewable energy alternative that uses waste or organic material like agriculture and livestock residues to create gas, digestate, and biol with the potential to be used as energy generators and fertilizers for crops, being friendly to the environment. This study aimed to describe, through a review of the literature, concepts, importance, and uses of biogas and other by-products from the biodigester. The results demonstrate the best use of these products in the domestic and industrial sectors, thus reducing the carbon footprint left by most activities. At the national level, it is being implemented on a small scale by public and private entities, obtaining promising results, especially in the rural sector.

Keywords: biogas, biodigester, digestate, biol

Resumen

El biogás es una alternativa de carácter energético renovable, que usa desechos o material orgánico como residuos de la agricultura y ganadería para crear gas, digestato y biol con potencial para ser empleados como generadores de energía, bioestimulantes y fertilizantes correspondientemente asegurando un desarrollo agrícola sostenible, siendo totalmente amigable con el ambiente. El objetivo del presente artículo es describir los principales componentes del proceso de digestión anaeróbica y el uso de sus subproductos en la agricultura. Los antecedentes demuestran el gran aprovechamiento de estos productos tanto en el sector doméstico e industrial, reduciendo así la huella de carbono de varias actividades como son los motores diésel y fertilizantes sintéticos. A nivel nacional se está implementando esta tecnología a pequeña escala por entidades públicas y privadas, obteniendo resultados prometedores e incentivando el desarrollo sostenible del sector Rural.

Palabras clave: biogás, biodigestor, digestato, biol

1. Introducción

El cambio climático y los esfuerzos por el mantenimiento de la seguridad energética tienen efectos en cascada sobre la creciente población mundial en términos de seguridad alimentaria, ambiente y sostenibilidad (1). El agotamiento de los combustibles fósiles y los cambios indeseables de las condiciones climáticas, el aumento de la contaminación del aire y el agua han llevado a la humanidad a explorar medios alternativos y sostenibles para satisfacer la creciente demanda energética (2). Uno de estos medios es el uso de fuentes de combustible renovables como los biocombustibles (3).

El biogás es un tipo de biocombustible generado a partir del proceso de digestión anaeróbica (DA) de la materia orgánica en medios naturales o dispositivos como los biodigestores. La DA es llevada a cabo por bacterias metanogénicas en condiciones de déficit de oxígeno, generando productos como el biogás y biodigestato, este último con gran potencial agrícola como biofertilizante por las concentraciones de nutrientes que almacena (4).

La DA es una oportunidad para el aprovechamiento de residuos orgánicos de sectores como la industria agropecuaria y

forestal (5). Actualmente, la producción de biogás tiene un papel indispensable en la transición hacia una economía circular de base biológica, siendo una forma versátil y tecnológicamente madura para extraer energía y nutrientes de residuos orgánicos de baja calidad (6).

Entonces sustentamos que nuestro país posee industria tanto agronómica, pecuaria, pesquera, etc. Cuyos residuos pueden ser procesados en plantas o biodigestores para la producción de biogás y biodigestatos generando ingresos por la comercialización de estos productos y añadiendo valor a su modelo de negocio por la reinserción de sus residuos a la cadena de valor (7).

El objetivo del presente artículo es describir los principales componentes del proceso de digestión anaeróbica y el uso de sus subproductos.

2. Marco Teórico

2.1. Biogás

Obtenido por la DA de material orgánico (8). El biogás es una mezcla de múltiples gases donde el más abundante es el metano (CH_4), seguido del dióxido de carbono (CO_2), y trazas de otros gases como nitrógeno (N), hidrógeno (H), Monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) (9). El biogás tiene el potencial para ser empleado como combustible directo para producir movimiento mecánico, como en combinaciones

como unidades de calor y energía para generar electricidad (8).

2.2. Digestato

Se generan en dos estados, líquido y sólido (material fibroso). Son ricos en macronutrientes y micronutrientes para los suelos (Tabla 1) lo que conlleva a su aprovechamiento como fertilizantes agrícolas, favoreciendo una agricultura eficiente y orgánica (10). Aunque es un subproducto de la producción de biogás a partir del proceso de DA en las plantas de biogás, el hecho de que contenga considerables proporciones al amonio (NH_4^+) en un estado más estable y asimilable que la materia orgánica le permite dispersarse y diseminarse con mayor rapidez y facilidad lo que hace un insumo muy útil para la agricultura (11).

2.3. Biodigestor

El biodigestor es el contenedor cerrado de manera hermética donde se deposita los residuos orgánicos de origen vegetal o animal, sus características buscan la optimización de las condiciones físicas y químicas para obtener la máxima actividad microbiana y, en consecuencia, las máximas tasas de conversión de sustrato (4). Estos sistemas son una alternativa económica y efectiva para la producción de biogás y fertilizantes en comunidades rurales de todo el mundo (12).

Tabla 1. Análisis de nutrientes del digestato sin ser escurrido del biol (10).

Características	Valor
pH	7.83
C.E. (d/S/m)	5.6
Solidos totales (g/L)	4.96
M.O. en Solución (g/L)	1.9
N total (mg/L)	364
P total (mg/L)	73.24
K total (mg/L)	810
Ca total (mg/L)	159.5
Mg total (mg/L)	147.5
Na total (mg/L)	505
Fe total (mg/L)	4.01
Cu total (mg/L)	0.76
Zn total (mg/L)	1.58
Mn total (mg/L)	0.8
B total (mg/L)	2.33

2.4. El uso de los productos de la Digestión Anaerobia

La producción de biogás se ha ido incrementando en los últimos años por el aumento de la demanda energética y la búsqueda de nuevos métodos eficientes y sostenibles (13). Respecto a la producción energética primaria, la producción de biogás en los últimos años corresponde a cerca de 114,000 barriles de petróleo que se podrían ahorrar y no destinarlo para producir electricidad (9). La reducción en el consumo de combustóleo y diésel obedeció a la alta disponibilidad de biogás en el mercado, debido al incremento de la inversión y el ingreso de nuevas empresas al sector de los biocombustibles (14).

El biogás puede ser empleado en diferentes aplicaciones que cubren los usos a nivel doméstico, comunitario e industrial. A nivel doméstico, el biogás presenta una eficiencia comparable con otro tipo de combustibles como el gas natural (14). El biol en la agricultura ha demostrado incrementar la productividad, pudiendo ser usado en conjunto con fertilizantes químicos para obtener mayores rendimientos mientras se reduce las cantidades de químicos y costos de producción (9,14,15). Como biofertilizante representa una fuente de ingresos adicionales para el sector agrícola y ganadero (7).

La producción de biogás y sus subproductos, además de los beneficios ya descritos, favorecen la reducción de las emisiones de metano provenientes de los residuos ganaderos y la concentración de CO₂ en la atmósfera (15). Ambos aspectos importantes en el actual marco de cambio climático, donde el metano y el CO₂ son los gases de efecto invernadero más importantes.

3. Conclusiones

El biogás actúa como una alternativa amigable con el ambiente, ayudando a tratar los desechos generados por la actividad humana como la ganadería, agricultura intensiva y familiar. El uso de los biodigestores es útil para tratar estos desechos y transformarlos en energías renovables como el biogás. Al darles uso doméstico o industrial pueden generar energía eléctrica y térmica; los subproductos como el biol permiten fertilizar los cultivos, obteniendo mejores resultados en el rendimiento y sanidad de estos. No obstante, el digestato empleándolo como mejorador y recuperador de suelos degradados por actividades agrícolas.

Bibliografía

1. Liu Y, Sim J, Hailemariam RH, Lee J, Rho H, Park KD, et al. Status and future trends of hollow fiber biogas separation membrane fabrication and modification techniques. *Chemosphere* [Internet]. 2022 May;134959. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.134959
2. Scarlat N, Dallemand JF, Fahl F. Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable Energy* [Internet]. 2018 Dec;129 (Part A):457–472. DOI: 10.1016/j.renene.2018.03.006
3. Fedeli M, Manenti F. Assessing process effectiveness with specific environmental and economic impact of heat, power & chemicals (HPC) option as future perspective in biogas. *Cleaner Chemical Engineering* [Internet]. 2022 Jun;2:100016. DOI: 10.1016/j.clce.2022.100016
4. Liebetrau J, Sträuber H, Kretzschmar J, Denysenko V, Nelles M. Anaerobic digestion. Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology [Internet]. 2019 Jan 1. 166:281–299. DOI: 10.1007/10_2016_67
5. Plugge CM. Biogas. *Microbial Biotechnology* [Internet]. 2017 Sep 14;10(5):1128–1130. DOI: 10.1111/1751-7915.12854
6. Feiz R, Metson GS, Wretman J, Ammenberg J. Key factors for site-selection of biogas plants in Sweden. *Journal of Cleaner Production* [Internet]. 2022 Jun 20;354:131671. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.131671
7. Olugbemide AD, Likozar B. Assessment of Liquid and Solid Digestates from Anaerobic Digestion of Rice Husk as Potential Biofertilizer and Nutrient Source for Microalgae Cultivation. *Processes* [Internet]. 2022 May 18;10(5):1007. DOI: 10.3390/pr10051007
8. Hewitt J, Holden M, Robinson BL, Jewitt S, Clifford MJ. Not quite cooking on gas: Understanding biogas plant failure and abandonment in Northern Tanzania. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [Internet]. 2022 Sep;165(112600). DOI: 10.1016/j.rser.2022.112600
9. Cepero L, Savran V, Blanco D, Díaz Piñón MR, Suárez J, Palacios A. Producción de biogás y bioabonos a partir de efluentes de biodigestores. *Pastos y Forrajes* [Internet]. 2012 May 14;35(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&id=S0864-03942012000200009

10. Coaguila P, Bardales R, Zeballos O. Digestates from the production of biogas from cattle slurry in onion production in arid zones. *Scientia Agropecuaria*. 2019;10(1):119–124. DOI: 10.17268/sci.agropecu.2019.01.13

11. Bongiovanni M, Silvana M. Uso como bioferilizante de digestato derivado de la generación de biogás. XXVI Congreso Argentino de Ciencia del Suelo. 2018 May 15-18; Hotel Catalinas Park. Río Cuarto: Universidad Nacional de Río Cuarto; 2018 Mar.

12. Mahmudul HM, Rasul MG, Akbar D, Narayanan R, Mofijur M. A comprehensive review of the recent development and challenges of a solar-assisted biodigester system. *Science of the Total Environment* [Internet]. 2021 Jan 20;753:141920. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.141920

13. Acosta M, Pasqualino J. Potencial de Uso de Biogás en Colombia. *Teknos Revista Científica* [Internet]. 2014 dic 10;14(2):27-33. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6382641>

14. Angel Barrena Gurbillón M, Cubas Alarcón F, Gosgot Angeles W, María Ordinola Ramírez C, Rascón Barrios J. Sistema de producción de biogás y bioabonos a partir del estiércol de bovino, Molinopampa, Chachapoyas, Amazonas, Perú. Arnaldoa [Internet]. 2019;26(2):725–734. DOI: 10.22497/arnaldoa.262.26214

15. Linares-Gabriel A, López-Collado CJ, Tinoco - Alfaro CA, Velasco-Velasco J, López-Romero G. Aplicación de biol, fertilizante inorgánico y polímeros superabsorbentes en el crecimiento de heliconia (*Heliconia psittacorum* cv. Tropica). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*. 2017 Jan 1;23(1):35–48. DOI: 10.5154/r.rchsh.2016.02.004



Energía eólica en San Juan de Marcona: desarrollo y situación actual

Wind energy in San Juan de Marcona: development and current situation

Mejia Calle, Norly Anthonella
Universidad San Luis Gonzaga. Ica, Perú.
Contacto: norlyanthonella@gmail.com

Abstract

Wind energy is one of renewable energy sources with the greatest exploitation capacity on the coast of Peru. The district of San Juan de Marcona, located in the Ica region, is well known for its typical Paracas winds, making it an ideal candidate for investment in wind energy. With the approval of D.L. N° 1002 "Promotion of the investment for the generation of electricity with the use of renewable energies", this district became a pillar place for wind energy production. To date, three of the five wind power plants nationwide are located in San Juan de Marcona in current operation: "Marcona Wind Farm", "Three Sisters Wind Farm" and "Wayra I Wind Farm". Its total annual production by 2021 was 1,248,928 MWh, making up 73.5% of the national participation in wind energy to the SEIN. Marcona and the Ica region in general have much more future potential, as evidenced by the projects presented at auction for this district and along the Ica region coastline.

Keywords: wind energy, renewable energy, development, Marcona, power generation

Resumen

La energía eólica es una de energía renovable con más capacidad de explotación en la costa del Perú. El distrito de San Juan de Marcona, ubicado en la región de Ica, es conocido por sus típicos vientos Paracas, convirtiéndolo en candidato ideal para la inversión en energía eólica. Con la aprobación del D.L. N° 1002 "Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables", el distrito se convirtió en un lugar pilar para la producción de energía eólica. Hasta la actualidad, tres centrales eólicas de las cinco a nivel nacional se sitúan en San Juan de Marcona en funcionamiento: la "C.E. Marcona", "C.E. Tres Hermanas" y la "C.E. Wayra I". Su producción total anual al 2021 fue de 1 248 928 MWh, conformando el 73.5% de la participación nacional en energía eólica al SEIN. Marcona y la región de Ica en general cuentan con mucho más potencial a futuro, y se evidencia con los proyectos presentados en subastas para este distrito y a lo largo del litoral de la región Ica.

Palabras clave: energía eólica, energía renovable, desarrollo, Marcona, producción eléctrica

1. Introducción

En la actualidad existe preocupación creciente con respecto al cambio climático y sus efectos negativos debido a la dependencia en combustibles fósiles; es necesaria una transformación sostenible y eficiente en el modelo energético del Perú y mundo (1). La importancia del uso de energías renovables apuntan hacia menor consumo de recursos, contaminación y emisiones de CO₂ y otros gases

tóxicos. Algunas energías limpias constituyeron significativamente al uso de la energía por la humanidad desde tiempos remotos; en especial la biomasa, la solar, la hidráulica y la eólica (2). Esta última consiste en la transformación de la energía cinética del viento eléctrica a través de aerogeneradores cuyas hélices transmiten el movimiento producido por el viento en sus palas al rotor de un alternador (3).

En Perú aún persisten retos en materia energética a los cuales los recursos energéticos renovables pueden contribuir enormemente. Por consiguiente, en el 2008 se aprobó el D.L. N° 1002 de Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, el cual conseguido diversificar nuestra matriz energética (4). Sin embargo, aún se necesita trabajar para transformar esta matriz a una más sostenible.

En general, en toda la costa del Perú hay grandes posibilidades de utilización de nuestro recurso eólico; existe mayor presencia de este en el departamento de Ica, en especial el distrito de Marcona (5). El distrito cuenta con una potencia nominal de aproximadamente 253 MW gracias a tres centrales eólicas, de las cinco en total a nivel nacional, en funcionamiento (6). Además, los vientos predominantes en el distrito vienen de dirección sur oeste y alcanzan los 25 km/h (7). En ocasiones ocurre el fenómeno de los vientos Paracas, una combinación de tormenta de arena y polvo, frecuentándose entre julio y setiembre con velocidades superficiales de 17 m/s aproximadamente (8).

El presente artículo tiene por objetivo identificar y analizar la situación que guarda la producción de electricidad mediante energía eólica, así como factores principales para su difusión en el distrito de San Juan de Marcona. Además, servirá de marco de referencia en el ámbito de energías renovables eólicas para la formulación de nuevos proyectos de inversión en el Distrito de San Juan de Marcona y departamento de Ica en general.

2. Producción eólica en el Perú

La matriz energética del Perú es una de las más limpias debido a sus características geográficas y climáticas; las plantas de carbón y petróleo son parte de las reservas frías, es decir, usadas solo en casos de emergencia. El petróleo, mundialmente utilizado, en el Perú es muy escaso. Por lo que el incremento del uso de energías renovables es más conveniente, además de beneficioso: ambiental y económicamente. En Sudamérica alrededor del 25 % de la energía primaria es renovable y en el Perú lo es un 50 %, en unos años se proyecta un incremento a 60 %. Las fuentes renovables más resaltantes son: hidroeléctricas con una contribución aproximada de 70 000 MW, la energía solar en aproximadamente 20 000 MW y la energía eólica en aproximadamente 23 000 MW (9).

El viento como fuente de energía primaria inició hace años de manera experimental a través de las centrales eólicas de C.E. Marcona y C.E. Pto. Malabriga cuyas capacidades instaladas juntas no

fueron mayores de 0.7 MW (10). La situación cambió luego de que el mecanismo de subastas de suministro de electricidad mediante recursos energéticos renovables (RER) se promoviera por el Estado a través del Decreto Ley N° 1002 "Ley de Promoción de la Inversión para la generación de electricidad con el uso de fuentes de energía renovable" (11). En consecuencia, se logró instalar, del 2014 al 2021, 412.2 MW de capacidad instalada de energía eólica (12); siendo de mayor tamaño la C.E. Wayra instalada en el 2018 con una capacidad de 132 MW (10), la cual próximamente será desplazada por la C.E. Punta Lomitas ubicada en Ocuaje con una capacidad nominal de 260 MW (50 aerogeneradores) y en actual construcción (13).

La producción de energía a través de centrales eólicas aumentó desde el 2014 (Figura 1) y su contribución en la producción de energía primaria. En el 2019, la producción interna de energía primaria de la energía eólica fue de 5 955.2 TJ a comparación del año anterior (5 406 TJ) evidenciando un incremento de 10.2 % y contribución del 0.5 % al total de la producción interna de energía primaria (Figura 2).

En la actualidad, la capacidad instalada del parque de generación eléctrica en el Perú es de 15 120.1 MW, donde la mayor participación en cuanto a centrales renovables convencionales es de las centrales eólicas con el 2.5 % contribuyendo al mercado eléctrico con 372.3 MW (10). Demostrando ser uno de los RER más importantes y con futuro prometedor en el Perú, el cual si se sigue impulsando podría incrementar su contribución en la matriz energética del país e impulsar la economía.

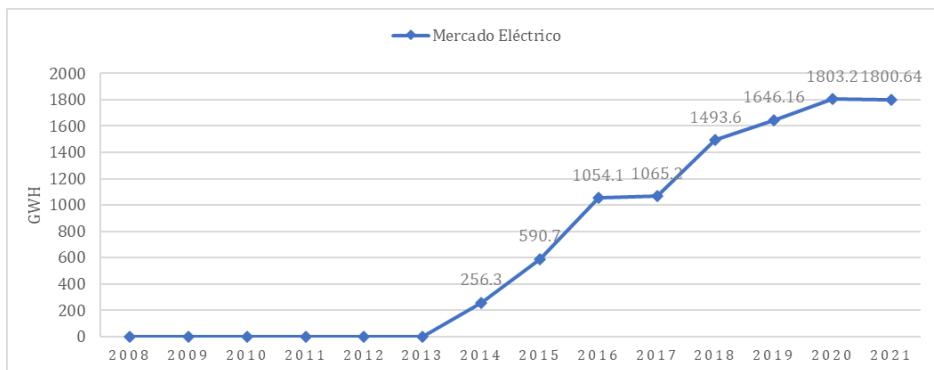
3. Producción eólica en San Juan de Marcona

San Juan de Marcona es uno de los distritos con mayor presencia de Centrales Eólicas en el Perú. Tan solo tres de las centrales con mayor capacidad se encuentran en esta localidad, siendo estas: Tres Hermanas, Wayra I y Parque Eólico Marcona, con una potencia instalada de 97.2, 132.3 y 32.1 MW respectivamente

4. Metodología

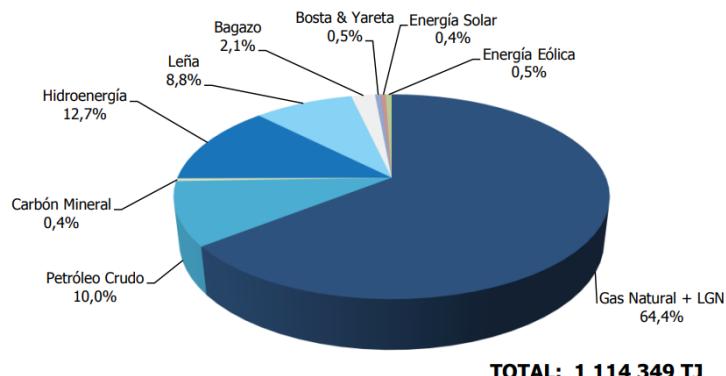
Se realizó una revisión exhaustiva en las bases de datos: ScienceDirect, Scopus y la plataforma Google. Académico; insertando e intercalando las palabras claves "Marcona" y "energía", en dos idiomas: español e inglés. Así mismo, se revisaron los Estudios de Impacto Ambiental

Figura 1. Evolución de la Producción de Centrales Eólicas del Mercado Eléctrico (UNIDAD: GWh)



Nota. Estadísticas Reportadas del COES (12).

Figura 2. Participación de las fuentes en la producción interna de energía primaria en 2019



Nota. MINEM (10)

Tabla 1. Centrales Eólicas del Mercado Eléctrico en el Perú (2021)

Empresa	Central	Ubicación	Producción		Potencia Instalada	
			MWh	%	MW	%
Parque Eólico Marcona S.R.L.	Marcona	Ica	169608	10.0	32	8.5
Energía Eólica S.A.	Cuspinique	La Libertad	317823	18.7	83.2	22.2
	Talara	Piura	134735	7.9	30.9	8.2
Parque Eólico Tres Hermanas S.A.C.	Tres Hermanas	Ica	460491	27.1	97.2	25.9
Enel Green Power Perú S.A.	Wayra I	Ica	618829	36.4	132.3	35.2
		Total	1701485	100	375.6	100

Nota. Estadísticas Reportadas del COES (12).

(EIA) de cada una de las Centrales Eólicas ubicadas en el distrito, opiniones del gobierno peruano, talleres participativos, normativas y reportes emitidos por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE) desde el 2008 hasta el 2022; intervalo donde se diversificó la matriz energética peruana, promovió e intensificó la energía eólica.

Toda la bibliografía se clasificó de acuerdo con su relación con la energía eólica, localización en el distrito de Marcona y relevancia de los proyectos ejecutados en este distrito. Posteriormente, la información fue ordenada cronológicamente y se discutió posibles potencialidades de esta energía a futuro.

5. Resultados

A partir de los proyectos identificados (Tabla 2) se detallan algunos acontecimientos importantes. En el 2009, luego de que se aprobara la Segunda Disposición Transitoria del D.L. N°1002 de Promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables, se realizó la Primera Subasta RER para suministro de energía al Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN) llevado a cabo por OSINERGMIN por un plazo de 20 años. Siendo asignado inicialmente 320 GWh/año de energía requerida Eólica (14). Los adjudicados

fueron tres: el Consorcio “Cobra Perú S.A. / Perú Energía Renovable S.A.” para el proyecto en Marcona y Energía Eólica S.A. para los proyectos C.E. Talara y C.E. Cupisnique (15).

5.1. Central Eólica Marcona

La C.E. Marcona está bajo la empresa PARQUE EOLICO MARCONA S.A.C. (COBRA PERÚ), con una energía ofertada en la Primera Subasta RER de 148.378 GWh/año para su puesta en operación comercial el 01 de diciembre del 2012 (15), inversión de 43 643 048 USD (16). Su potencia

Tabla 2. Resumen de Centrales Eólicas en el distrito de San Juan de Marcona

Status	Nombre	Potencia (MW)
Operación	Central Marcona	32
	Central Tres Hermanas	97.2
	Central Wayra	132.3
Aprobados	Central Eólica Wayra Extensión	108
	Central Eólica San Juan	131.1
	Central Eólica Torocco	112.2
En trámite	Central Eólica Shougang	302.4
Rechazados	Central Eólica San Juan de Marcona	78
	Pampa Caracoles IV	60
	Central Eólica Parque Nazca	126
	Central Eólica Parque Nazca 2	114
	Central Eólica Parque Nazca 3	102
	Central Eólica Parque Nazca 4	93
	Central Eólica Parque Nazca 5	84
	Central Eólica Parque Nazca 6	75
	Central Eólica Parque Nazca 7	66
	Central Eólica Parque Nazca 8	57
	Central Eólica Parque Nazca 10	51
	Central Eólica Parque Nazca 11	45
	Central Eólica Parque Nazca 15	81
	Central Eólica Parque Nazca 16	72
	Central Eólica Parque Nazca 17	63
	Central Eólica Parque Nazca 18	54
	Central Eólica Parque Nazca 20	45
	Central Eólica Parque Nazca 22	36
	Central Eólica Parque Nazca 25	27
	Central Eólica Parque Nazca 27	21
	Central Eólica Parque Nazca 29	15
	Parque Eólico San Juan	99
	Parque Eólico Torocco Norte	55
	Parque Eólico Torocco Sur	44
	Parque Eólico Twister	128.6

Nota. Datos de OSINERGMIN (37).

instalada nominal es de 32 MW, con 11 aerogeneradores Siemens modelo SWT 108 (8 de 2.3 MW y 3 de 3.15 MW) (17), lo cual genera una producción estimada anual de 150 GWh suministrando energía a más de 30 000 hogares durante 20 años (18). Cuenta con una instalación de una subestación de despacho y línea de transmisión de 31 km de longitud que consta de 102 torres de alta tensión separadas cada 300 m. Trasladan la energía generada y almacenada en la subestación de despacho del parque (SET PE Marcona 220/20Kv) hasta la subestación de San Juan de Marcona para abastecer el SEIN (16).

El EIA, aprobado mediante Resolución Directoral N°183-2011-MEM/AAE el 16 de junio del 2011, especifica que no existe evidencia de población asentada o posibles usos de las tierras en su área de influencia directa (AID). En el área de influencia indirecta (AII) considera a trabajadores foráneos en la etapa construcción que ocasionarían cambios temporales en la dinámica económica local (16). El mismo año la empresa presentó un certificado de inexistencia de restos arqueológicos – CIRA N° 2011-068/MC dentro del espacio de construcción.

Por otro lado, se realizaron talleres informativos antes, durante y después del proyecto, llevándose a cabo una Audiencia Pública final (16). Su concesión fue otorgada posteriormente un 13 de setiembre del 2012 mediante Resolución Suprema N°097-2012-EM, aprobándose el Contrato de Concesión N°389-2011 (19) y convirtiéndose en la primera central eólica en el distrito de Marcona y tercera a nivel nacional. La construcción duró entre 14 y 16 meses para finalmente ser puesta en marcha el 21 de marzo del 2014. Se registra una producción eléctrica de 169.61 GW-h en el 2021 y se espera que esta cifra siga en aumento (Figura 3).

5.2. Central Eólica Tres Hermanas

La C.E. Tres Hermanas se encuentra bajo el CONSORCIO TRES HERMANAS – COBRA PERU S.A., su energía ofertada presentada en la Segunda Subasta RER fue de 415.76 GWh/año a un precio monómico de 69 US\$/MWh, una puesta en operación comercial el 31 de diciembre del 2014 (20) e inversión de 180 000 000 millones de USD (21). En un principio se planificaba la operación de 45 aerogeneradores de 2 MW cada uno; sin embargo, debido a modificaciones de contrato y mejoras tecnológicas, el número de aerogeneradores se redujo (22). El parque no contempla líneas de transmisión; la energía en voltios por aerogenerador es elevada por un transformador y llevada por cableado subterráneo

hasta la subestación del Parque Eólico Marcona donde actúa otro transformador de 34.5 kV para ser finalmente entregado al SEIN (21).

Su EIA aprobado por Resolución Directoral N°251-2013-MEM/AAE detalla que no existe evidencia de población en su AID; por otro lado, el AII serían actividades relacionadas a brindar insumos y servicios especializados al Centro Poblado de San Juan de Marcona (16). Realizaron tres talleres participativos los días 23 de mayo, 14 de junio y 13 de diciembre del 2012 en el Club de Empleados “Social Marcona”. Además, instalaron dos buzones de sugerencias en la Municipalidad Distrital de Marcona y en la Avenida Los Incas s/n Lote D19 para recoger las opiniones, observaciones y sugerencias de los pobladores (23).

Su contrato de concesión definitiva fue otorgado mediante Resolución Suprema N°049-2014-MEM el 10 de julio del 2014, modificado luego por la Resolución Ministerial N°178-2016-MEM/DM, con el fin de que se prorrogue hasta el 14 de marzo de 2016 la ejecución de obras (24). El tiempo de construcción fue de 18-20 meses para luego pasar los periodos de pruebas paulatinamente y entregar energía al SEIN (21, Figura 3). Finalmente, con carta COES/D/DP-307-2016 del 9 de marzo del 2016, el COES aprobó su operación comercial desde el 11 de marzo del 2016. En la actualidad, la C.E. Tres Hermanas cuenta con una potencia instalada de 97.15 MW (25) y 33 aerogeneradores Siemens modelo SWT 108 (25 de 3.15 MW y 8 de 2.3 MW). Estos generan una producción estimada anual de 415 GWh suministrando energía a más de 80 000 hogares (18) luego de una inversión final aproximada de 185.7 MM USD (22).

5.3. Central Eólica Wayra I

La C.E. Wayra I está bajo la empresa ENEL GREEN POWER PERU S.A.C. Cuando se presentó la empresa postora a la Cuarta Subasta RER en el año 2016, este proyecto tenía el nombre de Central Eólica Parque Nazca y competía junto con otros 18 proyectos eólicos bajo la misma empresa todos ellos ubicados en Nazca. Sin embargo, fue esta central adjudicada por su propuesta de una energía ofertada de 573 GWh/año (26) e inversión de 165.8 millones de USD para su construcción y puesta en marcha (27), suministrando electricidad a más de 483 hogares durante 20 años (28). Posteriormente, mediante Resolución Ministerial N°290-2016-MEM/DM se otorgó a ENEL la concesión definitiva para la generación eléctrica de la Central Eólica Parque Nazca de 126 MW (27) y potencia instalada de 160 MW (29).

Inicialmente, se planeaba la construcción y operación de 80 aerogeneradores, una subestación elevadora. Una Línea de Transmisión Eléctrica y obras complementarias (30). Cada aerogenerador generaría aproximadamente 690 voltios que serían elevados por medio de un transformador y luego llevados a la Subestación Eléctrica del Parque Eólico Nazca por cableado subterráneo, aquí otro transformador elevaría la tensión para ser transportado a la Subestación Eléctrica Poroma conectada al SEIN (31).

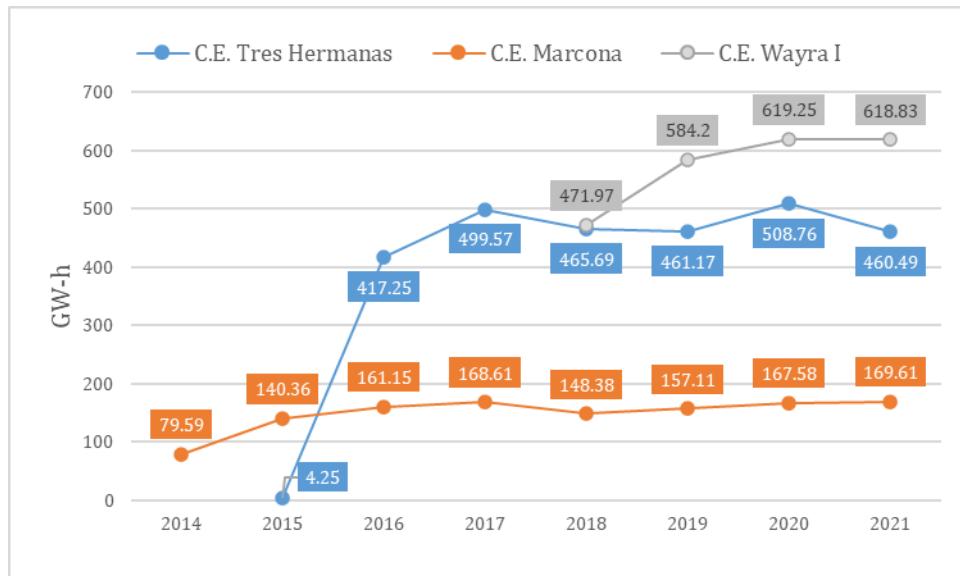
La Dirección General de Asuntos Ambientales Energéticos (DGAAE) aprobó el EIA de la C.E. Parque Nazca mediante Resolución Directoral N°048-2015-MEM/DGAAE el 10 de febrero de 2015. El AID abarcaba una zona desértica de 500 m respecto al polígono del área del proyecto y el AII comprendía la “Asociación Justo Pastor” como centro poblado más cercano y el centro urbano San Juan de Marcona generando movimiento económico por los servicios ofrecidos en la etapa de construcción (31). Así mismo, se implementó un buzón de sugerencias y talleres participativos contenidos en el Plan de Participación Ciudadana Parque Eólico Nazca y su interconexión al SEIN los días 21 de marzo y 8 de abril del 2014 en el auditorio del Club de Empleados “Social Marcona” (30). El 25 de julio del 2017 mediante Resolución Ministerial N°314-20117-MEM/DM, se aprobó el cambio de nombre de la Central Eólica Parque Nazca por Central Eólica Wayra I (27). El periodo de construcción tardó 14 meses y se

empezó a comercializar en 7 meses y 11 días, mucho antes de la fecha establecida por el gobierno. Además, su funcionamiento evita la emisión de 287 981 toneladas anuales de CO₂ a la atmósfera. La planta no generó impacto ambiental al ser alimentada por dos mini aerogeneradores, evitándose 1,64 toneladas de CO₂ (28). En la actualidad cuenta con 42 aerogeneradores ACCIONA AW125/3150 (25) de 3.15 MW cada uno para una potencia instalada de 132.3 MW, un aerogenerador no construido de entre 3.3 y 6.3 MW, que hasta el 2021 aportó 618.83 GM-h (Figura 3). Se cuenta con un actual proyecto Wayra Expansión en construcción con 30 aerogeneradores de 3.6 MW y una potencia instalada de 108 MW que una vez en funcionamiento aportaría mayor energía eléctrica al SEIN (32).

5.4. Central Eólica Torocco

Esta Central está bajo la empresa BOW POWER S.R.L. y se ubicaría entre los distritos de Marcona y Lomas, provincias de Nazca y Caravelí respectivamente. Se instalarían hasta 34 aerogeneradores distribuidos equitativamente en la zona norte y sur, con una potencia nominal unitaria de 3.3 MW, además, se construiría una Línea de Transmisión Eléctrica de aproximadamente 6.99 km, conectando este parque eólico con la SE Tres Hermanas. En total, la potencia de este proyecto sería de hasta 112.2 MW y de duración de 30 años, con una generación de 503 GWh/año (33).

Figura 3. Evolución de la Producción de las centrales eólicas al mercado eléctrico



Nota. Estadísticas reportadas del COES (12).

5.5. Central Eólica San Juan de Marcona

Fue propuesta por primera vez en la Segunda Subasta RER llevada a cabo por OSINERGMIN en 2011, y se encontraba bajo el postor ENERGIA RENOVABLE DEL CENTRO S.A. Ofrecía una potencia de 78 MW y una energía ofertada anual de 298.87 GWh, pero fue descartada por una observación de tipo A “Excede Energía Requerida y/o Capacidad Admisible de Potencia”(20). Este proyecto plantea la construcción y puesta en operación de una planta eólica compuesta por 33 aerogeneradores, una Subestación Eléctrica del Parque Eólico San Juan y otras complementarias. Además, se incluye una Línea de Transmisión Eléctrica de 32.5 km de longitud uniendo la Subestación Eléctrica del Parque Eólico San Juan con la existente SE Marcona, que está conectada al SEIN (34).

5.6. Parque Eólico Muyu

Este parque eólico se encuentra en estado de proyecto (Tabla 2) y está a cargo de la empresa ENEL GREEN POWER PERU S.A.C. Ubicado entre el distrito de Lomas y San Juan de Marcona. Así mismo, tendría una potencia instalada total de aproximadamente 217 MW y 35 aerogeneradores con una potencia unitaria de 6.2 MW. Estaría conectado de manera subterránea hacia la subestación elevadora que se conectaría al SEIN mediante una Línea de Transmisión a través de la Subestación Eléctrica Poroma (35).

6. Discusión

Los resultados muestran una gran preferencia de las empresas en invertir en la energía eólica en el distrito de Marcona. A partir de la primera subasta RER llevada a cabo por OSINERGMIN en el 2009, Marcona ha sido uno de los lugares preferidos para la planeación de proyectos de centrales eólicas. Cada una de las centrales pasó por un proceso de subasta y adjudicación, así como han presentado su EIA donde estipulan que no generan un impacto negativo en sus respectivas áreas de influencia. En cambio, han incrementado el movimiento económico en el distrito.

Dos de estas centrales presentan centros poblados en sus Áreas de Influencia Indirecta. En la C.E. Wayra I, la “Asociación Justo Pastor” no contaba con servicio eléctrico al momento de la elaboración del EIA del Parque Eólico Wayra I, pero la empresa ENEL GREEN POWER se comprometió en buscar a una solución a esta problemática (30). Esto hace resaltar la importancia y papel crucial que tienen

cada una de las empresas adjudicadas en el desarrollo local de la zona donde se encuentran ubicadas las centrales.

Ormeño Berrocal menciona que la energía producida por el viento en esta matriz energética contribuye en la reducción de gases de efecto invernadero, siendo una solución con solo ventajas; aunque los gastos iniciales puedan ser elevados. El beneficio ambiental puede ser un arma de doble filo si no se manejan adecuadamente los impactos ambientales negativos generados. Para citar como ejemplo, la C. E. de Tres Hermanas fue supervisada en el 2018 por la OEFA, donde se concluía que los administrados incurrieron en supuestas infracciones a la normativa ambiental al no disponer correctamente 12 cilindros con contenido de aceite dieléctrico sobre parihuelas y otras sustancias químicas contaminantes (36).

7. Conclusiones

El distrito de Marcona es conocido por su potencial eólico a nivel nacional. Sus vientos alcanzan los 25 km/h al ubicarse en una zona desértica cerca del litoral costero, haciéndolo candidato perfecto para la construcción de centrales eólicas que generen energía eléctrica al SEIN. Esto se refleja en diversas concesiones de centrales eléctricas en la zona y diferentes proyectos propuestos en las subastas del OSINERGMIN desde la aprobación del Decreto Legislativo N° 1002, Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el uso de Energías Renovables en el 2008. La generación a través de los RER y en especial la tecnología eólica ha ido en aumento en el distrito de Marcona tal como se muestra en la Tabla 2, descarbonizando el sector energético y contribuyendo a los objetivos de mitigación a los cuales el gobierno peruano se ha comprometido a cumplir. Finalmente, la implementación de estas centrales ayuda a impulsar la economía local de Marcona y de la región de Ica en general. Esperemos que la implementación de tecnologías RER crezca en un futuro a través del apoyo de políticas de gobierno, participación ciudadana e inversión del estado.

Bibliografía

1. Valdeolmillos I. El papel de las energías renovables en la transición energética y los planes de recuperación. enerTIC [Internet]. 2021 [citado 2022 Sep 17];1(1). Disponible en: <https://enertic.org/el-papel-de-las-energias-renovables-en-la-transicion-energetica-y-los-planos-de-recuperacion/>

2. Alsina SB, Castells XE. Energía, agua, medioambiente, territorialidad y sostenibilidad [Internet]. Diaz Santos; 2011. 25 p. Disponible en: <https://www.editediazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788499690094.pdf>
3. Marín CE. La energía eólica en España. Investigaciones Geográficas [Internet]. 2004;35:45-65. DOI: 10.14198/INGEO2004.35.03
4. OSINERGMIN. Energías renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú hacia la Transición Energética [Internet]. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. 2019 [citado 2022 Sep 18]. 143 p. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
5. Jordan Arias J. Estudio de la utilización de energía eólica para la generación de electricidad en un asentamiento humano de San Juan de Marcona. Test [Internet]. 2009;1-119. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12404/576>
6. ESAN C. Energías renovables en Perú: tipos, características y situación actual [Internet]. Conexión ESAN. 18 Dic 2020 [citado 2022 Sep 18]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/energias-renovables-en-peru-tipos-caracteristicas-y-situacion-actual>
7. Valle L. Centro logístico y servicios complementarios en Marcona [Tesis de Bachiller]. Lima: Univ San Ignacio de Loyola; 2018 [citado 2022 Sep 18]. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/handle/usil/8713>
8. Quijano J. Estudio numérico y observacional de la dinámica de viento Paracas, asociado al transporte eólico hacia el océano frente a la costa de Ica-Perú [Tesis de Magister]. Lima: Univ Peru Cayetano Hered; 2013. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12816/958>
9. Quintanilla E. El futuro del sector energético peruano [Internet]. Conexión ESAN. 13 Mar 2018 [citado 2022 Oct 2]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-futuro-del-sector-energetico-peruano>
10. MINEM. Balance Nacional de Energía 2019. Minist Energía y Minas Perú [Internet]. 2021. 194 p. Disponible en: <https://cdn-www.gob.pe/uploads/document/file/1875333/Balance Nacional de la Energía 2019.pdf>
11. Mitma Ramírez RE. Análisis de la regulación de energías renovables en el Perú [Internet]. Derecho Soc. 2015;(45):167-76. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/derechoyosociedad/article/view/15235>
12. COES. Portal Web del COES [Internet]. Consulta Histórica. 2020 [citado 2022 Oct 30]. p. 10. Disponible en: <https://www.coes.org.pe/Portal/home/>
13. ENGIE. ¡Buen viento en Punta Lomitas! ; s.f. [citado 2022 Oct 30]. Disponible en: <https://engie-energia.pe/historias/buen-viento-en-punta-lomitas>
14. OSINERGMIN. Bases para la Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables. Peru; 2009. 74 p.
15. OSINERGMIN. Acta Notarial de Adjudicación - Subasta de Suministros de Electricidad con Recursos Energético Renovables. Lima; 2010. 9 p. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/energias-renovables/Subastas/PrimeraSubasta01/primaersubasta1_Acta005.pdf
16. Resolución Directoral 183-2011-MEM-AAE [MINEM]. Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Marcona y Línea de Transmisión. 16 Jun 2011.
17. Cobra. Parque Eólico Marcona – GRUPO COBRA [Internet]. [citado 2022 Nov 1]. Disponible en: <https://www.grupocobra.com/proyecto/parque-eolico-marcona/>
18. OSINERGMIN. Foro Regional ICA 2013 Eficiencia y Nuevas Tecnologías en los Sistemas Eléctricos Parques Eólicos en Marcona. 2013. 18 p.
19. INERCO. Plan Ambiental Detallado (PAD) para los componentes auxiliares del parque eólico Marcona [Internet]. Nov 2021. 380 p. Disponible en: [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/PAD%20COMPONENTES%20AUXILIARES%20PE%20MARCONA%20\(1\) compressed-1-301-400-1-80.pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/PAD%20COMPONENTES%20AUXILIARES%20PE%20MARCONA%20(1) compressed-1-301-400-1-80.pdf)
20. OSINERGMIN. Acta Notarial de Adjudicación - Segunda Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables [Internet]. Peru; 2011. 9 p. Disponible en: http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/energias-renovables/Subastas/PrimeraSubasta01/primaersubasta1_Acta005.pdf

21. Walsh Peru S.A. Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Tres Hermanas [Internet]. Jul 2012. Disponible en: <https://wiac.info/docviewer>
22. OSINERGMIN. Puesta en operación comercial del parque eólico Tres Hermanas (97,15 MW) [Internet]. 2016. 5 p. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Bolet%C3%ADn%20Institucional/Noticia_a_publicar_Web%20Tres%20Hermanas.pdf
23. Resolución Directoral 251-2013-MEM/AAE [MINEM]. Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental Parque Eólico Tres Hermanas . 28 Aug 2013.
24. Resolución Ministerial 178-2016-MEM/DM [MINEM]. Aprueban la Primera Modificación al Contrato de Concesión N° 451-2014. 11 May 2016.
25. Comité de Operación Económica del Sistema (COES). Listado de Centrales [Internet]. 2021 [citado 2022 Nov 8]. Disponible en: <https://www.coes.org.pe/Portal/FichaTecnica/FichaTecnica/DatosCentralE?id=15160&iFamilia=39>
26. OSINERGMIN. Acta notarial de Adjudicación Cuarta Subasta de Suministro de Electricidad con Recursos Energéticos Renovables al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN). Lima; 2016. 17 p.
27. OSINERGMIN. Supervisión de contratos de proyectos de generación y transmisión de energía eléctrica en construcción [Internet]. Lima; 2019. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/electricidad/Documentos/Publicaciones/Compendio-Proyectos-GTE-Construcion-julio-2019.pdf
28. Enel Perú. Wayra 1: la energía del viento para una nueva era [Internet]; 2018 [citado 2022 Nov 8]. Disponible en: <https://www.enel.pe/es/sostenibilidad/wayra-1-la-primer-central-eolica-de-enel-en-peru.html>
29. Resolución Ministerial 290-2016-MEM/DM [MINEM]. Otorgar concesión definitiva de generación de Recursos Energéticos Renovables a favor de Enel Green Power Perú S.A. 13 Jul 2016 .
30. Pacific PIR. Parque eólico Nazca y su interconexión al SEIN. Estudio de Impacto Ambiental. Resumen Ejecutivo [Internet]. Lima; Abr 2014. Disponible en: <https://www.eib.org/attachments/registers/77033052.pdf>
31. Resolución Directoral 048-2015-MEM/DGAAE [MINEM]. Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Parque Eólico Nazca y su interconexión al SEIN”. 10 Feb 2015.
32. SERNANP. Informe técnico sustentario para la ampliación y mejora tecnológica de la central eólica Wayra – Complejo de Energías Renovables Wayra” [Internet]. 2022. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3645679/Opinión_Técnica_Nº_932-2022-SERNANP-DGANP.pdf
33. INERCO. Estudio de Impacto Ambiental - Semidetallado (EIA-sd) del Proyecto: “Parque Eólico Torocco 112.2 MW” [Internet]. 2021. Disponible en: <https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/1%20GENERIDADES-DPY-AI.pdf>
34. Pacific PIR. Resumen Ejecutivo del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) parque eólico San Juan y su interconexión al SEIN [Internet]. 2014. Disponible en: <https://docplayer.es/74831540-Resumen-ejecutivo-del-estudio-de-impacto-ambiental-eia-parque-eolico-san-juan-y-su-interconexion-al-sein.html>
35. Walsh Peru S.A.C. Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado proyecto “parque eólico MUYU y su línea de transmisión” [Internet]. Oct 2020. Disponible en: [https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Parte_2\(1\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/Parte_2(1).pdf)
36. Resolución Directoral 00965-2019-OEFA/DFAI [OEFA]. Procedimiento Administrativo Sancionador hacia Parque Eólico Marcona S.A.C. 28 Jun 2019.
37. OSINERGMIN. Subastas [Internet]. [citado 2022 Dec 12]. Disponible en: <https://www.osinergmin.gob.pe/empresas/energias-renewables/subastas>



La cosecha de energía a escala micro y sus clasificaciones

Micro-scale energy harvesting and its classifications

Fiamma Vanessa Norabuena Aliaga
Ingeniera industrial. Universidad de Lima. Lima, Perú.
Contacto: fiamanorabuena@gmail.com

Abstract

The following research exposes the potential of certain types of energy on a micro scale as one of the solutions to extend the life of batteries' cycle to reduce the accumulation of this toxic waste. It considers interesting examples of thermal, mechanical, radiant, and biochemical sources for low-power energy generation; and, finally, the advantages and disadvantages of each energy's utility.

Keywords: batteries, thermal sources, mechanical sources, radiant sources, biochemical sources

Resumen

La siguiente investigación expone el potencial de ciertos tipos de energía a escala micro como una de las soluciones para alargar el ciclo de vida de las baterías, para así reducir la acumulación de este residuo tóxico. Se mencionan ejemplos interesantes del uso de fuentes térmicas, mecánicas, radiantes y bioquímicas para la generación energética de baja potencia. Finalmente, se dan a conocer las ventajas y desventajas de la utilidad de cada forma de energía.

Palabras clave: baterías, fuentes térmicas, fuentes mecánicas, fuentes radiantes, fuentes bioquímicas

1. Introducción

Las energías renovables son fundamentales para la transición hacia una matriz energética limpia, por esta razón, es imperativo encontrar formas de potenciar tipos de fuentes ya conocidos con el desarrollo de tecnologías inéditas para así sacar mayor provecho. Entre estas tecnologías se encuentra el Energy Harvesting (EH) de traducción “cosecha de energía” definida como el proceso de capturar pequeñas cantidades de energía del ambiente para acumularlas, almacenarlas y usarlas posteriormente.

Por otro lado, en la electrónica han logrado fabricar dispositivos inalámbricos cada vez más pequeños y funcionales. Sin embargo, los dispositivos siguen dependiendo de baterías cuyo tiempo de descarga no va de acuerdo a su uso diario. Además, la obsolescencia programada conlleva a contaminar el ambiente con baterías en desuso que son difíciles de reciclar.

Una solución novedosa a esta problemática

mencionada es la cosecha de energía disponible en el ambiente para abastecer estos dispositivos de baja potencia. Los EH pueden utilizar tipo de fuentes de energía mecánica, radiante, bioquímica, térmica, etc. Las aplicaciones se dan particularmente en los sectores medicina y deporte para monitorear la salud de los pacientes. Asimismo, los EH son una alternativa interesante para aplicaciones de baja potencia en lugares remotos y sin suministro de energía.

2. Problemática de las baterías

La evolución tecnológica y las tendencias de los últimos veinte años lograron cambios de gran relevancia en la construcción de dispositivos electrónicos, con modificaciones significativas en el tamaño y consumo, reduciendo ambos en gran escala (1). A esto se le suma su gran versatilidad al contar con una alta funcionalidad y portabilidad. Aunque estos dispositivos avanzados hacen que la vida diaria sea más

conveniente, sus baterías de litio tienen una vida útil limitada y, en algunos casos, siguen siendo voluminosas y pesadas (2). También requieren una recarga o sustitución frecuente, lo que crea otros tipos de inconvenientes (3,4).

Por otro parte, los estándares de vida de las personas están cambiando de tal forma que cada vez requerimos una mayor cantidad de aparatos electrónicos, lo que conlleva a un incremento de residuos electrónicos. Hasta el 2020, la generación global de desechos electrónicos creció 9.2 Mt desde 2014 y se prevé que aumente a 74.7 Mt para 2030, casi duplicándose en solo 16 años (5). Es importante mencionar el caso de las baterías en dispositivos electrónicos ubicados en lugares remotos que no cuentan o se encuentran alejados de una red de suministro eléctrico. Estas requieren de mantenimiento, sustitución, reemplazo de componentes electrónicos, etc.; generando gastos de mantenimiento, de transporte y riesgo para el personal encargado.

3. Energy Harvesting

El Energy Harvesting, Energy Scanvenging, Power Harvesting o de traducción “cosecha de energía” hace referencia a los sistemas encargados de la recuperación, reutilización, aprovechamiento y transformación de diferentes tipos de energía del ambiente que usualmente se desperdician (1). Lo ideal es encontrar fuentes de energía sostenibles y reducir su dependencia de fuentes eléctricas comunes como la red eléctrica pública (3). La energía solar, térmica, magnética, eólica, sonora, mareomotriz y vibracional son unos cuantos ejemplos de recursos energéticos sustentables que se pueden explotar.

Los EH se dividen en escala macro y micro. La macro se refiere a aplicaciones de mayor escala desarrolladas para reducir la dependencia de combustibles fósiles; y la micro, enfocada en pequeña escala, recargar unidades de almacenamiento (baterías, capacitores, etc.) para dispositivos de poca potencia como sensores individuales, red de sensores inalámbricos, etc. (6,1). Generalmente, la recuperación de energía considera cuatro fases: la captación y transformación a energía eléctrica de carácter alterno por el sistema de cualquier tipo de energía, el acondicionamiento de la energía capturada hacia una corriente continua, el almacenamiento y suministro de la potencia regulada y la aplicación final de baja potencia (7). Desde la perspectiva de los EH, las diversas formas de energía en nuestro entorno son fuentes latentes de potencia que por lo general son inutilizadas (1).

Se pueden clasificar según el tipo de fuente de energía como la mecánica, radiante, bio-química y térmica. Según Fan et al. (8) el cuerpo humano es una rica fuente de energía que contiene tanto energía química como física. El EH acompañado con el Internet de las cosas (IoT) está generando un gran interés en relación con sistemas inteligentes de monitoreo de redes en ubicaciones distantes (9). En algunos casos, se considera adecuado para la generación energética in situ de sistemas ubicados en lugares lejanos fuera de la red (10) con unidades de almacenamiento y una correcta gestión de la energía.

3.1. Energía térmica

La temperatura corporal normal del ser humano se mantiene entre 36.5 y 37.5 °C. La diferencia de temperatura entre objetos y su entorno permite extraer energía gracias a la transferencia de calor mediante el efecto termoeléctrico (7). Se pueden generar aproximadamente 60-180 W dependiendo de la actividad y si consideramos un 1 % de eficiencia de conversión, los dispositivos termoeléctricos podrían recuperar entre 0.6 y 1.8 W de energía del calor corporal (2).

Uno de los dispositivos recuperadores de energía es el termoeléctrico. Los generadores termoeléctricos (TEG) basan su funcionalidad en el efecto Seebeck, el cual genera un voltaje eléctrico al tener un diferencial de temperatura. Los TEG pueden ser de materiales rígidos o flexibles, y consisten en muchas termopolas, que están formadas por diferentes termopares conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo (11).

Los científicos Suarez et al. (15) crearon un TEG flexible (f-TEG) hecho con patas termoeléctricas largas de alta calidad incrustadas en un elastómero. Las patas termoeléctricas fueron interconectadas con una aleación metálica (indio y galio), logrando operar a diferentes temperaturas y en todo tipo de aplicaciones. El f TEG de 4 cm² se probó al usarlo una pulsera en un ambiente con condiciones variables de temperatura. Al igual que diferentes velocidades de aire (ventilador) para simular actividades como caminar y estar en reposo. A 35 °C, el voltaje máximo observado fue de 0.69 mV y 0.33 W de potencia. Mientras que, a 24 °C, el voltaje y la potencia estuvieron en un rango de 1.47 a 2.96 mV y 1.48 a 6 W, respectivamente.

Kim et al. (9) y su equipo inventaron un f-TEG

compuesto por materiales inorgánicos, con una técnica de serigrafía (SPT) y un proceso de escaneo múltiple láser (LMS), logrando un transductor con mayor rendimiento y de manufactura más simple. El prototipo tiene un arreglo de 72 pares termoeléctricos (TE). Este fue puesto a pruebas de durabilidad y flexibilidad, se midió el voltaje y potencia generada, teniendo un rendimiento sobresaliente de 500 mV y 4.78 mW/cm² a 25 °C.

3.2. Energía mecánica

La energía mecánica está omnipresente en el ambiente y cuerpo humano. Este concepto fue explorado durante mucho tiempo con el objeto de convertirla en electricidad (4). Se pueden aprovechar varias circunstancias, especialmente en entornos con muchas vibraciones o variables en el tiempo según las actividades que se hagan (11) por ejemplo la potencia disponible al andar depende de la fuerza de impacto y desplazamiento vertical de la pisada, así como de la frecuencia de la marcha (3).

La actividad que más hace el ser humano es caminar, la cual consume 67 W de energía. Mediante la cosecha de energía, se puede recuperar entre 5 a 8.3 W (1). La piezoelectricidad es la generación de energía a partir de la presión de ciertos materiales. Existen diferentes transductores sintéticos, los más empleados son la estructura rígida PZT y el film PVDF.

Los autores Xie y Cai (3) elaboraron un mecanismo deslizante trapezoidal para compensar la poca energía producida al caminar. La propuesta está compuesta por engranajes, un micro generador y resortes; fue ubicada dentro del talón de la suela del calzado. El prototipo fue puesto a prueba en una caminadora a velocidades de 3 a 5 km/h y se reportaron valores de 0.81 a 1.39 W de potencia. Además, se pudo cargar un módulo GPS que requiere de 65 mW para funcionar.

Los autores Fan et al. (8) diseñaron un recolector piezoeléctrico bastante complejo compuesto por un sistema que considera todos los movimientos que se dan al caminar (el golpe del pie en el suelo al caminar, el balanceo de la pierna durante el caminar y la compresión del peso de la persona) para generar energía. Se informó la generación de 0.03 MW a 0.35 MW al caminar en una trotadora a velocidades de 2 a 8 km/h respectivamente.

3.5. Energía radiante

La fuente de energía renovable con mayor disponibilidad es el sol, siendo matriz de origen de otros tipos de fuentes renovables como la eólica, mareomotriz, biomasa, etc. Una célula fotovoltaica

es capaz de convertir energía solar directamente a energía eléctrica mediante el efecto fotovoltaico (7). Este fenómeno consiste en detectar energía a través de la exposición de ciertos materiales a radiaciones de luz natural o artificial (11).

El progreso tecnológico-electrónico ha logrado fabricar celdas fotovoltaicas de distintos modelos, como las estructuras rígidas de diferentes tamaños, que son las más conocidas y escogidas por el mercado energético. Actualmente, se ha customizado los módulos fotovoltaicos de estructuras pesadas y duras a láminas flexibles y ligeras. Según Ostfeld y Arias (12), en algunos casos los módulos flexibles ya vienen integrados con el sistema de gestión de energía y carga en las mismas láminas, así se evita el cableado de conexión con otros componentes.

Los autores Misra et al. (16) desarrollaron el sistema portátil "Soli-Band" con el fin de monitorear la frecuencia cardíaca y la oxigenación de la sangre de los pacientes. El sistema cuenta con células solares de silicio monocristalino, una batería de litio de 20 mAh, un supercondensador y una placa electrónica para la gestión de carga. Se necesitaron de 30 minutos de luz solar para la carga de la batería de litio, y aproximadamente una hora de luz solar indirecta.

García-Valverde et al. (17) desarrollaron un sistema fotovoltaico de diseño semi integrado portátil. Este sistema consiste en un módulo OPV (Organic Photovoltaics) flexible que se enrolla alrededor de un cilindro de plástico, dentro de este se encuentra una batería rígida y una placa electrónica encargada de la administración de energía. El prototipo cuenta con una batería de litio de 82 Wh que fue cargada a una capacidad de 15 Wp. Con este sistema se logró cargar celulares, iluminación con focos LED y aplicaciones que requieran de poca energía mecánica como una bomba de agua pequeña.

3.6. Energía bio-química

Las celdas de combustible microbianas (MFC, por sus siglas en inglés) están atrayendo mucha atención debido a su capacidad energética a partir de la materia orgánica contenida en sedimentos acuáticos, suelos, lodos activados, excrementos, compost, aguas residuales domésticas, etc. (10) que comúnmente son difíciles de tratar.

Los MFC cuentan con dos electrodos: ánodo y cátodo. Se adhieren bacterias o enzimas al ánodo (en algunas ocasiones, se aprovechan las bacterias que ya existen dentro de ambientes anaeróbicos) y se introduce dentro del sedimento, lodo, suelo,

planta, etc.; mientras que el cátodo es colocado en un entorno aeróbico. Al pasar un par de días, los microbios presentes en el ánodo descomponen la materia orgánica, generando así energía. Según Srivastava et al. (13), una configuración de seis unidades MFC continuas produjeron la mayor cantidad de potencia de salida de $2 \times 102 \text{ W/m}^2$ mediante el uso del hexacianoferrato como cátodo en períodos de una hora.

Yamashita et al. (10) construyeron un tipo de celdas combustibles microbianas (MFC), compuesta por un cátodo hecho de una malla de acero inoxidable sin tratar, el cual se dejó flotando; y, un ánodo hecho de una malla de acero inoxidable calentada a 600°C que fue insertada en una muestra de suelo de un campo arrocero. El sedimento arrocero presenta naturalmente los exo-electrógenos (bacterias) que ayudarán a descomponer la materia orgánica. Los autores idearon un arreglo de componentes electrónicos ideales para aumentar la baja potencia generada por el MFC (3 y $87 \mu\text{W}$), logrando así cargar sensores de temperatura, humedad y CO_2 , un módulo de transmisión Bluetooth de baja energía y un supercapacitor de 10 mF .

4. Ventajas y Desventajas

La energía térmica emplea, en algunos casos, generadores térmicos flexibles; son puestos en lugares estratégicos del cuerpo humano para aprovechar el calor corporal, dándole ventajas al no requerir de una acción específica para accionar el transductor y energía hasta cuando el usuario está en reposo. El transductor tiene aplicaciones portátiles debido a su peso ligero, baja resistencia térmica, transpirabilidad, comodidad, alta cobertura sobre la piel y facilidad de incorporación en los textiles (2). Además, al ser flexible no contiene partes móviles, lo que reduce las fallas físicas y eléctricas, y ofrece confiabilidad durante la operación duradera y autónoma (9).

Por el contrario, la desventaja principal es la eficiencia de conversión de energía de los TEG; por sí solos es demasiado baja para cargar dispositivos electrónicos portátiles. También se requiere de un alto costo por unidad y en caso de altas temperaturas, la estructura puede fallar (17).

En cuanto a la energía mecánica, esta está presente en distintas fuentes tales como la presión, cinética, vibraciones y actividades humanas; sus respectivos transductores a utilizar son los generadores AC/DC y elementos como piezoelectrónico y electroestáticos inductivos (7). Los transductores piezoelectricos tienen las ventajas principales de medir fuerzas de gran presión, ser estructuras simples y, sobre todo,

económicos. Adicionalmente, se pueden fabricar de distintos modelos como estructuras rígidas, como los sensores de diafragma cerámico, y los films, de estructuras delgadas y muy flexibles.

No obstante, ciertos autores prefieren basarse en la definición de la piezoelectricidad mas no emplean transductores piezoelectricos, pues no se logra generar una cantidad significativa de energía. Incluso si consideramos los transductores piezoelectricos industriales, estos suelen valer más de $2,500$ dólares cada uno. Por estas razones, los micro generadores mecánicos son una opción más asequible y de mayor eficiencia energética.

Con respeto a las ventajas de la energía radiante, esta es una de las tecnologías más desarrolladas en estos tiempos, lo cual significa que es bastante económica y que se puede adaptar a cualquier aplicación, en especial para zonas alejadas de la red eléctrica. En la mayoría de los casos, en especial en los sistemas off-grid, el arreglo de transductores y componentes electrónicos logran obtener una cantidad de energía significativa, dándole a la aplicación la autonomía necesaria para que ya no se requiera de mantenimiento constante.

En contraste, se genera un brusco descenso energético al reducirse la irradiación solar durante el día, lo cual hace necesario las baterías como respaldo. Algunos materiales fotovoltaicos sufren cambios pequeños al variar de una mayor radiación a otra (7) disminuyendo así el rendimiento eléctrico.

Por lo que corresponde a la energía bioquímica, esta puede explotar la poca energía producida por una celda microbiana (mediante la disposición de componentes) haciéndola una opción modesta y de mantenimiento sencillo. También es ideal para aprovechar sustancias orgánicas que se encuentran en residuos difíciles de tratar (en especial para el tratamiento de efluentes residuales) y generar energía en el mismo sitio. Es perfecto para ubicaciones remotas fuera de la red.

Es importante mencionar que la conversión de energía es directa del sustrato orgánico (18) y que no se precisa de procedimientos químicos durante la inoculación bacteriana (10). Sin embargo, existe una baja densidad de potencia, la superficie del electrodo es limitada y puede haber pérdidas por la activación y por el mismo metabolismo de las bacterias (17).

5. Conclusiones

Los EH de tamaño micro hacen partícipe al usuario

en la generación de su propia energía, dando más autonomía a aplicaciones situadas en lugares apartados del servicio público de energía; logrando así, en ambos casos, que la frecuencia de recarga de baterías se reduzca, una vida útil mayor y menos residuos de baterías en desuso. Los valores de generación de energía son diferentes dependiendo de la fuente de energía, la disponibilidad de esta, las condiciones climáticas, el arreglo de componentes electrónicos, ubicación, etc.; lo que quiere decir que no existe una fuente de energía mejor en comparación con otras. La clave está en analizar los factores (en especial la disponibilidad de la fuente y la gestión inteligente de la energía) que influyen en la aplicación para elegir una fuente o mezclar varias (tanto macro como micro) y obtener un mayor beneficio energético.

Cabe subrayar que, según la literatura revisada, en su mayoría son tecnologías a nivel de laboratorio. Se espera que estos proyectos se puedan escalar y comercializar. Es fundamental que los materiales que se utilicen en la fabricación de los transductores, elementos electrónicos, etc. sean los más amigables posibles con el ambiente.

Bibliografía

1. Sepúlveda Orozco E. Diseño de un Colector de Energía Piezoeléctrico (Energy Harvesting) Mediante Optimización Topológica que Maximice la Transformación de Energía Mecánica en Eléctrica Generada por un Ser Humano al Caminar [Internet]. Bogotá; 2014 [citado 2022 Mar 8]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/5287>
2. Nozariasbmarz A, Collins H, Dsouza K, Polash MH, Hosseini M, Hyland M, et al. Review of wearable thermoelectric energy harvesting: From body temperature to electronic systems [Internet]. Applied Energy [Internet]. 2020. Jan 15; 258(114069). DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.114069
3. Xie L, Cai M. An In-Shoe Harvester with Motion Magnification for Scavenging Energy from Human Foot Strike. IEEE/ASME Transactions on Mechatronics [Internet]. 2015 Dec 1;20(6):3264-3268. DOI: 10.1109/TMECH.2015.2428618
4. Fan K, Cai M, Liu H, Zhang Y. Capturing energy from ultra-low frequency vibrations and human motion through a monostable electromagnetic energy harvester. Energy [Internet]. 2019 Feb 15;169:356-368. DOI: 10.1016/j.energy.2018.12.053
5. Forti V, Baldé CP, Kuehr R, Bel G. The Global E-waste Monitor 2020 [Internet]. Bonn; 2020 [citado 2022 Mar 8]. Disponible en: https://ewastemonitor.info/wpcontent/uploads/020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf
6. Kumar CN. Energy collection via Piezoelectricity. In: Journal of Physics: Conference Series 662 012031. Institute of Physics Publishing [Internet]. 2015. DOI: 10.1088/1742-6596/662/1/012031
7. Casanova Gómez M. Sistemas de Cosecha de Energía para Sistemas Electrónicos Autónomos [Internet]. Madrid: Universidad Rey Juan Carlos; 2014. Disponible en: <https://burjcdigital.urjc.es/handle/10115/12062?locale-attribute=de>
8. Fan K, Liu Z, Liu H, Wang L, Zhu Y, Yu B. Scavenging energy from human walking through a shoe-mounted piezoelectric harvester. Applied Physics Letters [Internet]. 2017 Apr 3;110(143902). DOI: 10.1063/1.4979832
9. Kim SJ, Lee HE, Choi H, Kim Y, We JH, Shin JS, et al. High-Performance Flexible Thermoelectric Power Generator Using Laser Multiscanning Lift-Off Process. ACS Nano [Internet]. 2016 Dec 27;10(12):10851-10857. DOI: 10.1021/acsnano.6b05004
10. Yamashita T, Hayashi T, Iwasaki H, Awatsu M, Yokoyama H. Ultra-low-power energy harvester for microbial fuel cells and its application to environmental sensing and long-range Wireless data transmission. Journal of Power Sources [Internet]. 2019 Aug 1;430:1-11. DOI: doi.org/10.1016/j.jpowsour.2019.04.120
11. Clemente CS, Davino D. Overview on Energy Harvesting Materials. In: Encyclopedia of Smart Materials. Elsevier [Internet]. 2022;2:483-502. DOI: 10.1016/B978-0-12-815732-9.00007-3
12. Ostfeld AE, Arias AC. Flexible photovoltaic power systems: Integration opportunities, challenges and advances. Flexible and Printed Electronics. Institute of Physics Publishing [Internet]. 2017 Mar 6; 2(1). DOI: 10.1088/2058-8585/aa5750
13. Srivastava RK, Boddula R, Pothu R. Microbial fuel cells: Technologically advanced devices and approach for sustainable/renewable energy development. Energy Conversion and Management: X [Internet]. 2022 Jan 1;13(100160). DOI: 10.1016/j.ecmx.2021.100160
14. Xu C, Song Y, Han M, Zhang H. Portable and wearable self-powered systems based on emerging energy harvesting technology. Vol. 7, Microsystems

and Nanoengineering. Springer Nature [Internet]. 2021; 7(25). DOI: 10.1038/s41378-021-00248-z

15. Suarez F, Parekh DP, Ladd C, Vashaee D, Dickey MD, Öztürk MC. Flexible thermoelectric generator using bulk legs and liquid metal interconnects for wearable electronics. *Applied Energy* [Internet]. 2017 Sep 15; 202:736–45. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.05.181

16. Misra V, Bozkurt A, Calhoun B, Jackson T, Jur J, Lach J, et al. Flexible technologies for self-powered wearable health and environmental sensing. *Proceedings of the IEEE*. 2015 Apr 1;103(4):665–81. DOI: 10.1109/JPROC.2015.2412493

17. Garcia-Valverde R, Villarejo JA, Hösel M, Madsen M v., Søndergaard RR, Jørgensen M, et al. Scalable single point power extraction for compact mobile and stand-alone solar harvesting power sources based on fully printed organic photovoltaic modules and efficient high voltage DC/DC conversion. *Solar Energy Materials and Solar Cells* [Internet]. 2016 Jan 9; 144:48–54. DOI: 10.1016/j.solmat.2015.08.020

18. Calautit K, Nasir DSNM, Hughes BR. Low power energy harvesting systems: State of the art and future challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [Internet]. 2021 Sep 1;147(111230). DOI: 10.1016/j.rser.2021.11123



La energía solar en la hidroponía: Una revisión

Solar energy in hydroponics: A review

Jesus Chachi-Rodriguez

Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur. Lima, Perú.

Contacto: 100032798@cientifica.edu.pe

Abstract

Hydroponic systems provide business opportunities and food security to areas with water scarcity and extreme climates. This study aimed to describe the use of solar energy with hydroponic systems. The results showed technologies to control environmental factors, water management, and energy management. Despite these advantages, new technologies have limitations at a commercial level.

Keywords: hydroponics, solar power, water, energy, arduino

Resumen

Los sistemas hidropónicos brindan oportunidades comerciales y seguridad alimentaria a áreas con escasez de agua y climas extremos. Este estudio tuvo como objetivo describir el uso de la energía solar con sistemas hidropónicos. Los resultados mostraron tecnologías para el control de los factores ambientales, la gestión del agua y la gestión de la energía. A pesar de estas ventajas, las nuevas tecnologías tienen limitaciones a nivel comercial.

Palabras clave: hidroponía, energía solar, agua, energía, arduino

1. Introducción

La agricultura urbana y periurbana aportan a la seguridad alimentaria, mantenimiento de las áreas verdes y desarrollo comunitario mediante el abastecimiento a comedores populares, recuperación de espacios abandonados y la incorporación social (1). Por tal razón, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) lo orienta hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. Principalmente al ODS 11: "Ciudades y Comunidades Sostenibles" (2,3).

En Latinoamérica priorizamos la seguridad alimentaria, aporte económico y el rescate de las costumbres (1). El programa "Patio Productivos" de la Fundación Granitos de Paz en Cartagena (Colombia) impactó a casi 6 mil personas, generando negocios complementarios como la elaboración de comidas o venta de fertilizantes (4). En Lima (Perú) la plataforma agricultura urbana de Lima (PAUL) apoya la certificación de la agricultura urbana en la Asociación de Productores Ecológicos del Valle Chillón (APEVCH) y la Red de Comités

Ambientales de Villa el Salvador (REDAVES) (3).

Las ventajas de la hidroponía frente a la agricultura en suelo ofrecen la oportunidad de ampliar la agricultura urbana a espacios donde el suelo no está disponible (5). En Lima (Perú) debido a la baja calidad del suelo, pocos espacios verdes y el difícil acceso al agua de riego; la hidroponía adquirió relevancia. Alrededor de 1996, el Fondo de Hidroponía Familiar (FONHIDROF) apoyó los negocios familiares; sin embargo, no llegaron a abastecer la demanda de manera permanente (6).

Gestionar un sistema hidropónico abarca cierta complejidad. Tecnificar el bombeo, sensores y ventilación requiere un costo energético (5). Las energías renovables cumplen tal rol importante, asimismo prevenir interrupciones de energía. El artículo tiene como objetivo describir los resultados del empleo de la energía solar en la hidroponía.

2. Sistemas Hidropónicos

La hidroponía consiste en usar una solución mineral con nutrientes para los cultivos. Los beneficios son menor uso de agua, control de factores ambientales y nutrientes, mejor tasa de crecimiento e integración con energías renovables (5). Se categorizan en cultivos en sustrato o en solución. La segunda categoría agrupa diversas técnicas (Tabla 1). Bezuidenhout W citado por Sengodan P (7) considera que la técnica de flujo laminar de nutrientes es la más rentable por el uso de agua y fertilizantes, tasa de crecimiento, higiene, costo operacional, y simplicidad constructiva y operativa.

El costo energético es mayor debido al uso de diversos equipos. El equipo de bombeo es indispensable para la aireación o riego de la solución nutritiva. Dependiendo de las condiciones del entorno se requiere de otros equipos para el control de factores ambientales como temperatura, humedad del aire, concentración de CO₂ e intensidad de luz (5,8). En caso la luz del sol no llegue a incidir al sistema se emplean luces

Tabla 1. Técnicas empleadas en el cultivo en solución

Técnicas	Variantes
De flujo continuo	Flujo laminar de nutrientes De flujo profundo
Estático	Inmersión de raíz Raíz flotante De acción capilar
Aeroponía	-

Nota. Cada técnica favorece a ciertos tipos de cultivo. Adaptado de Khan FA (5).

Tabla 2. Sistemas activos de captación solar empleados en invernaderos

Categorías	Variantes
Módulo fotovoltaico	Tradicionales Semitransparente Bifacial De concentración Con concentrador solar luminiscente
Colector solar	De placa plana De tubos de vacío
Módulo térmico - fotovoltaico	De concentración* De placa plana Semitransparente Opaco

Nota. Sugerido para invernaderos con climas fríos (*). Adaptado de Gorijan S, Calise F, Kant K, Ahamed MS, Copertaro B, Najafi G, et al. (8)

artificiales de crecimiento.

3. Captación de la energía solar

En los invernaderos, los sistemas pasivos se emplean para el control del microclima. Aprovechan la energía térmica mediante tanques de agua, lecho de roca o materiales con cambio de fase (9). Los sistemas activos pueden aprovechar la energía térmica y fotovoltaica mediante diversos sistemas (tabla 2). Presentan mayores alternativas de montaje en los techos y paredes, sin embargo, se debe considerar la cantidad de incidencia de luz hacia los cultivos (8). Los módulos fotovoltaicos presentan dos configuraciones off-grid y on-grid. La primera es útil en espacios rurales sin acceso a la red eléctrica y dirige el excedente de energía a las baterías, mientras que el segundo dirige el excedente a la red (8). Aunque la generación distribuida permite un suministro estable, es comercialmente poco atractivo debido al elevado costo de capital y tiempo prolongado de amortización. Por tal razón, el estado apoya a agricultores mediante subsidios (8,10).

4. Metodología

Para la revisión sistemática se utilizó el protocolo de Denyer y Tranfield (11). El alcance del estudio está definido en base a las preguntas: ¿Cuál es el área de estudio? ¿En qué aspectos de la hidroponía emplearon los sistemas de captación de energía solar? ¿Qué cambios se registraron? ¿Con qué cultivos se realizó el estudio? En la base de datos Scopus, empleamos los términos: "solar energy" AND "hydroponic system" ("irrigation" OR "sensors"). Para seleccionar los estudios deben estar alineados al tema y, en caso de que el tema involucre invernaderos, el caso de estudio debe especificar que la evaluación se realizó en un sistema hidropónico.

5. Resultados y Discusión

Los resultados demuestran que es posible la integración de las energías renovables con la hidroponía y van de acuerdo con lo indicado por Khan FA como beneficios de la hidroponía (5). Las aplicaciones se realizaron en pequeños sistemas (13-15,18).

Tabla 3. Aplicaciones de la energía solar en la hidroponía

Área de estudio	Categoría	Aspecto	Resultados	Cultivo	Referencia
Almería, España	Tratamiento de efluentes	Reducción del 72% de eutrofización	Tomate (<i>Solanum lycopersicum L.</i>)	Var. Ramyle y Var. Racymo)	(12)
Comunidades rurales de Ghana	Gestión del agua	Aumento promedio del 37% en otros impactos ambientales	-	-	(13)
Stellenbosch, Sudáfrica	Riego automatizado	Producción de 3.4 kg por semana en 4 m ²	Acelga (<i>Beta vulgaris</i>)	-	(14)
Perlis, Malaysia	Gestión de la energía	Control del voltaje	Ahorro del 45% en energía	-	(15)
Thessaloniki, Greece	Control de factores ambientales	Control de la temperatura de las raíces.	Aumento de producción de hasta un 18.9%. *	Rucula (<i>Eruca sativa M.</i>)	(16)
			Aumento de producción hasta un 31.4 %. *	Lechuga baby (<i>Lactuca sativa L.</i>)	
-		Menor intensidad de luz	Perdidas hasta un 25% de la producción anual	Cebollín (<i>Allium fistulosum L. cv. Natsuhiko</i>)	(17)

En pocos casos se evaluó aspectos financieros y a nivel comercial (12,16,17). Las aplicaciones se categorizan en el control de los factores ambientales, gestión del agua y gestión de energía.

Si bien se presenta como alternativa para el bombeo de agua (14), las aplicaciones se diversifican con la integración de tecnologías para automatizar el riego (13), medir la humedad (13), temperatura, voltaje (15), entre otros; mediante el uso de Arduino. Casos particulares fueron un sistema de calentamiento de la zona de raíces (16) y el reciclaje de efluentes (12).

Aunque se presentan diversos avances tecnológicos en los paneles solares (8), la mayoría de los estudios usaron paneles solares tradicionales (12-16,18). Es posible que se deba a un énfasis en apoyar a la población de escasos recursos (13,14). En algunos casos se evaluaron sistemas on-grid (15,17), sistemas off-grid (13) y módulos con seguimiento (18). Un caso particular evaluó módulos instalados en los techos e identificó dificultades a nivel comercial con un tiempo de amortización entre 20 - 52 años (17).

Lima Puluh Kota, Indonesia	Control de factores ambientales	Control de la temperatura, humedad.	Generación de 380 watts por día.	(18)
	Gestión de la energía	Seguimiento solar y controlador de carga		
	Gestión del agua	Riego automatizado		

Nota. Solo para climas extremos (*)

6. Conclusiones

El empleo de la energía solar en los sistemas hidropónicos permite la posibilidad de mejorar el control de los factores ambientales, la gestión del agua y gestión de la energía mediante su integración con tecnologías como el Arduino. Una limitante para el empleo de nuevas tecnologías de captación solar para la hidroponía son los costos. Como recomendación, pueden evaluarse otros sistemas de captación solar a nivel comercial. El módulo térmico-fotovoltaico demuestra ser prometedor para climas extremos.

Bibliografía

- Ávila-Sánchez H. Agricultura urbana y periurbana: Reconfiguraciones territoriales y potencialidades en torno a los sistemas alimentarios urbanos. *Investigaciones Geográficas* [Internet]. 2019 abr;98. DOI: 10.14350/rig.59785
- Pastor JA. La agricultura urbana se abre paso en las ciudades del futuro [Internet]. [lugar desconocido]: Red 2030. 2020 [citado 2022 may 24]. Disponible en: <https://red2030.com/la-agricultura-urbana-se-abre-paso-en-las-ciudades-del-futuro/>
- Calle A, Mena J, Beaulieu M-A, Urbina P, Hachler P. Agricultura urbana. Un paso hacia una ciudad sostenible [Internet]. 2019;35(3):11-4. Disponible en: <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-35-numero-3/3964-agricultura-urbana-un-paso-hacia-una-ciudad-sostenible>
- Hernández JS, Arbeláez DAC, Carrillo CJB. Programas de agricultura urbana como estrategia para la generación de modelos de negocios inclusivos. Aglala [Internet]. 2019;10(1):196-220. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7045885>
- Khan FA. A review on hydroponic greenhouse cultivation for sustainable agriculture. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences* [Internet]. 2018 Abr 10;2(2):59-66. DOI: 10.31015/jaefs.18010
- Promoción del Desarrollo Sostenible (IPES). Agricultura urbana con tecnología hidropónica en Lima, Perú. *Revista Agricultura Urbana* [Internet]. 2013 Dec; 10:12-13. Disponible en: <https://ruaf.org/assets/2020/01/RAU10.pdf>
- Sengodan P. An Overview of Vertical Farming: Highlighting the Potential in Malaysian High-Rise Buildings. *JST* [Internet]. 2022 Mar 3;30(2):949-981. DOI: 10.47836/pjst.30.2.06
- Gorjian S, Calise F, Kant K, Ahamed MS, Copertaro B, Najafi G, et al. A review on opportunities for implementation of solar energy technologies in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production* [Internet]. 2021 Jan 20; 285:124807. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124807
- Sethi VP, Sharma SK. Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications. *Solar Energy* [Internet]. 2008 sep 1;82(9):832-859. DOI: 10.1016/j.solener.2008.02.010
- Xu Z, Elomri A, Al-Ansari T, Kerbache L, El Mekkawy T. Decisions on design and planning of solar-assisted hydroponic farms under various subsidy schemes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [Internet]. 2022 mar 1;156:111958. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111958
- Denyer D, Tranfield D. Producing a systematic review. En: *The Sage handbook of organizational research methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd; 2009. 671-689. Disponible en: <https://www.cebma.org/wp-content/uploads/Denyer-Tranfield-Producing-a-Systematic-Review.pdf>

12. Martin-Gorriz B, Maestre-Valero JF, Gallego-Elvira B, Marín-Membrive P, Terrero P, Martínez-Alvarez V. Recycling drainage effluents using reverse osmosis powered by photovoltaic solar energy in hydroponic tomato production: Environmental footprint analysis. *Journal of Environmental Management* [Internet]. 2021 nov 1;297:113326. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.113326
13. Akom K, Joseph MK, Shongwe TC, Mabunda N. Arduino Yun Assisted Photovoltaic-Powered Hydroponics Systems for Rural Communities in Ghana. En: 2019 IEEE AFRICON [Internet]. 2019; 1-8. DOI: 10.1109/AFRICON46755.2019.9134012
14. Combrink NJJ, Harms TM. The use of solar energy for a small recirculating hydroponic system. *Acta Hortic* [Internet]. 2001 Jun; 554:285-288. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.554.30
15. Hussin NSM, Amin N, Safar M, Majid MSA, Nasir NM. Smart Hydroponic System with Hybrid Power Source. *Journal of telecommunication, electronic and computer engineering* [Internet]. 2018 may 30;10:35-39. Disponible en: <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/3988>
16. Karnoutsos P, Karagiovanidis M, Bantis F, Chatzistathis T, Koukounaras A, Ntinas GK. Controlled root-zone temperature effect on baby leaf vegetables yield and quality in a floating system under mild and extreme weather conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [Internet]. 2021;101(9):3933-3941. DOI: 10.1002/jsfa.11033
17. Kadowaki M, Yano A, Ishizu F, Tanaka T, Noda S. Effects of greenhouse photovoltaic array shading on Welsh onion growth. *Biosystems Engineering* [Internet]. 2012 mar 1;111(3):290-297. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2011.12.006
18. Putera P, Aulia Novita S, Laksmana I, Imran Hamid M, Syafii S. Development and Evaluation of Solar-Powered Instrument for Hydroponic System in Limapuluh Kota, Indonesia. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* [Internet]. 2015;5(5):284-288. DOI: 10.18517/ijaseit.5.5.566



Los avances en la generación de energía a partir de Recursos Energéticos Renovables (RER) en el Perú

Advances in power generation from Renewable Energy Sources (RES) in Peru

Ana Ramos Monzon

Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Científica del Sur. Lima, Peru.

Contacto: anaramos1824@gmail.com

Abstract

Projects based on Renewable Energy Sources (RES) in Peru began in 2008 with the creation of a legal framework for adjudication through auctions. A total of four on-grid and one off-grid auction were done, generated 64 projects awarded for the first case and one for the second. At the end of 2018, 45 projects were operating, producing 3,674 MW. It was 7.2 % of the total electricity production of the Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN). The country has ample potential to develop projects based on RER; however, to date, the percentage of installed power in the SEIN concerning usable technical power is less than 8% in the categories: hydro, wind, solar, biomass, and geothermal. The main limitations are the fixing of tariffs in the auctions and the weakness of the state institutions and matter policies.

Keywords: projects, renewable energy sources, progress, potentialities, limitations

Resumen

Los proyectos basados en Recursos Energéticos Renovables (RER) en Perú iniciaron en 2008 con la creación de un marco legal para la adjudicación mediante subastas. Se realizaron en total cuatro subastas on-grid y una off-grid, generando 64 proyectos adjudicados para el primer caso y una para el segundo. A finales del 2018, operaban 45 proyectos produciendo, 3674 MW. Esto representó el 7.2 % del total de producción eléctrica del Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN). El país tiene amplio potencial para desarrollar proyectos basados en RER; sin embargo, a la fecha, el porcentaje de potencia instalada en el SEIN con respecto a la potencia técnica aprovechable es menor al 8 % en las categorías: hidráulica, eólica, solar, biomasa y geotermia. Las principales limitaciones son la fijación de las tarifas en las subastas, la debilidad de las instituciones estatales y políticas en la materia.

Palabras clave: proyectos, recursos energéticos renovables, avance, potencialidades, limitaciones

1. Introducción

En el Perú, el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de recursos energéticos renovables (RER) se inició en 2008 con la creación de un marco normativo especial (1). El marco normativo estableció las subastas como mecanismo para promover las tecnologías de RER y definió un marco legal para su desarrollo (2). Desde entonces se ha logrado generar un efecto positivo en la calidad de vida de la población y la protección del ambiente (3).

El país cuenta con una matriz de generación eléctrica que fue tradicionalmente baja en cuanto

a emisiones de carbono debido principalmente a la importante generación hidroeléctrica (4). Hasta el año 2000 la generación hidroeléctrica representaba aproximadamente el 80% (1). Sin embargo, sigue teniendo retos importantes en materia energética, principalmente en cuanto al acceso por parte de toda la población del territorio nacional. Debido a factores como aislamiento geográfico, condiciones topográficas, demanda dispersa y baja demanda de energía por usuario; lo que hace que las obras de electrificación sean costosas, generando en mucho de los casos que las inversiones necesarias no alcancen un nivel aceptable de rentabilidad haciéndolo poco atractivo

para la inversión privada, por lo que requiere de inversión estatal en forma de programas y subsidios dedicados (4-7). En ese sentido, la generación de energía eléctrica a partir de RER juega un papel crucial frente a los múltiples desafíos que el país enfrenta en materia energética, contribuyendo principalmente a la generación distribuida y la reducción de emisiones de carbono (8-12). Por lo que se hace necesario conocer los avances logrados desde el inicio del desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER, hasta la actualidad.

Los RER están definidos en la normativa peruana como los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico, mareomotriz e hidráulica cuando la capacidad instalada no sobrepasa de los 20 MW (2). Las subastas son un proceso de concurso público convocado y conducido por el Organismo de Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (Osinergmin) que tienen como finalidad asignar la tarifa de adjudicación a cada proyecto de generación RER hasta cubrir la energía requerida en sus bases. Con este mecanismo se busca promocionar la inversión para la generación de electricidad con los RER para lograr diversificar la matriz energética (1). Desde el 2009 hasta la actualidad se han llevado a cabo cuatro subastas RER para el Sistema Eléctrico Interconectado (SEIN) y una subasta RER fuera de la red interconectada (3). Con lo que se ha logrado que el 8 % del parque generador esté compuesto por RER. Las cuatro subastas han dado como resultado la presentación de 249 proyectos, de los cuales 64 han sido adjudicados y 43 ya se encuentran en operación comercial (3).

La generación de energía a partir de RER debido a su potencial tienen un rol vital en la mitigación del cambio climático, reducir los efectos negativos de los combustibles fósiles en el ambiente y la salud, así como disminuir el grado de exposición a cambios en el precio internacional del petróleo, llevar energía eléctrica a zonas rurales y aisladas, garantizar el suministro eléctrico para el crecimiento económico de siguientes años, generar suficiente energía para la electrificación de las actividades principales y asegura que todo este incremento en la producción se realice con el menor impacto ambiental posible (7,8,10-14).

En tal sentido, el presente estudio pretende evaluar los avances logrados en cuanto al desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER analizándolos por el tipo de fuente de energía, escala de desarrollo del proyecto y lugar de ubicación. Para luego evaluar

su coherencia con las potencialidades que el territorio nacional presenta para cada tipo de fuente de energía e identificar las posibles limitantes para su desarrollo.

2. Metodología

La evaluación de los avances se desarrolló con base en la revisión de la información publicada en los reportes emitidos por Osinergmin en el año 2017 y en el año 2019, los que comprenden un recuento de los avances logrados en materia de energía renovable como país. Se resumió y clasificó la información provista en el reporte por el tipo de fuente de energía, escala de desarrollo del proyecto y lugar de ubicación. Además, se identificó el potencial de aprovechamiento de los recursos energéticos tales como biomasa, eólico, solar, geotérmico, mareomotriz e hidráulica en el territorio nacional, también presentados en el reporte, y se comparó la concordancia de estos con la ubicación del desarrollo de los proyectos de aprovechamiento por tipo de RER a escala departamental. A partir de esto fue posible conocer el avance en el aprovechamiento del potencial del territorio nacional por tipo de RER mediante el desarrollo de proyectos.

Finalmente, se identificó las posibles limitaciones realizando una revisión del contexto con la metodología del análisis PEST.

3. Resultados y Discusión

3.1. Avances de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER

Desde la emisión del marco regulatorio para promover la generación de energía eléctrica a partir de RER en el 2008, se han desarrollado cuatro procesos de subasta para el SEIN, en los años 2009-2010, 2011, 2013 y 2015, respectivamente; así como un proceso de subasta RER off-Grid en el año 2013. Las subastas para el SEIN adjudicaron 64 proyectos, los que se detallan en la Tabla 1; mientras que la subasta off-Grid permitió adjudicar en el 2014 una licitación a la empresa Ergon Perú S.A.C. para suministrar electricidad con sistemas fotovoltaicos a aproximadamente 15 mil localidades de las zonas rurales del norte, centro y sur del país que no cuentan con redes tradicionales de electricidad.

Mediante las subastas se adjudicaron contratos a proyectos que deben ingresar a operación

comercial dentro de un plazo de tiempo establecido como fecha máxima, en estricto, usualmente tres años a futuro (2). Sin embargo, en estricto los plazos no han sido cumplidos, siendo que, hasta finales del año 2018, el Perú contó un total de 42 proyectos RER a nivel nacional. La producción eléctrica de las centrales RER creció a una tasa anual de 47.4 % para el periodo 2009-2018 (75 MW a 3674 MW), llegando a representar el 7.2 % del total de la producción eléctrica del SEIN. El 2.9 % de producción de fuente eólica, 2.5 % de fuente minihidráulica, 1.5 % de fuente solar y 0.3 % de biomasa. El 92.8 % restante proviene de fuentes como la hidráulica a gran escala (55.2 %), gas natural (37.2 %) y de otras fuentes como residuos, carbón y diésel (0.3 %).

Proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER y las potencialidades del territorio peruano

En cuanto a energía solar, el atlas de energía solar del Perú muestra que la región con los mayores recursos se encuentra a lo largo de la costa meridional de Arequipa, Moquegua y Tacna. Es en estas zonas donde se alcanza una radiación media diaria anual de alrededor de 250 vatios por metro cuadrado (W/m²) (1,3). Por lo que en estos departamentos se encuentran ubicadas las siete centrales solares con tecnología fotovoltaica con las que cuenta el país, dos en Arequipa, cuatro en Moquegua y una en Tacna.

En lo que respecta a energía eólica, se estima que Perú tiene un potencial de energía eólica de 77 000

Tabla 1. Proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER adjudicados mediante subastas para el SEIN.

Tecnología	Proyectos	Capacidad (MW)	Inversión (MM US\$)
Mini Hidro	45	566.1	963
Biogás	4	10.4	16.1
Eólica	7	394	567.2
Solar	7	280.5	379.3
Biomasa	1	23	31
Total	64	1274	1956.6

Fuente. MEM y OSINERGMIN

MW, de los cuales más de 22 000 MW se podrían explotar. Este potencial se ubica en la costa del Perú, debido a la fuerte influencia del anticiclón del Pacífico y de la Cordillera de los Andes, que generan vientos provenientes del suroeste en toda la región costera (1,3). Por lo que cinco parques eólicos están distribuidos en la costa peruana, tres en Ica, uno en La Libertad y uno en Piura.

Uno de los RER con considerable potencial, pero que no logró desarrollo en el país, es la energía geotérmica. Perú forma parte del Anillo de Fuego del Pacífico, que se caracteriza por frecuentes movimientos tectónicos. Al evaluar 61 posibles yacimientos, el estudio realizado por el Organismo Japonés de Cooperación Internacional descubrió que tiene un potencial geotérmico de unos 3000 MW (1). Los campos geotérmicos de mayor potencial en el Perú serían: Cajamarca, La Libertad, el Callejón de Huaylas, Churín, la Zona Central, Cadena Volcánica del Sur, Puno y Cusco (3).

En cuanto al aprovechamiento de la energía del mar, se puede distinguir entre energía undimotriz, mareomotriz y conversión de energía térmica de los océanos (3). En Perú, la primera, presenta que la potencia media oscila entre 15 kW/h y 25 kW/h.

En el segundo caso, el área de rango de marea se incrementa de sur a norte. Para el tercer caso, el Perú presenta un potencial reducido, dado que la temperatura superficial aumenta en las regiones del norte del país, siendo la mayor parte de la costa peruana bañada por una corriente fría proveniente del sur (1,3). En el país no se ha desarrollado el aprovechamiento de la energía del mar.

Posibles factores limitantes para el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica a partir de RER

Sin una adecuada gestión, el ingreso de proyectos RER puede generar problemas en la calidad de flujo, estabilidad y balance del sistema interconectado, por lo que la introducción de nuevos proyectos está condicionado a la factibilidad técnica del operador del sistema interconectado estimándose que es posible una generación de hasta 20-35 % de generación renovable sin requerimiento de cambios en el sistema (1,3,14). Así mismo, por su naturaleza, en particular energías como la eólica y la solar, no se encuentran disponibles de forma constante; sin embargo, esto último puede solucionarse utilizándolas como complemento de la energía

hidráulica y con sistemas de almacenamiento, cuyo precio muestra una tendencia decreciente a nivel internacional y local (6,14).

Las tarifas fijadas en el sistema de subastas dan lugar a la crítica debido a que ha impactado directamente en la tarifa final del usuario, sin embargo, en los últimos años los precios de algunas tecnologías RER se han vuelto tan competitivas debido principalmente al desarrollo de nueva y la masificación del desarrollo de tecnologías para su aprovechamiento, siendo el caso que incluso tecnologías como la solar y la eólica pueden competir sin existencia de subsidio por parte del estado (1,3).

La tendencia global es hacia la transición energética y la generación distribuida de RER por lo que las políticas exteriores están orientadas al logro de estos objetivos impulsando a los estados del mundo a la toma de acción (12-14), por lo que aunque aún es necesario, en el caso del Perú el fortalecimiento de las políticas que enmarcan el desarrollo de los RER de manera que impulsen y regulen su desarrollo, se ha venido avanzando de forma favorable brindando incentivos como: prioridad en el despacho diario de carga el que lo realiza el Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, prioridad para conectarse a las redes eléctricas de transmisión y distribución, tarifas establecidas a largo plazo determinadas mediante subastas y fondos de financiamiento para el desarrollo de investigación y proyectos de generación eléctrica con RER (2). Así mismo, aunque el desarrollo de RER genera menor conflictividad social respecto al desarrollo de otro tipo de proyectos, se hace necesario el fortalecimiento de las instituciones encargadas de gestionarlos a fin de prevenirlos (8,10).

Conclusiones

En el Perú se han llevado a cabo cuatro subastas on-grid y una off-grid generando 64 proyectos adjudicados para la primera y un proyecto para la segunda. Hasta finalizar el 2018 operaban 42 proyectos produciendo, 3674 MW con energías renovables y aportando el 7.2 % del total de la producción eléctrica del SEIN. Estos porcentajes han venido creciendo con la entrada en operación de los distintos proyectos adjudicados en las cuatro subastas RER. El Perú cuenta con amplio potencial para desarrollar proyectos basados en RER; sin embargo, a la fecha, el porcentaje de potencia instalada en el SEIN con respecto a la potencia técnica aprovechable es 7.12 % (total hidráulico), 1.83 % (eólico), 1.14 % (solar), 7.88 % (biomasa) y 0 % (geotermia). Las principales limitaciones

para el desarrollo de proyectos basados en RER son la fijación de las tarifas en las subastas, la debilidad en las instituciones estatales y la necesidad del fortalecimiento de las políticas en la materia.

Bibliografía

1. OSINERGMIN. La Industria de la Energía Renovable en el Perú, 10 años de contribuciones a la mitigación del cambio climático [Internet]. Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. 2017 feb. 309 p. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energia-Renovable-Peru-10anios.pdf
2. Decreto Legislativo N°1002 de 2010 [Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería]. De promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. Mayo 2 de 2008.
3. OSINERGMIN. Energías Renovables: Experiencia y Perspectivas en la Ruta del Perú Hacia la Transición Energética [Internet]. Perú: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. 2019. 279 p. Disponible en: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Economicos/Libros/Osinergmin-Energias-Renovables-Experiencia-Perspectivas.pdf
4. Rijssenbeek W. Trust fund for renewable energy in Peru. Energy Sustain Dev [Internet]. 1996 May;3(1):7-8. DOI: 10.1016/S0973-0826(08)60174-X
5. Juanpera M, Domenech B, Ferrer-Martí L, Garzón A, Pastor R. Renewable-based electrification for remote locations. Does short-term success endure over time? A case study in Peru. Renew Sustain Energy Rev [Internet]. 2021 Aug;146:111177. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111177
6. Amjith L, Bavanish B. A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment. Chemosphere [Internet]. 2022 Apr;293:133579. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2022.133579
7. Lucas H, del Río P, Cabeza LF. Stand-alone renewable energy auctions: The case of Peru. Energy Sustain Dev [Internet]. 2020 Apr;55:151-160. DOI: 10.1016/j.esd.2020.01.009

8. Lillo P, Ferrer-Martí L, Juanpera M. Strengthening the sustainability of rural electrification projects: Renewable energy, management models and energy transitions in Peru, Ecuador and Bolivia. *Energy Res Soc Sci* [Internet]. 2021 Oct;80:102222. DOI: 10.1016/j.erss.2021.102222

9. Yadoo A, Cruickshank H. The role for low carbon electrification technologies in poverty reduction and climate change strategies: A focus on renewable energy mini-grids with case studies in Nepal, Peru and Kenya. *Energy Policy* [Internet]. 2012 Mar;42:591–602. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.12.029

10. Lillo P, Ferrer-Martí L, Boni A, Fernández-Baldor Á. Assessing management models for off-grid renewable energy electrification projects using the Human Development approach: Case study in Peru. *Energy Sustain Dev* [Internet]. 2015 Apr;25:17–26. DOI: 10.1016/j.esd.2014.11.003

11. Rios R, Duarte S. Selection of ideal sites for the development of large-scale solar photovoltaic projects through Analytical Hierarchical Process – Geographic information systems (AHP-GIS) in Peru. *Renew Sustain Energy Rev*. 2021 Oct;149:111310. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111310

12. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El mundo necesita una rápida transición a la energía sostenible [Internet]. [lugar desconocido]: CMNUCC; 2021 Jan 19. Disponible en: <https://unfccc.int/es/news/el-mundo-necesita-una-rapida-transicion-a-la-energia-sostenible>

13. Torul Yürek Y, Bulut M, Özyörük B, Özcan E. Evaluation of the hybrid renewable energy sources using sustainability index under uncertainty. *Sustain Energy, Grids Networks* [Internet]. 2021 Dec;28:100527. DOI: 10.1016/j.segan.2021.100527

14. Miao Y, Razzaq A, Adebayo TS, Awosusi AA. Do renewable energy consumption and financial globalisation contribute to ecological sustainability in newly industrialized countries? *Renew Energy* [Internet]. 2022 Mar; 187:688–697. DOI: 10.1016/j.renene.2022.01.073



"Problemas de la logística inversa en la gestión de los RAEE": Una revisión sistemática entre los años 2015-2021

" Problems of reverse logistics in the management of WEEE": A systematic review between the years 2015-2021

Gutierrez Garrido, Angela Ximena
Universidad Privada del Norte, Lima, Perú
Contacto: a.ximenagutierrez@gmail.com

Abstract

This article aims to identify and characterize reverse logistics problems that differ in the proper WEEE's management. It did descriptive theory search with inclusion criteria and search equations. It used databases of ProQuest, Redalyc, Scielo, and Google Scholar. It identified and characterized six reverse logistics problems that differ in the proper management of WEEE, and four were interpreted with a more significant number of related articles. In conclusion, the main issues of reverse logistics that differ in the proper management of WEEE were the lack of user awareness, lack of specialized management tools and adequate technology, scarce legal regulations, and ignorance of economic opportunities.

Keywords: reverse logistics, management of electrical and electronic waste equipment, impediments.

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo identificar y caracterizar los problemas de la logística inversa que difieren en la adecuada gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Para ello, se realizó una búsqueda de teoría descriptiva que incluyó criterios de inclusión y ecuaciones de búsqueda. Se usó las bases de datos de ProQuest, Redalyc, Scielo y Google Académico. Se identificaron y caracterizaron 6 problemas de la logística inversa que difieren en la adecuada gestión de los RAEE y se interpretó 4 de ellas con mayor cantidad de artículos relacionados. En conclusión, los principales problemas de la logística inversa que difieren en la adecuada gestión de los RAEE fueron la falta de concientización de los usuarios, falta de herramientas de gestión especializados y tecnología adecuada, escasa normativa legal y el desconocimiento de las oportunidades económicas.

Palabras clave: logística inversa, gestión de aparatos de residuos eléctricos y electrónicos, problemas.

1. Introducción

La tecnología en diversas industrias ha logrado mejorar la calidad de vida de las personas. No obstante, en las últimas décadas la industria de las tecnologías de la información y comunicaciones (TIC) se ha destacado en suplir la demanda creciente de la necesidad de recibir información y compartir la. Esto se refleja en el consumo masivo de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) (1) incrementando el número de estos equipos, así como la velocidad de generación de sus desechos denominados RAEE (2).

Estos residuos tienen un crecimiento anual del 5 % y son catalogados como peligrosos para la salud humana y de impacto negativo al ambiente (2). Por lo tanto, requieren un manejo adecuado, especialmente cuando alcancen su vida útil (3). La adopción de políticas eficientes estatales, la elaboración de propuestas, modelos y estrategias para mitigar el impacto ambiental a través de las actividades de recuperación y reutilización de estos residuos, se logra ejecutar por medio de la logística inversa (4).

Se define la logística inversa como el conjunto de actividades logísticas de recogida, desmontaje y procesado de productos que alcanzaron el final de su vida útil, con la finalidad de maximizar su valor en un enfoque sostenible (1). Abarca actividades de planificación y control de flujos inversos de los recursos manejados por la organización a lo largo de la cadena de suministro, desde la fabricación de los AEE, hasta la reintegración de los RAEE mediante los procesos más adecuados según sus características como el reprocesamiento, reutilización, reciclaje o disposición final (5).

En las últimas décadas, en América Latina el crecimiento de la población y urbanización se ha visto reflejado en un incremento de los RAEE derivados de celulares, computadoras y electrodomésticos (6). Sin embargo, por las escasas políticas públicas que se orienten a una adecuada disposición de estos residuos, las personas quedan expuestas a componentes potencialmente tóxicos. La adecuada disposición de estos puede ser una gran oportunidad de negocio debido a la presencia de materiales valiosos que pueden utilizarse para su comercialización (6,7).

De ese modo, el objetivo de esta revisión sistemática fue identificar y caracterizar los problemas de la logística inversa que difieren en la adecuada gestión de los RAEE.

2. Logística Inversa

Se define como “el proceso que incluye etapas de planificación, implementación y control en la gestión de flujos de material e información desde el consumidor hasta el origen, logrando recuperar valor asociado o la correcta disposición de los RAEE” (5). Un modelo para la gestión de estos

residuos mediante la logística inversa se muestra en la Figura 1. Los beneficios recaen en el carácter ambiental, empresarial y la productividad: mejora la relación entre distribuidores y clientes, favorece la imagen de la empresa al reducir el impacto medioambiental, reduce costes a lo largo de la cadena de suministro, minimiza el impacto en el ambiente y permite reutilizar materiales en sustitución de materiales vírgenes (1,4).

3. Clasificación y composición de los RAEE

El avance tecnológico es motivo de análisis en la generación de los RAEE. Suárez et al. (5) los define como “Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica que haya alcanzado el fin de su vida útil”. En la búsqueda de estrategias para mitigar el impacto ambiental, la legislación mundial ha intervenido mediante la Directiva 2002/96/EC de la Unión Europea, que clasifica a estos residuos en 10 categorías mencionadas a continuación:

1. Grandes electrodomésticos
2. Pequeños electrodomésticos
3. Equipos de informática y telecomunicaciones
4. Aparatos electrónicos de consumo
5. Aparatos de alumbrado
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre
8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)
9. Instrumentos de vigilancia y control
10. Máquinas expendedoras

Esta clasificación puede ayudar mucho al estudio particular según las características de los RAEE, tal

Figura 1. Actividades de la logística inversa. Fue extraído de “Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali



Nota. Basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas” y elaborado por Calpa-Oliva (6)

como lo realizan Suárez et al. (5) en el diseño de un modelo de logística inversa para los RAEE tipo 3.

Los AEE están compuestos de materiales valiosos aprovechables como la plata, el oro y el paladio. El 70% de las TIC está en los plásticos, en los metales, y en su respectiva mezcla. Se estima que el crecimiento de los AEE se encuentra entre 20 y 50 millones de toneladas cada año (8). Una buena gestión de estos residuos puede generar beneficios económicos y un valor agregado a los consumidores (2). En ese sentido, se propone la logística inversa como herramienta de gestión de los RAEE para la correcta disposición de estos residuos, y de esa forma, evitar daños medioambientales y en la salud de las personas (7).

4. Metodología

Se realizó una búsqueda de teoría descriptiva, considerando estudios orientados a la mejora de la gestión de los RAEE. Enfocados principalmente en: procesos de logística inversa (1,4,5), sostenibilidad en la logística inversa (9), modelos de gestión de residuos (2,3,6,8,10), procesos de recolección (7) y legislación (7,10,11). Considerando lo anterior, se pretende realizar un mapeo sistemático de literatura a partir de la pregunta de investigación: ¿Cuáles son los problemas de la logística inversa en la gestión de los RAEE?

Para la búsqueda de las investigaciones en las bases de datos de la literatura científica se emplearon criterios de inclusión como artículos de investigación publicados desde el año 2015 al 2021, únicamente en idioma castellano. Además, se utilizaron las ecuaciones de búsqueda siguientes: ("logística inversa" AND "RAEE") y (("logística inversa" AND ("aparatos eléctricos y electrónicos") OR "residuos de aparatos eléctricos y electrónicos")).

Las principales fuentes de información fueron los artículos científicos que se extrajeron de diferentes tipos de base de datos tales como: ProQuest, Redalyc, Scielo y Google Académico. Se recopilaron 11 artículos los cuales el 100% están en lengua castellana y pertenecen a Latinoamérica y España.

5. Resultados

A continuación, en la Figura 2 se detallan los artículos seleccionados para la presente investigación respecto a sus años de publicación en las diferentes bases de datos. No se encontraron artículos publicados en los años 2016 y 2021.

Por otro lado, los artículos seleccionados corresponden su aplicación en el país de Colombia mayoritariamente, seguido de Ecuador, según se detalla en la Figura 3.

La aplicación de un proceso de logística inversa en la gestión de los RAEE puede ser la solución al impacto ambiental y a la manifestación de enfermedades en las personas, a consecuencia de una inadecuada disposición de estos residuos. A partir de la revisión realizada, se caracterizaron los problemas que presenta la logística inversa en la gestión de los RAEE descritos en la Tabla 1.

6. Discusión

La limitación de la investigación fue la falta de estudios previos en el tema, en el año 2016 y 2021 no se encontraron artículos científicos acordes a las variables de inclusión señaladas, especialmente en el idioma español. Ello se podría evidenciar en la falta de precisión en la identificación de los problemas, ya que los países desarrollados tienen estudios más numerosos, en su mayoría en inglés. Para las próximas investigaciones se recomienda considerar tal idioma, pues se podría brindar una mirada más amplia respecto a la logística inversa y a la gestión de los RAEE, y profundizar la pregunta de investigación.

De los problemas identificados durante la revisión, como se muestra en la Tabla 1, se pudo observar que 4 de ellos cobraron mayor importancia por la cantidad de artículos relacionados, es decir, que los autores de aquellos artículos comparten la misma idea respecto al problema identificado. A continuación, se interpretará cada uno de estos.

La falta de concientización ha sido uno de los principales problemas identificados, Cevallos et al. (9) nos da un ejemplo de ello en su investigación, el cual evalúa la sostenibilidad en una cadena de suministro inversa de refrigeradoras en Ecuador mencionando que una de las dificultades que encontró fue incorporar los RAEE al proceso de recuperación y concluye que no se alcanzan los niveles satisfactorios debido a la falta de concientización ambiental de los clientes en el uso de las refrigeradoras hasta el final de su vida útil. Sin embargo, Serrano et al. (5) en su investigación sobre el diseño de un modelo de logística inversa de los RAEE tipo 3, sugiere facilitar a los clientes los medios para la disposición correcta de sus residuos, por ejemplo, Roa et al. (1) recomienda que en Colombia deberían llevarse a cabo campañas para fomentar la participación ciudadana y capacitar en temas de gestión de residuos.

Figura 2. Número de artículos publicados por año.

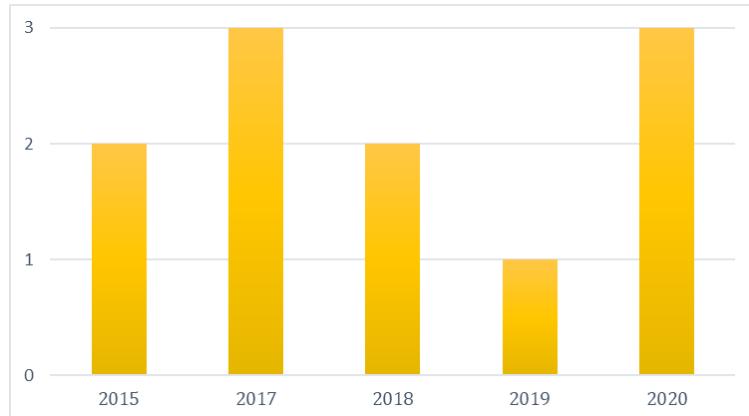


Figura 3. Total de artículos según país de estudio.

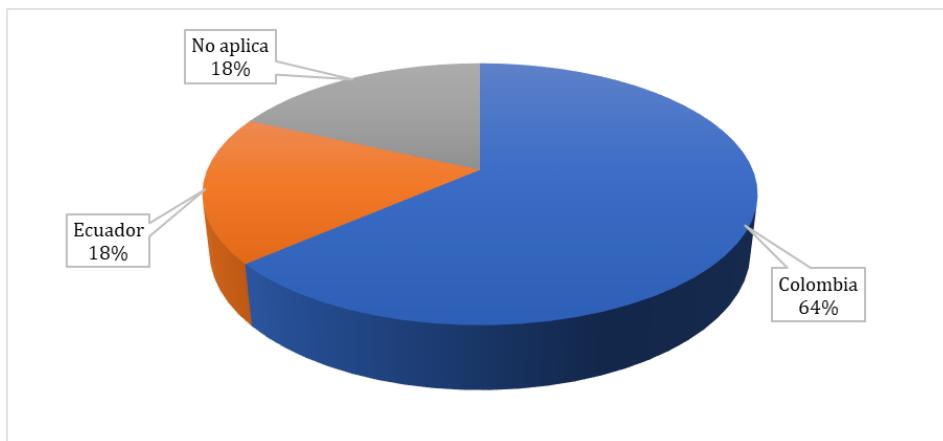


Tabla 1. Caracterización de los problemas

Problema	Descripción	Artículos relacionados	Cantidad de artículos
Deficiente control de información	Ausencia o escaso control de la información de las empresas que realizan el manejo, control y disposición final de los RAEE que dificulta una adecuada gestión de la información para la mejora de los procesos de logística inversa.	(2,6)	2
Falta de concientización hacia el reciclaje y la disposición de los RAEE	Los hábitos de consumo y el desconocimiento de los RAEE influyen en la mala disposición de los RAEE o el mínimo tratamiento para estos residuos.	(1,3,5,6,8,9)	6
Falta de herramientas de gestión especializadas y tecnología adecuada	El proceso de gestión de RAEE puede lograr niveles satisfactorios con la tecnología adecuada, así como con herramientas de gestión tales como: la simulación de sistemas, green computing, 6R y la logística inversa.	(1,4,6,9-11)	6
Escasa normativa legal	Se sugiere instaurar normas legales para la gestión de los RAEE que permitan impulsar la correcta disposición de estos residuos tanto para los fabricantes como para los consumidores, así como lineamiento en el manejo de las sustancias peligrosas de los RAEE.	(1,3,6,7,10,11)	6
Desconocimiento de las oportunidades económicas	Se reconoce al proceso de logística inversa como activador económico, ya que en la gestión de los RAEE se generan utilidades mediante la venta de la materia prima recuperada o se disminuyen los costos de la materia prima.	(3,5-8,11)	6
Falta de integración entre las dimensiones de la sostenibilidad	La falta de integración puede impactar negativamente en alguna de estas dimensiones: ocasionando un daño mayor al ambiente, la inadecuada gestión del flujo de residuos en la dimensión ecológica, un negocio no rentable para la dimensión económica y, la falta de personal capacitado en la dimensión social.	(2,9)	2

La falta de herramientas de gestión especializadas y tecnología adecuada juega un papel importante dentro de las empresas y organizaciones. Según Caizaguano et al. (10) la aplicación del green computing junto a distintas tecnologías en el proceso de la gestión de los RAEE contribuirán a “eliminar, inactivar o destruir los compuestos orgánicos nocivos, así como extraer materiales valiosos”. Además, Cevallos et al. (9) apoya a la idea proponiendo la aplicación de principios o estrategias tales como la logística inversa y el 6R.

El cumplimiento de normativa legal, sin embargo, podría facilitar y fortalecer a gestión de los RAEE a escala nacional (6). Rodondo et al. (3) en su investigación sobre la evaluación de estrategias para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, señala que la Ley Colombiana N° 1672 que establece los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de RAEE impacta positivamente en los residuos de los usuarios o clientes, y en los hogares, disminuyendo la mala disposición de estos residuos y la cantidad de residuos que llegan a los vertederos. Sin embargo, Casas et al. (7) evidencia la necesidad mayores lineamientos en Colombia para la adecuada disposición de estos residuos debido a su peligrosidad en su contenido.

Finalmente, el desconocimiento de las oportunidades económicas es otro elemento que impide la correcta gestión de las RAEE. Al respecto, Yinette et al. (5) señala que el tratamiento de estos residuos puede generar valor en las industrias y organizaciones de 2 formas: generando utilidades por la venta de materia prima obtenida en el proceso de recuperación, o integrando la materia prima en la propia cadena de suministro del AEE con el objetivo de disminuir los costos del proceso de producción. Rodondo et al. (3) apoya la idea mencionando que la disponibilidad de materia prima derivada del procesamiento de estos residuos permitirá abrir un nuevo mercado que fomente el desarrollo social y económico.

7. Conclusiones

A pesar de la limitación en cuanto a la falta de estudios en idioma español, se identificó 6 problemas de la logística inversa en la gestión de los RAEE siendo 4 aquellos que presentaron mayor cantidad de artículos relacionados.

Respecto a la concientización, el desconocimiento de los usuarios dificulta la correcta disposición de los RAEE. Llevar a cabo eventos para la participación ciudadana podría ser determinante en el proceso de recolección o logística inversa (de

usuarios a empresa u organización). Por otra parte, las herramientas de gestión especializadas y tecnología adecuada serán necesarios para la valorización efectiva y control de la peligrosidad de los residuos; junto a la normatividad legal para disminuir el impacto hacia el ambiente y la salud humana, y favorecer la disposición adecuada desde un mayor control estatal. También se mencionó la importancia del procesamiento de los AEE al final de su vida útil, ya que puede generar oportunidades de negocio debido a los beneficios económicos que genera para utilidad propia o comercio.

Los países de Latinoamérica aún enfrentan desafíos en logística inversa y gestión de los RAEE; sin embargo, hay un potencial en la correcta disposición de estos residuos para la generación de empleo y de beneficios económicos, impactando positivamente en la economía de los países en vías de desarrollo. Con la información presentada se espera brindar un contexto más claro de los problemas que se pueden presentar a una industria u organización para tomar mejores decisiones y fomentar las prácticas sustentables.

Bibliografía

1. Roa Banquez K, Aguilar LC, Casas JV. Logística Inversa a los Residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos [Internet]. Bogotá: Universidad Santo Tomás; 2015 [citado 2022 oct 20]. 19 p. Disponible en: <http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/III-congresoproblemasinvestigacioneduc/LOGISTICA%20INVERSA%20A%20LOS%20RESIDUOS.pdf>
2. Valderrama Lopez CF, Diaz LJ, Vargas JO. Análisis de la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEES). Estudio de caso en la ciudad de Neiva. Revista de Investigación Agraria y Ambiental [Internet]. 2018 dic 18 [citado 2022 oct 20];10(1):131–40. DOI: 10.22490/21456453.2295
3. Redondo JM, Ibarra-Vega D, Monroy L, Bermúdez J. Evaluación de estrategias para la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos. Dyna [Internet]. 2018 abr 1 [citado 2022 oct 20];85(205):319–27. DOI: 10.15446/dyna.v85n205.62564
4. Martínez Villegas DR. Modelo de logística inversa en residuos electrónicos colombianos para contribuir con el cuidado del medio ambiente. Revista digital de Semilleros de Investigación REDSI [Internet]. 2020 [citado 2022 oct 20];2(1). Disponible en: <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/seminve/article/view/725/681>

5. Universidad Pontifica Bolivariana. Diseño de un modelo de logística inversa para los RAEE tipo 3. Congreso Internacional en Administración de Negocios Internacionales [Internet]; 2017; Bucamaranga. Bucamaranga: Ynette M, Serrano S, Leonardo J, Silva T, Alejandra P, Quintero T;2017 [citado 2022 oct 20]; 627- 642 p. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6290953>

6. Calpa-Oliva JE. Validación de un modelo de logística inversa para la recuperación de los RAEE de la ciudad de Cali, basado en el Pensamiento Sistémico usando una simulación con Dinámica de Sistemas. TecnoLógicas [Internet]. 2020 may 15 [citado 2022 oct 20];23(48):55-81. DOI: 10.22430/22565337.1418

7. Casas J de J, Cerón K, Vidal CJ, Peña CC, Osorio JC. Priorización multicriterio de un residuo de aparato eléctrico y electrónico. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo [Internet]. 2015 jul 1 [citado 2022 oct 20];33(2):172–97. DOI: 10.14482/inde.33.2.6309

8. Noroña Alarcón C, Noroña Alarcón J, Paladines Rodríguez J. Análisis de la exportación de los desechos electrónicos y su incidencia en el comercio exterior del ecuador. Espirales [Internet]. 2019;3(26). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573263325004>

9. Cevallos Muñoz O, Abreu Ledón R. Evaluación de la sostenibilidad de una cadena de suministro inversa en Ecuador. Ciencias Holguín [Internet]. 2017;23(3): 1-18. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181552082006>

10. Caizaguano C, Fonseca E, Caizaguano C, Vega M, Bazán Patricia. Modelo de Gestión de Residuos de Equipos de Informática y Telecomunicaciones para Instituciones de Educación Superior. Revista ibérica de sistemas y tecnologías de la información (Risti) [Internet]. 2020 [citado 2022 oct 20];436-51. Disponible en: <http://www.risti.xyz/issues/risti31.pdf>

11. Vásquez Osorio WJ. Revisión sistemática del estado de arte acerca de los procesos y efectos de la logística inversa de paneles solares [Tesis de título]. Colombia: Universidad Autónoma de Occidente; 2017 [citado 2022 oct 20]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/9583/T07254.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Revista:

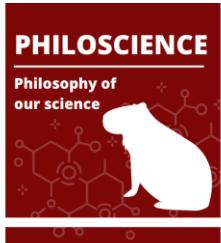
Advised Students in Economics and Finance

Edición: 1 | Octubre, 2022

Economía y Finanzas

En esta edición:

Se analiza y se discute cuestiones clave, como la justicia económica, la responsabilidad social de las empresas, y la ética en el mundo financiero.



Crítica a la teoría del crecimiento económico y la construcción neoclásica de la economía - Una revisión

Criticism of the theory of economic growth and the neoclassical construction of the economy -
A review

Andrea Elizabeth Gonzalez Becerra

Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

Contacto: andreaeli_11@hotmail.com

Abstract

The objective of this article is the theoretical exposition of the limitations to economic growth and sustained production proposed by the neoclassical model, based on the fundamental premise of the unavailability of natural resources over time; For this, the structure of the model and the concepts integrated in the document are analyzed: Economic growth by Robert J. Barro and Xavier Sala I Martí, in addition, some considerations of its application in Latin America; Subsequently, there is a debate on the energy problem and its implications in the crisis of the capitalist system, to address the degrowth argument and its relevance. To conclude, Elinor Ostrom's approaches to natural resources and some of his considerations regarding common goods and their government are integrated.

Keywords: degrowth, sustainability, economic development.

Resumen

El presente artículo tiene como objetivo, la exposición teórica de las limitaciones al crecimiento económico y la producción sostenida que propone el modelo neoclásico, partiendo de la premisa fundamental de la indisponibilidad de los recursos naturales en el tiempo; para ello, se analiza la estructura del modelo y los conceptos integrados en el documento: Crecimiento económico de Robert J. Barro y Xavier Sala I Martí, además, algunas consideraciones de su aplicación en América Latina; posteriormente se da un debate hacia el problema energético y sus implicaciones en la crisis del sistema capitalista, para dirigirse al argumento decrecentista y su pertinencia.

Para concluir, se integran planteamientos de Elinor Ostrom acerca de los recursos naturales y algunas de sus consideraciones referentes a los bienes comunes y su gobierno.

Palabras clave: decrecimiento, sostenibilidad, desarrollo económico.

1. Introducción

Con el desarrollo de la crisis climática, la crisis sanitaria y la crisis económica en el siglo XXI, es prácticamente imposible no pensar en las causas, las consecuencias y las actividades que, como sociedad, se pueden adelantar para asegurar la supervivencia en el tiempo y una vida digna para las futuras generaciones.

Uno de los problemas principales se resume en el desgaste de un modelo de producción, distribución y consumo basado en el extractivismo y en la injusticia ambiental, donde la contaminación se trata como una externalidad negativa y no como una responsabilidad propia del empresariado y los consumidores.

La obsesión con el crecimiento de la producción (PIB), entendida como bienestar material y con él, bienestar social, ha llevado poco a poco al mundo por una senda de destrucción, la especulación ha permitido la formación de una ilusión de crecimiento, y crecimiento desigual, a costa de países, estados y personas que pertenecen a la clasificación de subdesarrollados. Como menciona Latouche (2010) el crecimiento resulta más costoso que beneficioso, como crítica y resistencia se construye la teoría del decrecimiento, que plantea una producción consciente, mesurada y respetuosa con los recursos existentes, dónde la dignidad y la calidad de vida prevalezcan sobre las pretenciosas cifras.

Se analiza el comportamiento de variables como el Producto Interno en América Latina, índices de desarrollo humano y su relación con variables medioambientales como el desgaste de recursos naturales y el calentamiento global.

Esta investigación se realiza con la finalidad de reconsiderar y establecer nuevas formas de producción y medición económica que realmente posibiliten la convergencia entre todos los países y regiones del mundo. Su objetivo se centra en la revisión de los avances teóricos de la economía hacia el mejoramiento efectivo de la calidad de vida y la distribución, lo que conlleva un debate en torno al concepto del crecimiento económico.

2. El panorama de crecimiento neoclásico

Como premisa en el estudio de la ciencia económica se plantean algunas preguntas relacionadas a la producción, ¿Qué producir?, ¿Cómo producir? y ¿Cómo distribuir la producción?, entre ellas se encuentra una de las preguntas más relevantes en esta discusión: ¿para qué producir?

El conjunto de agentes económicos produce, para generar bienestar, bienestar social y mejoramiento de la calidad de vida de los seres humanos.

Siendo este su objetivo natural, los economistas desarrollan varias estrategias para satisfacer esta necesidad de prosperidad; dentro de estas destaca el sistema económico neoliberal, imperante desde los 70's, que ha sido la política elegida para efectuar la optimización de la producción.

¿Es posible relacionar la cantidad de mercancías que se pueden adquirir en el mercado con el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad?; mediante la construcción teórica conocida como crecimiento económico, se ha priorizado la medición de la producción representada por el

valor de las mercancías, con un índice denominado: producto interno bruto, hasta hoy socialmente aceptado tanto como medida de éxito de una economía (país o región), como bienestar de su población.

Teórica y técnicamente la formulación de un modelo econométrico con variables determinadas es funcional, pero su comparación con las condiciones de la realidad, diverge.

Es aceptable que con la teoría de crecimiento se motive el aumento de la producción, y con ella se de una distribución más amplia de los bienes y servicios hacia diversos sectores de la sociedad. Por el contrario, el sistema capitalista ha generado dos situaciones que entorpecen la consecución de bienestar, en primer lugar, reducir el intercambio al poder adquisitivo, ha llevado a las sociedades a un aumento de la brecha de desigualdad, como lo establece Naciones Unidas "la porción de los ingresos que recibe el 20% más pobre de la población sigue siendo inferior al 2 %, mientras que la porción que recibe el 1 % más rico ha crecido del 18% en 1990 al 22% en 2016. (UN, s.f.). La mercantilización del bienestar impide que quienes carezcan de los recursos para consumir, accedan a condiciones de vida dignas, lo que los enfrenta a trampas de pobreza. En segundo caso, actividades como la especulación financiera, terminan siendo operaciones que fomentan la acumulación y concentración de capitales, pero sin el estímulo a la producción o la distribución de bienes y servicios en el sector real de la economía.

Cabe señalar en este panorama, el desarrollo de un fenómeno descrito por Stiglitz denominado: financiarización de la economía, caracterizado por la centralización de los esfuerzos de los estados hacia el cumplimiento del pago de deuda, una situación que dificulta el ejercicio del estado como garante de derechos y ente regulador de las fallas de distribución y producción en una economía de mercado.

3. Una mirada a la construcción teórica

Robert J. Barro y Xavier Sala i Martí, efectúan una concreta revisión referente a la teoría de crecimiento económico, en su libro se explican su evolución, condiciones, variables y con ellas se consagran sus estudios teóricos y sus avances técnicos en la rama.

En el texto, se explica cómo, el crecimiento económico ha permitido que el habitante medio del planeta se enriquezca a través del tiempo; pero, advierte que, la tasa de crecimiento promedio positiva no significa que los ingresos de los más pobres hayan aumentado, ni que el número de personas cuyos ingresos están bajo el umbral de pobreza haya disminuido. (2018, pág.6)

La teoría moderna del crecimiento económico posee un diverso y completo abanico de variables y enfoques, dentro de los cuales destacan el comportamiento competitivo, el equilibrio, el papel de los rendimientos decrecientes, su relación con la acumulación del capital físico y humano, la interacción entre la renta per cápita y la tasa de crecimiento de la población, los efectos del avance tecnológico que se presentan en forma de aumento de la especialización del trabajo y de invenciones de nuevos bienes y métodos de producción, por mencionar algunos. Sin embargo, en su primera etapa su conclusión se refiere a la construcción teórica de un modelo de crecimiento exógeno, dónde factores como el papel del estado y otros factores externos, son quienes determinan la tasa de crecimiento a largo plazo y causan estabilidad. (2018, pág.6)

Hacia la segunda mitad de los años 80, se encabeza el desarrollo de la segunda etapa teórica conocida como crecimiento endógeno, con el fin de responder a la necesidad de analizar los determinantes que influyen a largo plazo en el crecimiento, es así que se llega a incluir el cambio tecnológico como parte del modelo, partiendo de la inversión en el proceso de investigación y desarrollo, y abriéndose hacia el enfoque de la competencia imperfecta, y el papel del poder monopolístico como incentivo del avance tecnológico, y algunos factores como, las patentes, la formación de capital humano, y la acumulación de capital físico. (pág. 18)

Muchas son las variables usadas por los economistas para la construcción de modelos realistas, y en este caso es un desafío para los teóricos repensar el factor tierra, como factor productivo fundamental, y no desde la visión clásica de la renta, sino como un recurso para la existencia, con un abordaje consciente alejado de la búsqueda de beneficio personal, y la financiarización, un ejemplo de ello es el hecho alarmante de que un bien de uso común, como el agua, esté sujeto a dinámicas de especulación y monopolización, dónde la privatización condiciona la asignación del recurso, y como si fuera poco, permite que el mercado juegue con su precio, desequilibrando la economía, ya que la

comercialización no genera un incremento en su producción.

4. Aplicación neoclásica en América latina

El artículo: crecimiento económico en América latina. estudio basado en el modelo neoclásico, de Augusto Rincón Piedrahita, permite de forma muy objetiva visualizar el escenario de crecimiento mediante la aplicación del modelo de Solow-Swan para 18 países de Latinoamérica, en el periodo de 1960 a 1990; de su análisis se destacan dos resultados interesantes el primero referente a tasas de convergencia altas, lo que evidencia la conformación de una región más o menos homogénea, y la oportunidad de poder desarrollar aumentos permanentes en la tasa de inversión y el control sostenido de la inflación que facilita a los países de la región un crecimiento que permita una salida de la pobreza. (pág. 360)

Finalmente, la aplicación del modelo concluye que los rendimientos del capital son bajos en América latina, lo que dificultará la inversión.

Estudiar el potencial de crecimiento de latino, sin considerar factores como el medioambiental, reduce mucho su competitividad en relación a países industrializados, desventaja que se profundiza al perpetuar un modelo extractivista, que valora la naturaleza como una materia del sector primario de la economía.

5. ¿Por qué la economía no considera la energía?

El proceso de identificación de variables y su medición ha sido de los retos más grandes para los economistas, en el documento La energía y la Teoría Neoclásica del crecimiento, el autor debate, acerca del concepto de la energía, y su relación con los factores productivos, tanto el trabajo, "la energía impulsa el trabajo que convierte las materias primas en productos finales" como el capital que funciona con minerales como el carbón, todo se resume en la transformación de la energía. Y como lo expresa Díaz (2010) los economistas neoclásicos rompen los vínculos de la economía con la naturaleza, lo que excluye a la energía como un factor de producción de la economía. (pág. 27)

El documento repasa los postulados de la teoría económica neoclásica y expone los supuestos desde una perspectiva más crítica, asegura que "ningún país puede crecer a perpetuidad sólo mediante la acumulación de capital", Díaz expone una de las cuestiones más contradictorias del modelo

ya que “cuanto mayor sea la tasa de ahorro, menor será el nivel de vida actual de la población” (pág. 31), lo que implica que la búsqueda de un estado estacionario, no asegura el bienestar de las sociedades: “La literatura neoclásica sobre el crecimiento y los recursos se centra en condiciones que permiten el crecimiento continuo, o al menos, en el no descenso del consumo o de la utilidad” (Pág. 33)

Una de las conclusiones enseña, que al realizar algunas modificaciones en el modelo siempre se llega al agotamiento de los recursos, ya que supone que simplemente podrían ser reemplazados por sustitutos más abundantes, o por formas “equivalentes” de capital artificial (pág. 34). Generalizar el uso de los factores anotando desinterés en las características de los mismos, nos hace cuestionar si realmente es posible la sustitución de los recursos naturales, o solo es un argumento para salvaguardar su interés sobre el mantenimiento del consumo.

6. El camino hacia el decrecimiento

Con la conciencia y los datos que constatan la fallida praxis de la teoría de crecimiento neoliberal, dónde “un bosque convertido en papel acrecienta el producto interior bruto, en tanto ese mismo bosque indemne, decisivo para garantizar la vida en el planeta, no computa como riqueza” Taibo (2009, pág. 7) Se plantea el debate hacia la construcción conceptual del decrecimiento, cuyo término representa la demanda una solución definitiva, que termine o reduzca actividades de sectores como la industria militar, la automovilística, la de la aviación, la de la construcción o la de la publicidad, la cual se traduciría inevitablemente en una reducción del producto interior bruto. (pág. 28)

En el documento también se establece la necesidad de “huir de cualquier percepción cuantitativa del decrecimiento: no se trata de hacer lo mismo, pero en menor cantidad” (pág. 16). Sino de reconfigurar el proceso de producción, distribución y consumo, responsablemente, que conlleva tanto a una satisfacción objetiva de las necesidades humanas, como a una reducción de las mismas.

De igual forma, el autor advierte que, “si no decrecemos voluntaria, racional, solidaria y ecológicamente, tendremos que hacerlo obligados por las circunstancias de carestía de la energía y cambio climático que acompañan al hundimiento, cada vez más fácil de vislumbrar, del capitalismo global”. (Pág. 18)

7. El avance de la teoría

Para dar los primeros pasos hacia la construcción, divulgación y aceptación de una nueva teoría, es preciso citar a Elinor Ostrom, quien desarrolló plenamente el concepto del cooperativismo como estrategia para solucionar la tragedia de los comunes, la cual se deriva de la incapacidad de gestionar los recursos de uso común, debido a los problemas de interés personales, o el egoísmo, como lo describe Smith, es pertinente mencionar su trabajo, ya que se adapta correctamente tanto al escenario global del agotamiento de los recursos naturales, como ambientes más limitados, por ejemplo: El caso de la pesquería costera de Alanya, dónde la sobreexplotación del recurso marítimo no sólo reduce los beneficios de los pescadores en el momento de la producción, sino que en el largo plazo, ocasiona problemas a sus futuras generaciones, en este escenario Ostrom (2000) observa que se genera un arreglo institucional, creado, modificado, supervisado y sustentado por los usuarios de los Recursos de Uso Común, renovables con el fin de constreñir el comportamiento individual que, de otro modo, reduciría los rendimientos conjuntos de la comunidad de usuarios. (Pág. 54), el cual asegura el cumplimiento de los acuerdos, ya que la veeduría es realizada por los mismos usuarios que se benefician del acuerdo comunitario.

La tragedia de los comunes, el dilema del prisionero y la lógica de la acción colectiva son conceptos estrechamente relacionados en los modelos que definen el modo en que la perspectiva de uso general enfoca muchos de los problemas que los individuos enfrentan cuando intentan lograr beneficios colectivos. (Ostrom, 2000, pág. 32)

La existencia de estos acuerdos presenta una solución efectiva, dónde sectores externos como el público y el privado, que han demostrado su ineficiencia, y cuyos costos de sostenimiento son altos o la autoridad de los árbitros puede ser irrespetada, no tienen injerencia. Además soluciona el problema de la información, ya que por ejemplo, los pescadores, tienen pleno conocimiento y detalle de las dinámicas de producción.

Que Elinor Ostrom, haya sido galardonada por su construcción, representa un avance para la ejecución de una teoría decrecentista, ya que, de

una manera muy práctica, ejemplifica y fomenta la autorregulación de los ambientes y los recursos compartidos. Además cumple con las condiciones para considerarse Desarrollo Sustentable, ya que, a diferencias de los primeros modelos económicos neoclásicos, es endógena, responde a necesidades locales, y es autogestionable, administrada y acordada por los sujetos implicados; esto permitiría que la distribución equitativa de los procesos y de los beneficios, límite los procesos exacerbados de la acumulación por acumulación.

Finalmente Rodríguez (2019), menciona como las dinámicas de gobernanza de los territorios y las poblaciones, basada en la teoría de Ostrom, generan un sistema ecológico intrincadamente afectado y relacionado con uno o más sistemas sociales, ya que “existe una conexión creciente entre sistema de usos de recursos y de la interdependencia entre los sistemas ecológicos y sociales” (pág. 45) El reconocimiento de esta premisa representa un triunfo respecto a la teoría ortodoxa, que aparta las relaciones sociales, de la ecología y el medio ambiente. Este reconocimiento es la puerta de entrada al replanteamiento de nuevas formas de vida que no estén sujetas necesariamente a las dinámicas del capitalismo financiero o industrial.

8. Conclusiones

El primer paso para analizar el crecimiento, es preguntarse ¿para qué producir?, y su respuesta, para el bienestar, es la primera contradicción en el modelo económico, algunos escritores como Díaz (2010), comentan que el aumento del producto interno bruto en supongamos 7 veces, en los últimos años, no asegura que la gente este 7 veces mejor, o sea 7 veces más feliz, es por eso que promover un modelo de crecimiento infinito, no necesariamente traerá consigo una felicidad ilimitada, pese a que el sistema así lo haga parecer mediante sus recursos de la publicidad, el consumo y el crédito, que facilitan la conformación de un ideario social, dónde todo es posible, pese a las limitaciones; reconocer estos límites es el primer paso para construir una sociedad más consciente, y con mejores elecciones, que la lleven a un futuro con dignidad y justicia.

La revisión a la teoría del crecimiento y su contexto, implica una distancia de algunos tecnicismos de la economía clásica, es quizás una invitación para los economistas a profundizar en variables que se han descartado anteriormente, pasos agigantados se dan en la inclusión y medición de cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible y la Agenda 2030, pese a que el tiempo para su alcance es un gran limitante.

El respeto por las diferencias y la lucha por la diversidad, sugieren que regiones como América latina, realicen cambios estructurales en sus modelo de producción, que permitan preservar sus recursos naturales, ante el argumento del crecimiento que es más bien solamente una aceleración en el desgaste de los mismos.

Así como los ciudadanos, mediante el cooperativismo pueden autogestionarse, las empresas en el mundo están en la obligación de reconsiderar su papel en la sociedad, y su responsabilidad, de manera que tanto las acciones, individuales y colectivas, tengan un impacto favorable en el proceso de decrecimiento.

El reto consiste en reconsiderar como los recursos de uso común, pueden utilizarse favoreciendo el beneficio para muchos, de forma equitativa y consciente en cada una de nuestras comunidades, cambiando progresivamente la idea, que todos los beneficios son monetarios o están sujetos a la acumulación.

Finalmente se considera que el decrecimiento más que una teoría, es un escenario necesario para la conservación de la humanidad.

Referencias:

- Barro, R. J., & Sala I Martin, X. (2018). Economic Growth (Second Edition). <https://books.google.com.co/books?id=jD3ASoSQJAC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Díaz, D. (2010). La energía y la Teoría Neoclásica del crecimiento. *SaberEs*, 2 (1), 23-39. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42222010000100002&lng=es&tlang=es
- Latouche, S. & Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales del Instituto Politécnico Nacional. (2010). El decrecimiento como solución a la crisis. *Mundo Siglo XXI*, 21, p. 47 – 53. <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/7158/1/REXTN-MS21-05-Latouche.pdf>.
- Naciones Unidas (s.f.) Desigualdad: cómo subsanar las diferencias. Recuperado el 17 de septiembre de 2022. <https://www.un.org/es/un75/inequality-bridging-divide>

Ostrom, E. (2000). El Gobierno De Los Bienes Comunes: La evolución de las instituciones de acción colectiva (2.a ed.).
https://base.socioeco.org/docs/el_gobierno_de_los_bienes_comunes.pdf

Piedrahita, A. R. (1998). Crecimiento Económico En América Latina. Estudio Basado En El Modelo Neoclásico. El Trimestre Económico, 65(259(3)), 339–362.
<http://www.jstor.org/stable/20856966>

Rodríguez, S. (2019). Economía y Recursos Naturales: Enfoque de Elinor Ostrom. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Sur. Departamento de Economía. Disponible en:
<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5117>

Taibo, C. (2009). Decrecimiento, crisis, capitalismo. Colección de Estudios Internacionales, 5.
<https://ojs.ehu.eus/index.php/ceinik/information/readers>



Análisis de la balanza comercial durante el COVID-19 en el Perú - Una revisión

Analysis of the trade balance during COVID-19 in Peru – A review

*Belén Margot Capillo Masgo
Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú.
Contacto: belencapi38@gmail.com*

Abstract

The COVID-19 pandemic led to one of the longest quarantines recorded in Peruvian history, affecting the foreign trade of our economy, which according to the data maintains the primary export character during 2020. The type of research that was carried out was non-experimental, , the level of research is descriptive and explanatory, only the year 2020 was taken and the trade balance and its components were described. It is concluded that the rise in prices of raw materials supported a trade surplus in the balance of payments.

Keywords: COVID-19, trade balance, exports and imports.

Resumen

La pandemia del COVID-19 conllevó a una de las cuarentenas más largas registradas en la historia peruana, afectando al comercio exterior de nuestra economía que según los datos mantienen el carácter primario exportador durante el 2020. El tipo de investigación que se realizó fue no experimental, el nivel de investigación es de tipo descriptivo y explicativo, se tomó solo el año 2020 y se describieron a la balanza comercial y sus componentes. Se concluye que la subida de precios de las materias primas apoyó a que se dé un superávit comercial de la balanza de pagos.

Palabras clave: COVID-19, balanza comercial, exportaciones e importaciones.

1. Introducción

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) señala que la pandemia del COVID-19 impactó a la región en un momento de debilidad de su economía y vulnerabilidad macroeconómica, ya que en el periodo del 2014 al 2019 la tasa de crecimiento promedio de las economías de la región fue de 0.4%. En cuanto al Perú, el 6 de marzo del 2020 se confirmó el primer caso de COVID-19 publicado en el Reporte N°030 - 2020. El Perú tuvo una de las cuarentenas más prolongadas y de las más estrictas en la región, que comenzó a partir del 15 de marzo de 2020 mediante el Decreto Supremo N°044-2020-PCM hasta el 30 de junio de 2020 con el Decreto Supremo N°094-2020-PCM.

Jaramillo y Ñopo (2020a) señalan que las restricciones a la libertad personal para enfrentar este shock externo han significado para muchos hogares un corte abrupto de sus posibilidades de generar ingresos. Este hecho ocasionaría una reducción de la demanda interna, pero qué sucedería con el comercio exterior si se tiene en cuenta que históricamente el Perú ha sido un país primario exportador, con mayor peso en las exportaciones tradicionales que, a diferencia de las exportaciones no tradicionales, no presentan un alto grado de transformación o de valor agregado en su producción.

Para conocer cómo la pandemia afectó al Perú con respecto a la demanda externa, es necesario conocer los grupos de productos que se transan con el mundo y estos se encuentran dentro de la balanza comercial. Es importante señalar que las exportaciones de un país reflejan la capacidad productiva de su economía; es decir, un país va a exportar más de un producto en el que sea más competitivo ya que relativamente se utilizan menos recursos (ComexPerú, 2018). Según el índice de complejidad económica del Growth Lab de la Universidad de Harvard del año 2019, ubicó al Perú en el puesto 100 de 133 países por la poca variedad de sus productos de exportación, lo que implicaría una alta vulnerabilidad por la variación de los precios de los commodities.

En la presente revisión se pretende analizar a la balanza comercial peruana en el 2020, así como sus componentes que son las exportaciones e importaciones y responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los efectos del COVID-19 en la balanza comercial en la economía peruana en el 2020? ¿Cómo influye el COVID-19 en las exportaciones mejoran la balanza comercial de la economía peruana en el 2020? ¿De qué manera el COVID-19 en las importaciones afectan la balanza comercial de la economía peruana en el 2020?

2. Balanza comercial

La balanza comercial se encuentra dentro de la balanza de pagos, registra el intercambio de mercancías de un país con el resto del mundo. Su saldo es la diferencia entre los ingresos por exportaciones y los gastos por importaciones (Banco Central de Reserva del Perú (BCRP), 2011, p. 9).

En la Tabla 1 se muestra que en 2020 la balanza comercial fue de US\$ 8192 millones, que representa un aumento del 19.2% respecto al año anterior. Según cifras del BCRP ese mismo año los volúmenes de las mercaderías exportadas e importadas disminuyeron un 13.7% y 11.1%, respectivamente. Sin embargo, estas caídas en los volúmenes del comercio con el sector externo fueron compensadas por el aumento de los precios de las exportaciones en 3.7% y una reducción del precio de las importaciones en 5.5%. De acuerdo con Jaramillo & Ñopo (2020b) América Latina sufre de dos shocks inesperados, uno por el impacto del COVID-19 y otro por el lado del shock en el precio de las materias primas. En el caso peruano la balanza comercial en el contexto del COVID-19 tuvo un superávit comercial debido al

Tabla 1

Composición de la Balanza comercial de 2020 en millones de US\$

	2020	Participación 2020 (en %)	Variación % 2020/2019
1. Exportaciones	42905	100.0	-10.6
I.1. Productos tradicionales	30013	70.0	-11.8
Pesqueros	1543	3.6	-20.0
Agrícolas	732	1.7	-5.4
Mineros	26146	60.9	-7.7
Petróleo y Gas Natural	1593	3.7	-46.5
I.2. Productos no tradicionales	12770	29.8	-7.5
Agropecuarios	6742	15.7	7.0
Pesqueros	1315	3.1	-18.5
Textiles	1016	2.4	-25.0
Maderas y papeles, y sus manufacturas	239	0.6	-25.8
Químicos	1527	3.6	-5.0
Minerales no metálicos	447	1.0	-26.4
Sidero-metalúrgicos y joyería	929	2.2	-29.1
Metal-mecánicos	462	1.1	-18.5
Otros 1/	93	0.2	-28.8
I.3. Otros 2/	121	0.3	-21.0
2. Importaciones	34713	100.0	-15.6
II.1. Bienes de consumo	8733	25.2	-8.9
II.2. Insumos	15435	44.5	-19.2
II.3. Bienes de capital	10455	30.1	-15.0
II.4. Otros bienes	90	0.3	-11.6
3. Balanza comercial (1-2)	8192		19.2

1/ Incluye pieles y cueros y artesanías, principalmente.

2/ Comprende la venta de combustibles y alimentos a naves extranjeras y la reparación de bienes de capital.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (BCRP).

favorable escenario del aumento de las cotizaciones internacionales de los commodities como el cobre, oro, café que se encuentran dentro de las exportaciones tradicionales.

3. Exportaciones

Las exportaciones en 2020 sumaron US\$ 42 905 millones y se redujeron un 10.6% respecto al 2019. Según el BCRP (2020) esta disminución se explica por los menores volúmenes exportados principalmente en el segundo trimestre del año cuando las medidas sanitarias para controlar la pandemia del COVID-19 tuvieron su mayor impacto en la actividad económica local. Las exportaciones se clasifican en exportaciones de productos tradicionales y no tradicionales.

Las exportaciones tradicionales representaron el 70% del total de exportaciones en 2020 y tuvo una caída del 11.8% respecto a 2019. Dentro del grupo de productos que la conforman están los productos mineros que aportan un 60.9% al total de exportaciones, el petróleo y gas natural un 3.7%, pesqueros un 3.6% y agrícolas un 1.7%. A causa del COVID-19 hubo una disminución en los volúmenes exportados de productos tradicionales, de ellos principalmente se registraron menores volúmenes de cobre (-14.5%), oro (-27.6%), petróleo crudo y derivados (-42.0%), harina de pescado (-18.1%) y café (-7.6%), en cuanto a sus precios se registraron un aumento en el oro (27.0%), cobre (9.0%) y café (9.8%). A pesar de la disminución del volumen de productos exportados mineros, la U.S. Geological Survey (2021) indica que Perú sigue manteniendo una buena posición mundial en la producción de cobre y plata en el segundo lugar, zinc en el tercer puesto, plomo, molibdeno y estaño en cuarto lugar y oro en octavo lugar del año 2020.

Las exportaciones no tradicionales representaron el 29.8% del total de exportaciones en 2020 y tuvo una caída del 7.5% respecto a 2019. En el grupo de los productos no tradicionales se encuentran los productos agropecuarios que aportan con un 15.7% al total de exportaciones, químicos con 3.6%, pesqueros con 3.1%, textiles con 2.4%, sidero-metálgicos y joyería con 2.2%, metal-mecánicos con 1.1%, minerales no metálicos con 1.0%, maderas y papeles y sus manufacturas con 0.6%, pieles y cueros y artesanías con 0.2%. En los productos agropecuarios destacan las frutas y legumbres en participación de las exportaciones totales con un 9.3% y 2.8%.

4. Importaciones

Las importaciones en 2020 sumaron US\$ 34 713 millones (Tabla 2), cifra que fue menor al periodo anterior en 15.6%. Las importaciones según su uso o destino económico se clasifican en bienes de consumo, insumos, bienes de capital y otros bienes. Se reportó que los insumos representaron el 44.5% del total de las importaciones, seguido de los bienes de capital con un 30.1% y los bienes de consumo con un 25.2%.

El BCRP (2020) señala que debido a la débil demanda interna producto del COVID-19 ocasionó una reducción del volumen de las importaciones que incidió positivamente en la balanza comercial. Hubo una reducción de las importaciones de bienes de consumo duraderos de 21% respecto al 2019. En insumos, el grupo de combustibles, lubricantes y conexos cayó un 47.3%, materias primas para la industria tuvo una reducción del 9%, solo los insumos de materias primas para la agricultura aumentaron un 5.2%. En bienes de capital cayó principalmente los equipos de transporte con un

Tabla 2.
Composición de las importaciones según uso o destino económico de 2020 en millones de US\$

	2020	Participación 2020 (en %)	Variación % 2020/2019
Importaciones	34713	100.0	-15.6
Bienes de consumo	8733	25.2	-8.9
No Duraderos	5443	15.7	0.4
Duraderos	3290	9.5	-21.0
Insumos	15435	44.5	-19.2
Combustibles, lubricantes y conexos	2980	8.6	-47.3
Materias primas para la agricultura	1525	4.4	5.2
Materias primas para la industria	10930	31.5	-9.0
Bienes de capital	10455	30.1	-15.0
Materiales de construcción	1081	3.1	-17.1
Para la agricultura	153	0.4	1.0
Para la industria	7117	20.5	-8.9
Equipos de transporte	2104	6.1	-30.7
Otros bienes	90	0.3	-11.6

30.7% respecto al año anterior, seguido de una reducción en materiales de construcción con una caída de 17.1% y una caída de 8.9% de bienes de capital para la industria, solo los bienes de capital para la agricultura aumentaron en un 1%.

5. Conclusiones

En el año 2020 la balanza comercial peruana experimentó un superávit comercial en el contexto del COVID-19. Si bien ambos componentes de la balanza comercial presentaron variaciones negativas en términos monetarios respecto al 2019, el efecto del aumento del precio de los commodities jugó un escenario favorable para las exportaciones, eso compensó a la caída del volumen de los productos exportados. Se destaca que en ese año los productos mineros de las exportaciones tradicionales y los agropecuarios de las exportaciones no tradicionales representaron el 76.7% del total de exportaciones que comercializa el Perú con otros países. Lo que se traduciría en una alta vulnerabilidad de la economía peruana debido a la variación de los precios internacionales de las materias primas.

Referencias:

- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). (2011). Glosario de términos económicos. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Glosario/Glosario-BCRP.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). (2020). Memoria 2020. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2020/memoria-bcrp-2020.pdf>
- ComexPerú. (27 de abril de 2018). ¿Exportadores primarios? Semanario 934 - Comercio Exterior. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportadores-primarios>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). Informe sobre el impacto económico en América Latina y el Caribe de la enfermedad por coronavirus (COVID-19). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45602/S2000313_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jaramillo, M., & Ñopo, H. (2020a). El impacto del Covid-19 sobre la economía peruana. *Economía UNAM*, 17(51), 136–146. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2020.51.552>

Jaramillo, M., & Ñopo, H. (2020b). COVID-19 y shock externo: impactos económicos y opciones de política en el Perú. *Documentos de Investigación*, 107, 1–70. <https://repositorio.grade.org.pe/bitstream/handle/20.500.12820/579/GRADEdi107-1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

U.S. Geological Survey. (2021). Mineral commodity summaries 2021. <https://doi.org/https://doi.org/10.3133/mcs2021>



Respuesta económica para la mitigación de los efectos negativos de la pandemia de COVID-19 en el Perú

Economic response to mitigate the negative effects of the COVID-19 pandemic in Peru

Frandy Kenen Quispe Carbajal

Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Contacto: frandy quispe@unmsm.edu.pe

Abstract

The objective of this paper is to determine how fiscal, monetary, and financial policies helped to mitigate the negative effects generated by the Covid-19 pandemic in Peru. The years of study are 2020 and 2021. The methodology used is descriptive, correlational and non-experimental. It is found that the measures implemented were focused on strengthening the health system, giving economic support to companies and families, sustaining aggregate demand and supply, and preventing the chain of payments from breaking, this was achieved mainly with massive injection of liquidity to the markets and the management of other instruments to try to maintain the stability of the main macroeconomic variables. It is concluded that the management of the crisis at the economic level fulfilled its objective, since the impacts on the main economic variables were transitive, and a progressive recovery was seen as of the fourth quarter of 2020.

Keywords: Fiscal policy, monetary policy, financial policy, liquidity.

Resumen

El presente artículo tiene por objetivo determinar cómo la política fiscal, monetaria, y financiera ayudaron a mitigar los efectos negativos generados por la pandemia de Covid-19 en el Perú. Los años de estudio son 2020 y 2021. Para ello, la metodología que se usa es de tipo descriptiva, correlacional y no experimental. Se encuentra que las medidas implementadas estuvieron centradas en fortalecer el sistema de salud, dar soporte económico a empresas y familias, sostener la demanda y oferta agregada y evitar que se rompa la cadena de pagos, esto se logró principalmente con inyección masiva de liquidez a los mercados y el manejo de otros instrumentos para tratar de mantener la estabilidad de las principales variables macroeconómicas. Se concluye que el manejo de la crisis a nivel económico cumplió con su objetivo, ya que, los impactos en las principales variables económicas fueron transitivas, y se vio la recuperación progresiva a partir del cuarto trimestre del 2020.

Palabras clave: Política fiscal, política monetaria, política financiera, liquidez.

1. Introducción

A lo largo de la historia de la humanidad se han presentado eventos muy inesperados que afectaron gravemente la vida de las personas. El último de ellos es la pandemia de Covid-19, un evento de baja probabilidad, pero de alto impacto. Podemos decir que es un candidato a “cisne negro”, un término popularizado por Nassim Taleb, evento que

describió como aquel que es tan raro que incluso la posibilidad de que ocurra es desconocida y que cuando ocurre tiene un impacto catastrófico. (Taleb, 2007).

Ante el escenario de la pandemia, en Perú, a partir del 15 de marzo del 2020, se estableció un

conjunto de medidas con el objetivo de evitar que el ritmo de contagio avance de forma rápida. Estas medidas son: distanciamiento social, cuarentena casi total y cierre de fronteras nacional e internacional. Estas medidas se extendieron hasta el 26 de junio, donde se flexibilizaron, pero no desaparecieron en su totalidad. Todo ello, generó caídas de demanda y oferta, afectando así; al PIB, empleo, nivel de pobreza, nivel de precios, entre otros. (MMM, 2020).

En ese contexto, la autoridad fiscal(MEF), monetaria(BCRP) y financiera (SBS) implementaron un conjunto de medidas con el objetivo de mitigar los efectos negativos en la economía peruana. Asimismo, es importante saber que con estas políticas se generan multiplicadores fiscales y monetarios que ayudan a dinamizar la economía o en todo caso detener la caída vertiginosa del producto bruto interno (PBI). (Dornbusch, Fischer y Startz, 2010).

La investigación se centra en los años 2020 y 2021 y los objetivos son:

- Describir y analizar las medidas de política fiscal, monetaria y financiera ante la pandemia de Covid-19.
- Determinar cómo las medidas de política fiscal, monetaria y financiera ayudaron a mitigar los efectos negativos de la pandemia de Covid-19.

2. Materiales y métodos

La investigación es de tipo descriptiva, la cual detalla diversas situaciones, acontecimientos en el comportamiento de fenómenos que ocurrieron en un determinado tiempo y se analiza con diferentes técnicas de investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Además, se utiliza la técnica correlacional para encontrar posibles relaciones de causa y efecto, por

ello, el estudio no cuenta con análisis experimental.

En cuanto a los documentos, se utilizó información de la revista especializada que edita el BCRP denominada Nota Semanal, se utilizó también el Reporte de inflación publicado por el Banco Central de Reserva del Perú (BCRP) y el Marco Macroeconómico Multianual publicada por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), en ambos de los años del 2020 al 2022. En estos documentos se encuentra el comportamiento histórico de las variables monetarias y reales que fueron utilizadas en la investigación.

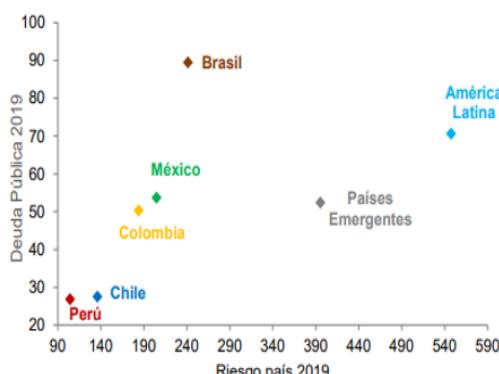
Finalmente, se hizo uso de las estadísticas económicas que procesa y publica trimestral y anualmente el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), así como de las publicaciones de la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS) de donde se obtuvo información de los créditos a familias y empresas.

3. Resultados

3.1. Antes de la llegada de la pandemia de Covid-19

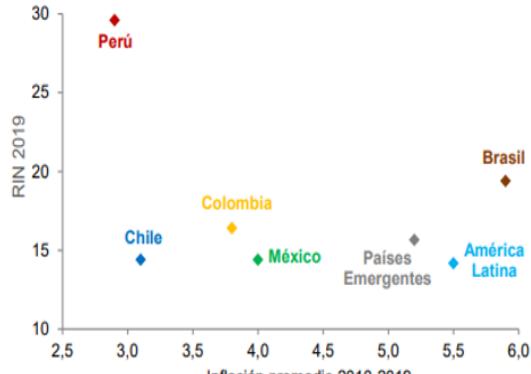
En 2019, el Perú era considerado como el país con mayor solidez macroeconómica en la región, prueba de ello es que, al cierre del 2019, la deuda pública de Perú (26,8% del PBI) se ubicó como una de las más bajas de América Latina (70,6% del PBI). Asimismo, el riesgo país de Perú (104 pbs. promedio en 2019) se mantuvo como el menor de América Latina (548 pbs. promedio en 2019). Por otro lado, las reservas internacionales netas (RIN) del país (29,6% del PBI en 2019) se encontraban entre las más altas en la región (14,2% del PBI, mediana en 2019). Además, la inflación peruana (2,9%, promedio 2010-2019) se mantuvo como una de las más bajas de la región (5.5%, promedio 2010-2019). (MMM, 2021-2024) (Ver Gráfico 1 y 2).

**Gráfico 1: Deuda pública y riesgo país, 2019
(% del PBI, puntos básicos)**



Fuente: FMI, Bloomberg, Moody's, BCRP y MEF. Elaboración: MMM 2021-2024

**Gráfico 2: RIN 2019 e inflación promedio 2010-2019
(% del PBI, %)**



Fuente: FMI, Bloomberg, Moody's, BCRP y MEF. Elaboración: MMM 2021-2024

3.2. Con la llegada de la pandemia de Covid-19

Las autoridades económicas del país implementaron medidas que buscaban: i) Fortalecer el sistema de salud, realizar acciones de limpieza y garantizar el orden público; ii) Dar soporte económico a las familias vulnerables con subsidios, alivios tributarios, liquidez por medio de fondos previsionales y CTS, y continuidad de la operatividad de entidades públicas; iii) Dar soporte a empresas mediante subsidios a planilla, el aplazamiento del depósito de la CTS, aplazamiento de pagos de impuestos y liquidez por liberación de cuenta de detacciones; y iv) Garantizar la cadena de pagos y soporte a la economía. (MMM, 2021-2024).

3.3. Política Fiscal

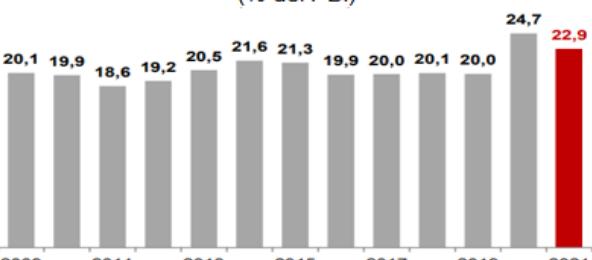
Las medidas de política fiscal en el Perú fueron una de las más agresivas de América Latina. Para ello, fue necesario que en abril del 2020 se suspendieran excepcionalmente las reglas fiscales hasta el 2021, ya que, estas medidas comprometerían de forma transitoria la deuda pública y el déficit fiscal. Cabe señalar que la magnitud y amplitud de las medidas fiscales dependieron en gran medida de la fortaleza macroeconómica construida durante los últimos 20 años, esta fortaleza permitió que no se comprometa la estabilidad fiscal del país. (CEPAL, 2021).

3.3.1. Gasto

El gasto público fue uno de los principales instrumentos usados para contrarrestar la emergencia sanitaria y la crisis económica. Para el 2020, el gasto no financiero alcanzó su máximo histórico de 24,7% del PBI (2019: 20% del PBI), el cual tuvo como objetivo principal la contención de la crisis y en menor medida la reactivación económica. (MMM, 2021-2024) (Ver Gráfico 3)

Para el 2021, la incertidumbre aún persistía, por ello, el gasto no financiero fue del 22,9% del PBI, el cual tenía como objetivo principal la reactivación económica y en menor medida la de contención. (MMM, 2022-2025) (Ver Gráfico 3)

Gráfico 3: Gasto no financiero del gobierno general (% del PBI)



Fuente: BCRP, MEF.

Elaboración: MMM 2022-2025

Se puede apreciar que el nivel de gasto no financiero en la etapa de prepandemia es mucho menor al nivel de gasto no financiero en la etapa de pandemia. Algo que fue necesario para sostener la demanda agregada y buscar la reactivación económica.

En lo concerniente al gasto para enfrentar a la Covid-19, se puede apreciar que en el 2020 representó un 4,1% del PBI y un 3% del PBI para el 2021. Se puede destacar que hubo una reducción en gasto corriente para el 2021, esto debido a que los gastos de contención a la pandemia se redujeron. Mientras que para el gasto de capital hubo un incremento, impulsado por el aumento de la inversión pública, esto debido a que en el 2021 se tenía como objetivo principal la reactivación económica. (MMM, 2022-2025) (Ver Gráfico 4).

Gráfico 4: Medidas de gasto público para afrontar a la Covid-19

	2020		2021	
	Miles de millones de S/	% del PBI	Miles de millones de S/	% del PBI
Total (I+II)	29	4,1	25	3,0
I. Gasto Corriente	27	3,8	21	2,5
Remuneraciones	1	0,2	1	0,1
Bienes y Servicios	8	1,2	11	1,3
Transferencias	17	2,4	10	1,2
II. Gasto de Capital	2	0,3	4	0,4
Inversión	2	0,2	4	0,4
Otros	1	0,1	0	0,0

Fuente: BCRP, MEF.

Elaboración: MMM 2022-2025

3.3.2. Impuestos

En el 2020, las medidas en el campo tributario fueron de facilidades administrativas, de alivio tributario a familias y empresas con aplazamientos de pago de IGV, IR e ISC, entre otros. Estas medidas tuvieron como objetivo dar liquidez a familias y empresas y representó un 2,3% del PBI. Esto ocasionó que los ingresos tributarios del gobierno cayeran a un 17,9% del PBI. Para el 2021, se observa como la recuperación económica permitió que los ingresos tributarios crezcan y sean un 19,9% del PBI. (MMM, 2022-2025) (Ver Gráfico 5).

Gráfico 5: Ingresos del gobierno general (% del PBI)



Fuente: BCRP, EsSalud, Sunat, MEF.

Elaboración: MMM 2022-2025

3.4. Política monetaria

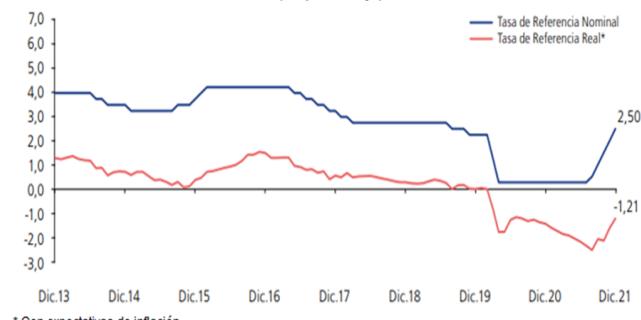
Las medidas del BCRP se han enfocado en la reducción del costo de financiamiento, la provisión de liquidez al sistema financiero y la reducción de la volatilidad de las tasas de interés de largo plazo y del tipo de cambio. (Gomero, Masuda y Saldaña, 2021).

3.4.1. Tasa de interés de referencia

A partir de abril del 2020, el BCRP redujo la tasa de interés de referencia a 0,25%, equivalente a una tasa real negativa de 1,43%. Esto permitió que los créditos se abarataran y que sea más atractivo tener liquidez en posición de las personas y empresas. (Reporte de inflación, diciembre 2020) (Ver gráfico 6).

Para el 2021, el BCRP inició un retiro progresivo del estímulo monetario. Así, se realizaron incrementos de la tasa de referencia de 25 puntos básicos en agosto y de 50 puntos básicos en setiembre. De esta manera, la tasa de interés de referencia pasó de 0,25 por ciento en julio a 2,50 por ciento en diciembre. (Reporte de inflación, marzo 2021) (Ver gráfico 6).

Gráfico 6: Tasa de interés de referencia
(En porcentaje)



* Con expectativas de inflación.

Fuente: Fuente BCRP

Elaboración: Reporte de inflación, Marzo 2022

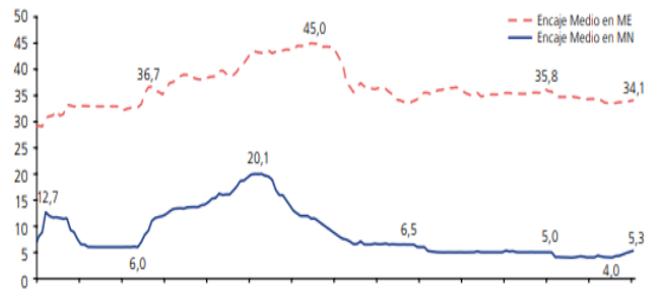
3.4.2. Tasa de encaje

A partir de abril del 2020, se flexibilizó las condiciones financieras, facilitando el entorno para la expansión del crédito y así evitar el rompimiento de la cadena de pagos. Por ello, se redujo la tasa de encaje mínimo legal en soles de 5% a 4%, se redujo la tasa de encaje para obligaciones financieras en moneda extranjera de 50% a 9%, entre otros. (Reporte de inflación, diciembre 2020) (Ver Gráfico 7).

Para noviembre del 2021, el BCRP elevó los requerimientos de encaje en moneda nacional, con el propósito de retirar progresivamente el estímulo monetario. Específicamente, se aprobó el aumento del encaje mínimo legal a 4,5 % en noviembre de 2021, a 4,75% en diciembre de 2021 y a 5,3%

desde febrero de 2022. Con esa última tasa se supera los niveles prepandemia, impulsado principalmente para contener las presiones inflacionarias. (Reporte de inflación, marzo 2022) (Ver Gráfico 7).

Gráfico 7: Tasa de encaje en moneda nacional y extranjera
(% de las obligaciones sujetas a encaje)



Fuente: BCRP

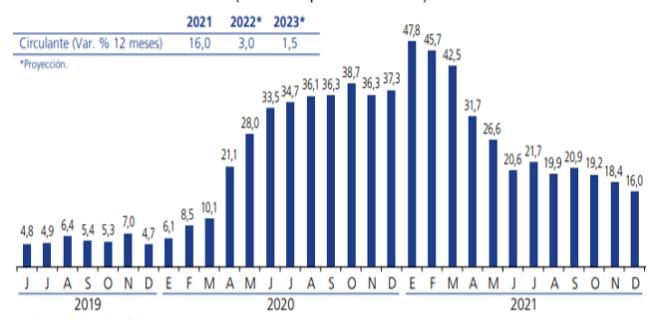
Elaboración: Reporte de inflación, marzo 2022.

3.4.3. Circulante

El BCRP implementó diversas modalidades de inyección de liquidez, las que también apuntan a que se reduzcan las tasas de interés a lo largo de la curva de rendimiento (mayores plazos). Las medidas implementadas giran en torno a: i) Ampliación de plazos de operaciones repo; ii) Ampliación de colaterales y repo de cartera crediticia; iii) Flexibilización de facilidad de ventanilla, entre otros.

Para ello, el BCRP inyectó liquidez a plazos largos y esterilizó a plazos cortos, esto permitió poner una mayor liquidez en el sistema financiero. Así tenemos que la tasa de crecimiento anual del circulante en octubre de 2020 fue 38,7%, superior a la tasa de crecimiento observada en marzo de 2020, de 10,0%. Para el 2021, el circulante creció en 16 por ciento en 2021. Se proyecta que para el 2022 y 2023 la tasa de crecimiento del circulante sea de 3% y 1,5% respectivamente. Con ello, el circulante crecería a un ritmo menor al PBI nominal, regresando a su tendencia prepandemia en el mediano plazo. (Reporte de inflación, marzo 2022) (Ver Gráfico 8)

Gráfico 8: Circulante
(Variación porcentual anual)



Fuente: BCRP

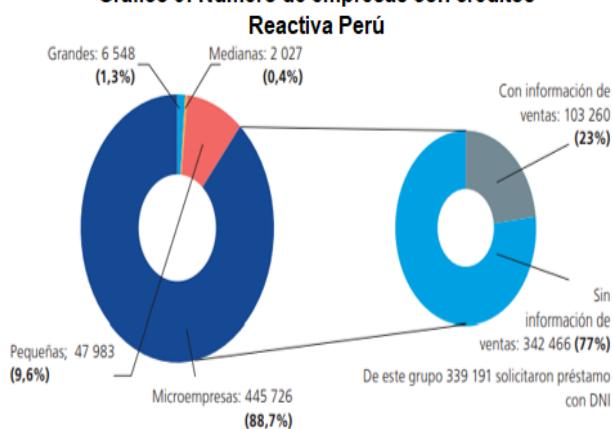
Elaboración: Reporte de inflación, marzo 2022.

3.5. Política fiscal y monetaria: Reactiva Perú

En el 2020, se lanzó muchos programas con el propósito de otorgar liquidez a los agentes económico, pero el que más destaca es el programa Reactiva Perú. Este programa consistió en una inyección masiva de dinero que tuvo como objetivo principal el evitar que se rompa la cadena de pagos y mantener la estabilidad del sistema financiero. Esta medida representó el 13% del PBI. Se considera como una política coordinada, ya que, el BCR provee la liquidez al sistema financiero y el Tesoro Público otorga garantías a dichos créditos, logrando así, tasas bajas de interés. Cabe señalar que el mecanismo de subasta ha ayudado a acelerar el traspaso de la reducción de la tasa de referencia (actualmente en su mínimo histórico de 0,25%) al resto de tasas de la economía. (Reporte de Inflación, diciembre 2020).

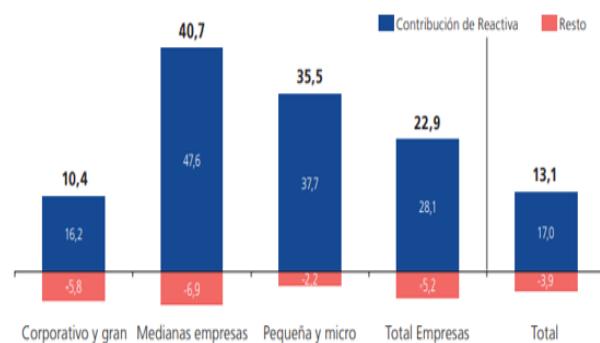
Según información de COFIDE, el total de créditos garantizados al 11 de diciembre del 2020 asciende a S/ 58 094 millones, los cuales han beneficiado a 502 284 empresas, de las cuales 98,3% son micro y pequeñas empresas (MYPE), 0,4% medianas empresas y 1,3% grandes empresas. (Ver Gráfico 9).

Gráfico 9: Número de empresas con créditos



En octubre, el programa Reactiva Perú permitió una mayor expansión del crédito de todos los segmentos empresariales. Así, los créditos al segmento de MYPE crecieron 35,5% (-2,2% si se excluye el efecto de Reactiva Perú), mientras que los créditos a las medianas empresas lo hicieron en 40,7% (-6,9% si se excluye el efecto de Reactiva Perú) y los créditos a grandes empresas y corporativos se elevaron 10,4% (-5,8% si se excluye el efecto de Reactiva Perú). (Reporte de Inflación, diciembre 2020) (Ver Gráfico 10)

Gráfico 10: Crecimiento de los créditos en octubre 2020
(Var % Anual)



Fuente: Balances de Comprobación de las entidades financieras. Elaboración: Reporte de inflación, diciembre 2020.

3.6. Medidas de la Superintendencia de Banca y Seguros (SBS)

Al 31 de octubre de 2020 las sociedades depositarias (que comprenden empresas bancarias, empresas financieras, cajas municipales y cajas rurales) reprogramaron sus créditos por alrededor de S/ 107 mil millones (29% del total de la cartera de las sociedades depositarias), monto inferior al observado en junio (S/ 128 mil millones equivalente al 35,6% de la cartera) explicado por el inicio de pago de las reprogramaciones. A octubre se encontraba reprogramado el 46% de la cartera de pequeñas empresas, el 27% de la cartera de microempresas y el 46% de la cartera de consumo. Así, las reprogramaciones de crédito autorizadas por la SBS permitieron contener el eventual aumento de la morosidad del sistema financiero y que el sistema financiero se vea afectado. (IESF-SBS, diciembre 2020).

Las reprogramaciones se vinieron reduciendo por los pagos de las reprogramaciones que van en línea con la reapertura de las actividades económicas, ya que, al abrirse los negocios y conforme la demanda agregada aumente, los agentes económicos tendrán más posibilidad de pagar sus obligaciones.

3.7. Efectos en principales variables macroeconómicas

Ya teniendo conocimiento de las principales medidas que se tomaron por parte de la autoridad fiscal, monetaria y del sistema financiero, se realizará un análisis de cómo estas medidas ayudaron a mitigar los efectos negativos de la pandemia. Para ello, se analizará cuatro variables, que tiene gran importancia en los agentes económicos. Así tenemos:

3.7.1. Tipo de cambio

El tipo de cambio es una variable importante para el comercio de Perú con el resto del mundo y es de suma importancia que sea lo menos volátil posible. Por ello, el BCRP ha intervenido en el mercado cambiario a través de la subasta de swaps cambiarios venta, de colocación de Certificados de Depósito Reajustables (CDR BCRP) y de ventas en la mesa de negociación, con el objetivo de minimizar la volatilidad en el precio del sol y con ello preservar la estabilidad del sistema financiero y asegurar el correcto funcionamiento de los mercados.

Para el 2020, en los meses de octubre y noviembre se observó una mayor volatilidad del sol, asociada al episodio de vacancia presidencial, que llevó al tipo de cambio a alcanzar un nivel récord histórico (S/ 3,667). Así, entre fines de setiembre y mediados de noviembre de 2020 el sol se depreció en 1,9%, al pasar de S/ 3,600 a S/ 3,667 por dólar; para luego registrar una apreciación de 2,1% al alcanzar a S/ 3,589 por dólar a inicios de diciembre. (Reporte de inflación, diciembre 2020) (Ver Gráfico 11).

En el 2021, el tipo de cambio peruano continúa presentando presiones al alza en el cuarto trimestre de 2021, que se asocia tanto a factores domésticos como externos. En octubre, el tipo de cambio alcanzó un nuevo máximo histórico (S/ 4,138 por dólar el 6 de octubre) debido al impacto del ruido político en las perspectivas de los agentes. (Reporte de inflación, diciembre 2021) (Ver Gráfico 11).

Gráfico 11: Tipo de cambio e intervención cambiaria del BCRP

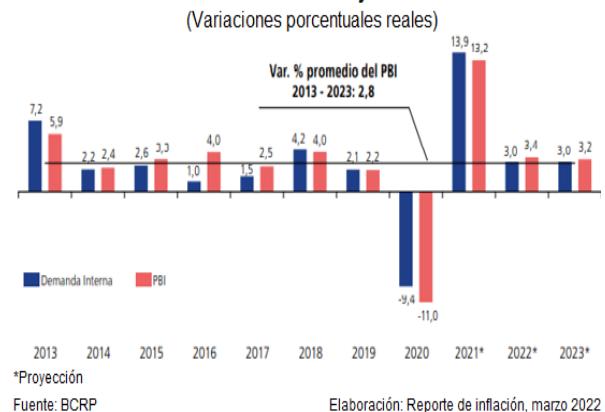


3.7.2. Producto Bruto Interno

Dadas las medidas restrictivas del 2020, el PBI tuvo una tasa de crecimiento negativa de 11%, donde el segundo trimestre fue de menor crecimiento con un 39,1%. A partir del tercer trimestre hubo una recuperación lenta, esto debido a la flexibilización del aislamiento social obligatorio y las medidas excepcionales orientadas a evitar un rompimiento de la cadena de pagos en la economía. (Reporte de inflación, diciembre 2020).

Para el 2021 se espera un crecimiento promedio del 13,2%, y se proyecta que para el 2022 y 2023 también se tendrán tasas de crecimiento positivo. Con esto podemos decir que ya para el 2021 el nivel del PBI se encontró en niveles de pre pandemia. (Reporte de inflación, marzo 2022) (Ver Gráfico 12)

Gráfico 12: Demanda interna y PBI: 2013 - 2023



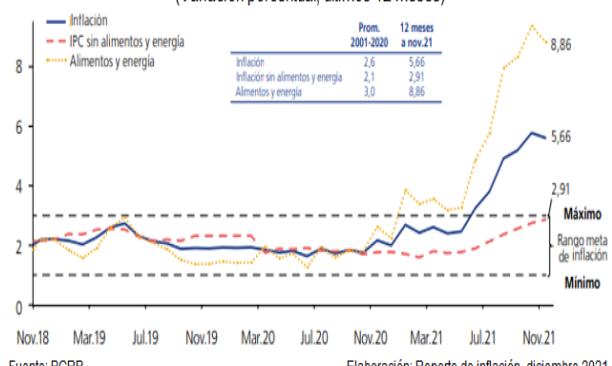
3.7.3. Inflación

La inflación afecta los salarios reales de los agentes económicos, por es importante que se mantenga estable. En el 2020, la inflación interanual aumentó de 1,69% en agosto a 2,14% en noviembre, impulsada por el incremento en el tipo de cambio, mayores costos por las medidas de control sanitario, factores asociados a la pandemia de COVID-19 y otros adicionales de oferta. (Reporte de inflación, diciembre 2020) (Ver Gráfico 13).

Para el 2021, la inflación sin alimentos y energía aumentó de 2,39% a 2,91% en el mismo periodo, manteniéndose dentro del rango meta. Pero si consideramos a la inflación total, se registró que hubo un aumento interanual de 4,95% en agosto y 5,66% en noviembre, impulsado por el mayor precio de los alimentos con alto contenido importado, los combustibles; así como por la depreciación del sol. Los diferentes indicadores tendenciales de inflación se ubican por encima del rango meta y muestran una tendencia al alza. (Reporte de inflación, diciembre 2021) (Ver Gráfico 13).

Gráfico 13: Inflación

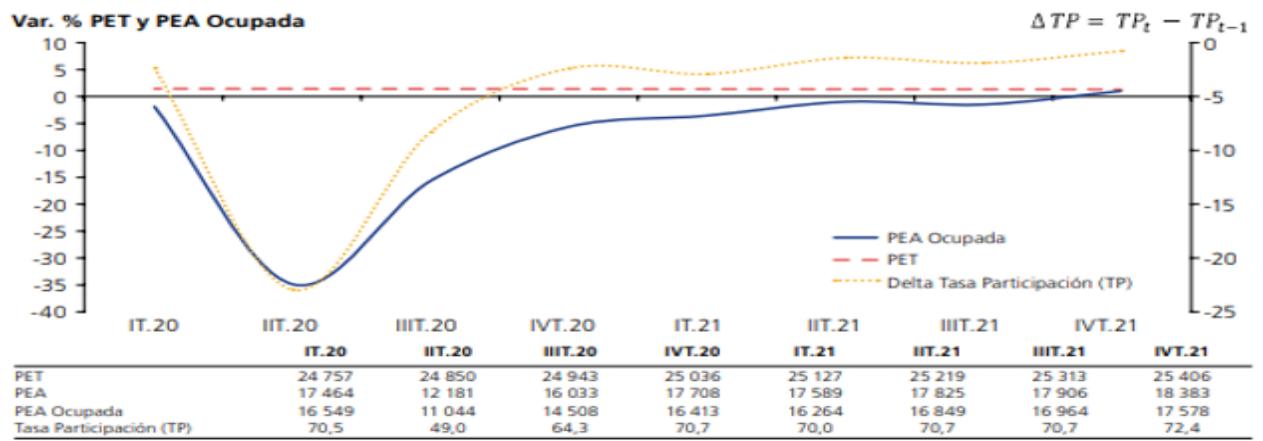
(Variación porcentual, últimos 12 meses)



3.7.4. Empleo

Producto de las medidas para enfrentar el COVID-19, el mercado laboral fue fuertemente afectado en 2020. La inmovilización social obligatoria dificultó la búsqueda de empleo, por lo cual la tasa de participación laboral pasó de 70,5% en el primer trimestre de 2020 a 49,0% en el segundo trimestre de 2020 (5,3 millones de personas dejaron de trabajar o buscar un trabajo). Al cuarto trimestre del 2021, la tasa de participación laboral fue 72,4%, con lo cual prácticamente ha recuperado su nivel prepandemia. (Reporte de inflación, diciembre 2021) (Ver Gráfico 14).

Gráfico 14: PET, Tass de participación y PEA ocupada
(En var. % respecto al mismo periodo de 2019 y puntos porcentuales)



Fuente: INEI

Elaboración: Reporte de inflación, marzo 2022

4. Conclusiones

La política fiscal en Perú fue una de las más agresivas en América Latina, esto debido a la gran fortaleza macroeconómica construida durante los últimos años. En cuanto al gasto público se aplicó principalmente subsidios (entrega de bonos) y respecto a los impuestos se buscó reducir la carga tributaria a familias y empresas. Todo ello hizo que se incrementara la deuda pública y el déficit fiscal, sin embargo, esto no representa mayor peligro macroeconómico dadas las fortalezas del país.

La política monetaria ayudo a que los agentes económicos tengan facilidad para disponer de liquidez y a mantener, lo más estable posible, el tipo de cambio y la inflación. Por ello, se redujo la tasa de referencia a niveles mínimos históricos (0.25%), se redujo la tasa de encaje, se injectó liquidez y se esterilizó en períodos más cortos. Esto permitió mantener el nivel de demanda y oferta agregada y evitar que la cadena de pagos se rompa.

La política implementada por la SBS ayudo a que la crisis no se traslade al sistema financiero, mediante reprogramaciones en los pagos de obligaciones se ayudó a que las tasas de morosidad se reduzcan.

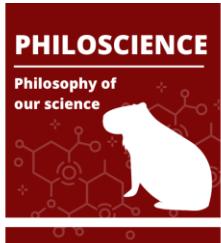
El PBI tuvo la mayor caída en el segundo trimestre del 2020, al caer en 39,1%. Luego de ello, las medidas implementadas y la apertura gradual de la economía permitió que las tasas de crecimiento se incrementen, llegando a niveles prepandemia en el 2021. Por otro lado, el empleo se vio fuertemente afectado, ya que para el 2020 la tasa de participación laboral pasó a 49%. Esto se recuperó al cuarto trimestre del 2021 cuando se llegó a niveles pre pandemia, 72,4%.

En cuanto al tipo de cambio hubo una gran volatilidad en el 2020, debido al ruido político en el país. Para el 2021, la volatilidad aumentó principalmente a factores externos. Por otro lado, la inflación se vio afectada en mayor medida en 2021 debido a factores externos. Todo ello, pese al esfuerzo de las autoridades del país.

Finalmente, es importante destacar que las medidas económicas que tome un país dependerá de la fortaleza macroeconómica que se tiene hasta ese momento, y que el efecto de las políticas será mucho mejor cuando la política fiscal, monetaria y financiera estén bien coordinadas, un ejemplo, es el programa Reactiva Perú.

Referencias

- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Reporte de inflación, diciembre 2020. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2020/diciembre/reporto-de-inflacion-diciembre-2020.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Reporte de inflación, diciembre 2021. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2021/diciembre/reporto-de-inflacion-diciembre-2021.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú (BCRP). Reporte de inflación, marzo 2022. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Reporte-Inflacion/2022/marzo/reporto-de-inflacion-marzo-2022.pdf>
- CEPAL (2021), Balance preliminar de las economías de América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47669-balance-preliminar-economias-america-latina-caribe-2021>
- Dornbusch, R., Fischer, S., & Startz, R. (2015). Macroeconomía (10.a ed.). México D.F.: McGraw Hill. https://www.academia.edu/36311161/Macroeconomia_dornbusch_fischer_y_startz_ed
- Gomero, N., Masuda, V., Saldaña, L. (2021). Gestión Fiscal y Monetaria para la mitigación de los impactos negativos de la pandemia global en Perú. Revista Quipukamayok. Vol 29, 57-66. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quipu/article/view/21698>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la investigación. DF, México: McGraw-Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Marco macroeconómico multianual 2021-2024. https://www.mef.gob.pe/pol_econ/marco_macro/MMM_2021_2024.pdf
- Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). Marco macroeconómico multianual 2022-2025. https://www.mef.gob.pe/contenidos/pol_econ/marco_macro/MMM_2022_2025.pdf
- Superintendencia de Banca, Seguros y AFP. (2020). Informe de Estabilidad del Sistema Financiero. https://www.sbs.gob.pe/Portals/0/jer/pub_Info_rmeEstabilidad/Informe%20de%20Estabilidad%20Financiera_2020_II.pdf
- Taleb, F. (2007). The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable. <https://www.noorbook.com/en/ebook-The-Black-Swan-The-Impact-of-the-Highly-Improbable-pdf>



Recursos naturales en el Perú ¿maldición o bendición?

Natural resources in Peru, curse or blessing?

Diego Armando Umeres Mondragón
Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
Contacto: umeresdiego23@gmail.com

Abstract

After the crisis caused by the pandemic in 2020, the price of the main metals has increased and the projections for the coming years are that they will continue to increase. Added to this is the conflict between Russia and Ukraine that affects the use of these metals as safe haven assets. In this context, the mining sector in our country takes on even more prominence than we are used to. This renewed notoriety is not only accompanied by the rise in prices but also by the recent social conflicts around mining. They question the legitimacy of the thesis that mining has a positive impact through the economic development it generates. The State is one of the main protagonists and has a strong responsibility in this development; however, mismanagement endangers our economic well-being and the mining industry.

Keywords: Natural resources, government and poverty.

Resumen

Tras la crisis provocada por la pandemia el 2020 la cotización de los principales metales ha incrementado y las proyecciones para los próximos años es que sigan aumentando. A esto se suma el conflicto entre Rusia y Ucrania que incide en el uso de estos metales como activos refugio. En este contexto el sector minero en nuestro país cobra aún más protagonismo del que estamos acostumbrados. Esta renovada notoriedad no solo es acompañada por al auge en precios sino también por los recientes conflictos sociales en torno a la minería. Estos cuestionan la legitimidad de la tesis de que la minería tiene un impacto positivo a través del desarrollo económico que genera. El Estado es uno de los principales protagonistas y tiene una fuerte responsabilidad en este desarrollo; sin embargo, las malas gestiones ponen en peligro nuestro bienestar económico y a la industria minera.

Palabras clave: Recursos naturales, gobierno y pobreza.

1. Introducción

En los últimos años los conflictos sociales han aumentado, estando la mayoría de estos relacionados a la minería. Esta situación es preocupante para un país como el nuestro donde el sector minero explica aproximadamente el 15% del PBI, lo cual connota que somos un país fuertemente ligado a la minería y nuestra historia lo reafirma. Este vínculo es gracias a la gran cantidad de recursos minerales con la que contamos, por lo que somos un país bendecido de riqueza en este aspecto.

Esta "bendición" nos ha ayudado a crecer económicamente de manera sostenida las dos últimas décadas; sin embargo, pese a este crecimiento nuestro país no ha alcanzado el desarrollo económico que se esperaría. Por lo que se plantean ciertos cuestionamientos, sobre todo a la hora de ver indicadores de desarrollo en nuestro país. Un claro ejemplo se mostró en la pandemia que desnudó nuestras carencias como país, pues no tenemos sistemas de salud adecuados, gran parte de la población no cuenta

con los servicios básicos, y el 70% de nuestra economía es informal.

El argumento de la bendición de los recursos naturales se debilita aún más si prestamos atención a la cantidad de conflictos sociales que giran en torno a la minería. Según datos de la Defensoría del Pueblo el mes de febrero de este año se registraron 203 conflictos sociales, cifra que viene incrementando desde el 2017 cuando se registró 183 conflictos sociales (Defensoría del Pueblo, 2022).

Surge la duda de si la presencia de recursos naturales es una bendición en todos los aspectos o si por el contrario es la causal de múltiples problemas como la desigualdad, dependencia económica, corrupción, entre otros. Es así como el propósito de este artículo es tratar de analizar el impacto de la minería en el crecimiento y desarrollo económico del país y examinar cómo influye el manejo del Gobierno en este.

El artículo se estructura de la siguiente manera: la primera sección contextualiza la situación actual de la minería en nuestro país. En la segunda se presenta el problema de la maldición de los recursos naturales y algunas de sus particularidades. El tercer apartado analiza al Gobierno de turno y el peligro que puede significar para la inversión minera y el crecimiento económico. Finalmente se muestran las conclusiones de la investigación.

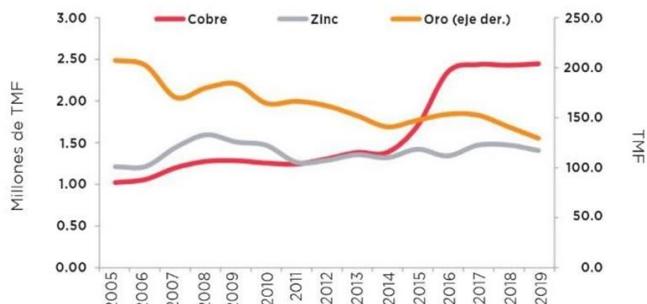
2. Los recursos naturales y el desarrollo económico

La actividad minera es el sector dominante en nuestro país por el aporte a la economía a través de la inversión, el mercado laboral, exportaciones, la recaudación fiscal, etc. Como país productor de minerales somos uno de los países más importantes a nivel internacional, también se nos reconoce como una de las economías con más rápido crecimiento en América Latina. Según el MINEM somos el segundo productor mundial de cobre, plata y zinc; y el primero en Latinoamérica en producción de oro, plomo y otros (Ministerio de Energía y Minas, 2021).

Esta rama de la actividad económica ha estado en expansión en las últimas 2 décadas y ha aportado miles de millones de dólares a las arcas del Estado. Lo que guarda sentido si observamos la producción desde el 2005 de algunos de los principales metales de exportación, siendo la producción cuprífera la que más se ha desarrollado.

Figura 1

Producción de cobre, zinc y oro en TMF, 2005-2019



Nota: El gráfico muestra el desarrollo de la producción de los principales metales de exportación, el cobre es el que presentó mayor crecimiento. Tomado de (Instituto Peruano de Economía, 2021).

El impacto más importante y directo de la minería es a través de la recaudación fiscal por medio de las transferencias de canon y regalías mineras. Pero es preocupante que el gran porcentaje del canon minero que se recibe se concentra en unas pocas regiones que son ricas en estos recursos generando inequidad entre las regiones del país. De acuerdo con el Anuario Minero 2020 elaborado por el Ministerio de Energía y Minas más del 67% de estas transferencias se concentran solo en cinco regiones: Ancash, Tacna, Arequipa, Cusco y Cajamarca (Ministerio de Energía y Minas, 2021, p. 116).

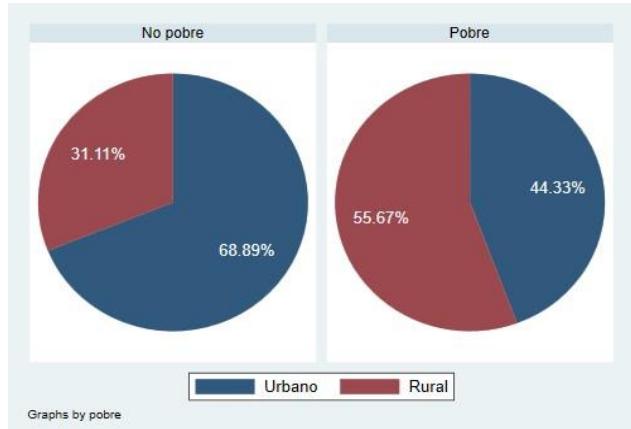
Sin embargo, Cajamarca sigue siendo una de las regiones más pobres del país según el Instituto Peruano de Economía (Instituto Peruano de Economía, 2021). Aún más impactante es que algunas regiones no reciben casi ningún tipo de transferencias como es el caso de Amazonas, Loreto, Madre de Dios, Huancavelica, San Martín, Tumbes entre otras. Las cuales coincidentemente tienen los mayores porcentajes de pobreza en el país, esta desigualdad es otro problema que surge en torno a la minería.

Pero pese a la presencia de recursos económicos en las regiones mencionadas la mala gestión de estos por parte de las autoridades locales pone en riesgo el desarrollo económico que podrían lograr alcanzar. Esta debilidad se debe a factores como: 1) la falta de funcionarios capacitados y competentes 2) falta de planificación de los recursos 3) normativas que ponen trabas a las decisiones de inversión 4) corrupción, etc.

Estos elementos son causantes de inversiones poco eficientes y la mala distribución de los

recursos, lo que afecta sobre todo a las zonas rurales del país donde se encuentra mayoritariamente la población pobre. La idea de que la minería genera el desarrollo esperado se debilita si se analiza la pobreza en la zona urbana y rural. Se aprecia en el gráfico que en el 2020 el 55.67% de la población pobre del país vive en las zonas rurales, cifra que puede haber incrementado tras la pandemia de Covid-19, área donde se localiza la industria minera.

Figura 2
Pobreza en el sector urbano y rural, 2020



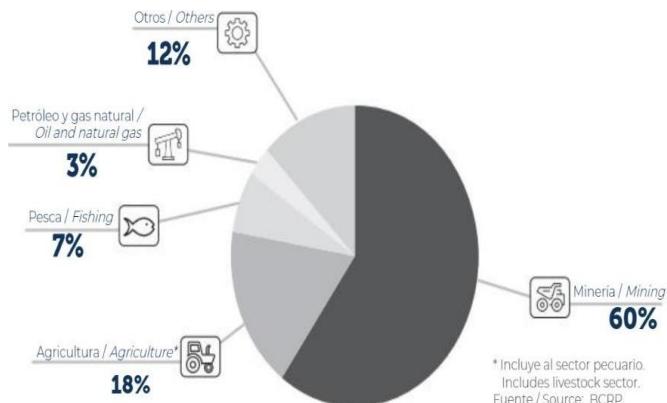
Nota: El gráfico muestra que la pobreza en la zona rural del país al año 2020 es 55.67% y en la zona urbana el 44.33%.
Elaboración propia, INEI.

Sin duda el Estado es en parte culpable de los resultados económicos, pero si no se cambia de visión estos seguirán siendo iguales o probablemente peores pues los recursos naturales no son eternos. Las características mencionadas muchos los definen como la maldición de los recursos naturales que ahora se presentará a detalle.

3. La maldición de los recursos naturales

Los diferentes gobiernos a lo largo de nuestra historia republicana no han tomado importancia a desarrollar otras industrias con mayor valor agregado. Por lo que nos hemos convertido en un país dependiente de este sector el cual es muy volátil y en épocas de crisis puede afectar gravemente los ingresos del país. Para ver mejor esta dependencia podemos analizar la siguiente gráfica que muestra que en el año 2020 el 60% de nuestras exportaciones son realizadas por la minería.

Figura 3
Estructura de exportaciones, 2020



Nota: El 60% del total de exportaciones que se realizaron en el 2020 son del sector de minería. Tomado de (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2021).

Esta dependencia es una de las particularidades de la maldición de los recursos naturales. Esta es definida por Ross como los efectos adversos en el desarrollo económico, social y político que un país rico en recursos naturales puede tener (Ross, 2014). Estos efectos adversos mencionan Sala-i-Martín y Subramanian que son un peligro para la calidad institucional ya que una vez controladas las instituciones es muy poco el efecto positivo que puede tener los recursos naturales en el desarrollo (Sala-i-Martín & Subramanian, 2003).

4. Malas señales del Gobierno

Esta sección se enfoca a analizar cómo el contexto político afecta a las actividades mineras en el país. Como se mencionó anteriormente las cotizaciones de los principales minerales están en récords históricos lo que ameritaría que en el Gobierno se tenga una política clara y se designe funcionarios altamente capacitados para poder aprovechar los buenos precios. Sin embargo, ocurre todo lo contrario en un sector que es tan importante por su aporte a la economía.

En primer lugar, la cartera de Energía y Minas la cual canaliza la mayor parte de la inversión en el país es dirigida por Carlos Palomino Pérez. Este personaje extraído de Perú Libre tiene como mayor logro ser amigo de Vladimir Cerrón, pues no cuenta con estudios universitarios y tiene serios cuestionamientos. De esta forma el Gobierno quiere impulsar la minería y cumplir su palabra de no más pobres en un país rico.

Lamentablemente el problema no solo queda ahí, el pésimo manejo por parte de este Gobierno de los

conflictos sociales es una mala señal para la minería. Hace unos meses ante los conflictos de comunidades en Ayacucho se anunció un plan de cierre de 4 minas lo que generó un clima de inestabilidad y una serie de efectos en la economía.

Pero el ejemplo más claro de la ineptitud del Gobierno está en Las Bambas, un conflicto que lleva desde el 2015, y que ha retomado protagonismo los últimos meses. Es importante recordar que Las Bambas representa el 1% al PBI y el 15% de la producción total del país, lo que la convierte en uno de los más grandes proyectos mineros. Pese a esta gran importancia la mina tuvo que detener sus operaciones por los conflictos mineros, según el diario Gestión estas protestas han hecho que se deje de producir 150.000 toneladas de cobre en el 2021, un golpe muy duro a nuestra industria cuprífera (Agencia Reuters, 2021).

Esta falta de capacidad para negociar genera resultados similares a estos y da una pésima señal a la inversión minera. El Gobierno con sus hechos demuestra una posición anti minera, pero en las palabras dice ratificar su apuesta por la inversión en minería. No parece que se tenga una postura clara y no sería sorpresa que ante nuevos conflictos se cometan los mismos errores. Lo único que se ha logrado es crear un clima de desconfianza y un grave daño a este sector que puede ver amenazado sus nuevos proyectos y la continuidad de estos.

Es ahora más que nunca que el Perú necesita de la minería al igual que la minería necesita del Perú, la pobreza ha aumentado un 10% a causa de la pandemia, la informalidad se ha disparado a cifras igual de preocupantes, y aún sufrimos los rezagos de la pandemia en el sector salud. Los resultados que hemos obtenido de la minería no han sido positivos en todos los aspectos, hay una grave concentración de los recursos en algunas regiones. Por lo que resulta de suma importancia la gestión del Estado para mitigar estas desigualdades y generar un desarrollo sostenible y a largo plazo.

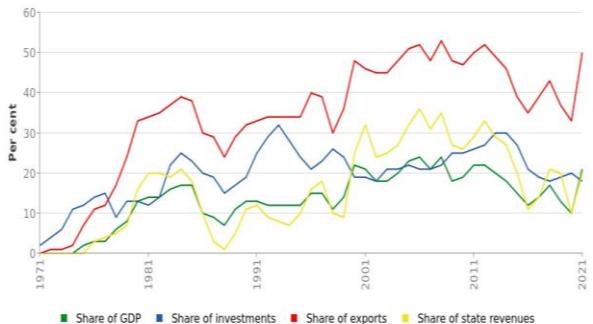
5. Buenas prácticas

Al igual que nuestro país Noruega es otra nación con ingentes cantidades de recursos naturales, en su caso la principal fuente de ingreso se basa en la producción de petróleo, recurso descubierto en la década de los 60. Una de las pocas similitudes que tenemos con Noruega es la fuerte participación de sus recursos naturales en la economía. A través

del gráfico 4 podemos apreciar que por ejemplo el 50% de las exportaciones de Noruega son del sector petrolero, las participaciones de esta industria en el PBI, Inversión e Ingresos rondan el 20%, cifras igualmente altas tratándose de un país desarrollado.

Figura 4

Indicadores macroeconómicos del sector petrolero de Noruega, 1971-2021



Nota: Participación de la industria del petróleo en la economía noruega. Tomado de (Norwegian Petroleum, 2022).

Hasta ahí llegan las similitudes, pues el país europeo es un perfecto ejemplo de la gestión y planificación de los recursos provenientes de la explotación de los recursos naturales. Noruega al 2022 es el país con el fondo soberano de inversión más grande del mundo en el ranking del Sovereign Wealth Fund Institute. Este tipo de fondo según el Fondo Monetario Internacional (2008) se define como aquellas inversiones en propiedad del gobierno que se destinan con fines macroeconómicos para cumplir los objetivos financieros.

Estos fondos son obtenidos principalmente de la actividad petrolera del país cuyos objetivos son: a) ser un mecanismo de ahorro para distribuir los recursos provenientes del petróleo y b) ser una medida protectora ante las fluctuaciones del precio del petróleo.

Indudablemente los recursos naturales son finitos y por tal motivo la acción de contar con fondos como este protege y asegura ingresos a las generaciones futuras. Y el rol del

Estado es clave en la gestión y la planificación de los recursos, pero antes de añorar estar en un contexto similar debemos hacer un cambio en la visión del país, para lo cual es necesario nuevos actores políticos que tengan presente conceptos como la equidad intergeneracional y el desarrollo sostenible. Solo así Perú podrá ser un país distinto, con miras al desarrollo y a las buenas prácticas.

6. Conclusiones

Los actuales precios de nuestros principales metales de exportación podrían ser una bendición si se saben aprovechar. Este contexto favorable puede actuar como remedio temporal a la crisis provocada por la pandemia. Pero nuestra experiencia nos hace cuestionar si estos buenos resultados favorecen al desarrollo económico del país. Los conflictos sociales en torno a la minería pueden ser una señal de una posible enfermedad, la enfermedad de la dependencia económica. Ser un país tan ligado a la minería está causando pobreza, desigualdad, corrupción y conformismo. Estar favorecidos con ingentes cantidades de recursos naturales no servirá de nada si la inefficiencia del Estado sigue presente. Debemos aprender de las buenas prácticas de países desarrollados que también estuvieron en situaciones similares, pero que supieron aprovechar mejor la oportunidad. Noruega surge como un buen ejemplo de la gestión eficiente de los ingresos provenientes de los recursos naturales, su matriz exportadora similar a la nuestra manifiesta que prácticas como los fondos soberanos de inversión son buenas opción para nuestro país.

Referencias:

- Agencia Reuters. (16 de diciembre de 2021). MMG ya detuvo operación en mina Las Bambas tras fracasar diálogos por bloqueos. Obtenido de Gestión: <https://gestion.pe/peru/mmg-ya-detuvo-operacion-en-mina-las-bambas-en-peru-trasfracasar-dialogos-por-bloqueos-noticia/>
- Arellano, J. (2008). Resurgimiento Minero en el Perú: ¿una versión moderna de una vieja maldición? Bogotá: Colombia Internacional.
- Defensoría del Pueblo. (10 de marzo de 2022). Reporte de Conflictos Sociales nº216. Obtenido de Defensoría del Pueblo: https://www.defensoria.gob.pe/?s=Reporte+de+Conflictos+Sociales&post_type=&categorias_de_documentos=&categorias_informes=&categorias_de_resoluciones=&year
- Fondo Monetario Internacional. (2008). International Working Group of Sovereign Wealth Funds, Generally Accepted Principles and Practices. Santiago de Chile. Santiago de Chile.
- González Socha, D., & Hernández Mejía, M. (2016). Buenas prácticas de ahorro e inversión pública en Chile y Noruega, producto de la renta de recursos naturales: Fondos soberanos de inversión. 17.
- Instituto Peruano de Economía. (marzo de 2021). Contribución de la Minería a la Economía Nacional. Obtenido de Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía: <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/contribuci%C3%B3n-de-la-miner%C3%ADa-a-la-econom%C3%ADa-nacional.html>
- Instituto Peruano de Economía. (14 de mayo de 2021). Pobreza 2020: El Perú retrocede 10 años. Obtenido de Instituto Peruano de Economía: <https://www.ipe.org.pe/portal/pobreza-2020-el-peru-retrocede-10-anos/>
- Ministerio de Energía y Minas. (junio de 2021). Anuario Minero 2020. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=634
- Norwegian Petroleum. (16 de febrero de 2022). Macroeconomic indicators for the petroleum sector, 1971-2021. Obtenido de Norwegian Petroleum: <https://www.norskpetroleum.no/en/framework/norways-petroleum-history/>
- Ross, M. (2014). What have we learned about the resource curse? California: The Annual Review of Political Science.
- Sala-i-Martín, X., & Subramanian, A. (2003). Addressing the Natural Resource Curse: an Illustration from Nigeria. Washington: IMF Working Paper.
- Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (octubre de 2021). Reporte Estadístico Minero Energético 2020. Obtenido de Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía: <https://www.snmpe.org.pe/informes-y-publicaciones/reportes-estadisticomineroenergetico/7141-ano-2020-fecha-de-publicacion-noviembre-2021.html>



Cambios en rentabilidad potencial del maíz amarillo duro (*Zea mays*) por la implementación de biofertilizantes

Fernández Salcedo, Franco Isidoro¹

Jacobo Jara, José María²

¹Estudiante de Economía, Universidad Nacional Agraria La Molina

²Estudiante de Economía, Universidad Nacional Agraria La Molina

Abstract

This document presents the research on the profitability of the implementation of biofertilizers for the cultivation of hard yellow corn (*Zea mays*). The potential of the application of biofertilizers to generate greater profitability in the short and long term is analyzed, benefiting both producers and consumers of hard yellow corn, applying the partial budget methodology of Horton (1982) and the Model of surplus of Alston, Norton and Pardey (1995) to evaluate the economic and social benefits, respectively. Likewise, the environmental benefits of the implementation of biofertilizers in the improvement of soil quality will be adopted.

Keywords: Biofertilizers, MAD, surplus method, partial budget

Resumen

Este documento presenta la investigación sobre la rentabilidad de la implementación de biofertilizantes para el cultivo de maíz amarillo duro (*Zea mays*). Se analiza el potencial que tiene la aplicación de los biofertilizantes para generar mayor rentabilidad a corto y largo plazo, beneficiando tanto a los productores como a los consumidores de maíz amarillo duro, aplicando la metodología de presupuesto parcial de Horton (1982) y el Modelo de excedentes de Alston, Norton y Pardey (1995) para evaluar los beneficios económicos y sociales respectivamente. Asimismo, se reconocen los beneficios ambientales de la implementación de biofertilizantes en la mejora de la calidad del suelo.

Palabras clave: Biofertilizantes, MAD, método de excedentes, presupuesto parcial

1. Introducción

El maíz amarillo duro (*Zea mays*) es un cultivo de vital importancia para la alimentación y una potencial fuente de ingresos para los productores, sobre todo si se habla de superficie sembrada. No obstante, la producción no alcanza a satisfacer la demanda nacional, por lo que se recurre a la importación, dejando en evidencia su relevancia en lo que se refiere

a seguridad y soberanía alimentaria (Cabrera & Jara, 2020). Por consiguiente, es necesario la implementación de innovación agraria que mejore la productividad, pero que a la vez tome en cuenta criterios ambientales. Si bien es cierto que las últimas décadas la población ha crecido a una tasa más acelerada que la de incremento de las tierras necesarias para cultivo,

esta diferencia se ha visto compensada por el aumento de la productividad gracias a productos químicos como los fertilizantes; sin embargo, no considera la sostenibilidad de la producción ni el impacto ambiental que genera, volviendo a la agricultura de los últimos años ineficiente y altamente contaminante, trayendo como consecuencia pérdidas de la diversidad biológica, disminución de los recursos forestales, erosión del suelo, cambios climáticos y generando problemas a niveles ecológicos, económicos y sociales (Grageda-Cabrera et al., 2012).

Para el caso peruano, además de afrontar las implicaciones mencionadas, el país se atraviesa una crisis que agrava aún más su situación en la actualidad: El encarecimiento de fertilizantes, agroquímicos y otros insumos importados esenciales para la producción, considerando, además, que Perú es el segundo país más dependiente de América Latina a las importaciones de fertilizantes desde Rusia y Ucrania (Villar, 2022). Actualmente existe un déficit de 180,000 toneladas de urea que pone en riesgo toda la campaña agrícola del 2022-2023 y afecta a más de medio millón de agricultores productores de arroz, maíz, papa y otros insumos que forman parte de la canasta básica en el país. Concretamente, para el caso de la urea, el precio por saco del fertilizante ha pasado de costar S/65 a S/210 en el 2021 (ComexPerú, 2022). De forma general, en 2018 Perú importó 1'574,845 toneladas de distintos fertilizantes por un valor de 460'285,627 dólares, y en 2021 la cantidad aumentó a 1'819.751 toneladas, pero con un valor más alto: 668'318,900 dólares. Casi 200 millones de dólares adicionales por alrededor de 300 toneladas más, generando un impacto contundente en el costo de producción de los agricultores que pone en peligro su sostenibilidad y la seguridad alimentaria del país (Montaño & Jara, 2022).

Frente a este escenario, se evidencia la necesidad de generar cambios y aprovechar las oportunidades de crecimiento que surgen en los períodos de crisis; para el caso del agro peruano, la innovación parece ser la clave del progreso (tal como lo ha sido desde épocas milenarias) al buscar alternativas que mejoren los métodos de producción actuales, siendo el uso de biofertilizantes una de ellas (Montgomery, 2022).

2. Revisión de Literatura

2.1. Maíz amarillo duro en el Perú

Según la publicación de la Dirección de Estudios Económicos, el maíz amarillo duro muestra que la producción del 2022 está dada por los departamentos que mostraron un mayor aumento de siembra de maíz, ellos fueron San Martín (39,2%), Piura (45,0%), Ucayali (30,9%) y Amazonas (5,7%) (Midagri, 2022).

Cabe resaltar que La oferta de maíz amarillo duro está constituida por las importaciones que representan un 77% y un 23% para la producción nacional. Solo en las últimas dos décadas, las importaciones se triplicaron mientras que la producción nacional solo creció en un 33% (Midagri, 2022). La fuerte competencia internacional, los problemas estructurales y la falta de competitividad, son los factores que limitan el desarrollo productivo.

2.2. Biofertilizantes como innovación tecnológica

El continuo crecimiento de la población mundial amenaza la seguridad alimentaria, sobre todo en una era en que la degradación de los ecosistemas, cambio climático, erosión del suelo y la pérdida de diversidad son problemas mundiales latentes (Mitter et al., 2021), ante ello es evidente la necesidad de buscar alternativas innovadoras en procesos naturales, como los que otorgan los microorganismos del suelo y los asociados a las plantas, estos representan una estrategia que podría dar alternativas potenciales a la dependencia de agroquímicos, pues juegan un papel importante en el funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos y la degradación de la materia orgánica. Por ello, los biofertilizantes (fertilizantes basados en microorganismos) son considerados herramientas cruciales de la agricultura sostenible por sus efectos duraderos en la fertilidad del suelo (Mitter et al., 2021).

Concretamente, los beneficios económicos que se pueden alcanzar con la aplicación efectiva de biofertilizantes, se puede tomar el caso de fijación de nitrógeno atmosférico en la caña de azúcar de Brasil con resultados favorables en los rendimientos promedios y ganancias debido al ahorro en el que se incurre evitar usar agroquímicos costosos, demostrando que se puede lograr una aplicación efectiva de biofertilizantes con un elevado valor económico (Martínez-Viera et al., 2010).

A contramano, si bien la oferta en el mercado de biofertilizantes es cada vez mayor en todo el mundo, la calidad y eficacia de muchos no están probados ni testeados. En ausencia de biofertilizantes de calidad eficaz y constante es probable que la sustitución de los fertilizantes clásicos no aumente. Por ello, la disponibilidad de mejores biofertilizantes a través de innovaciones tecnológicas que aumenten su calidad y eficacia debe ser una prioridad, al ser una sobresaliente herramienta para el aumento de producción y rendimiento de los cultivos, sobre todo en países en los que la agricultura representa un papel importante para la seguridad alimentaria y economía (Lesueur et al., 2016)

Por último, a pesar del gran potencial para mejorar la fertilidad del suelo, los biofertilizantes aún no logran reemplazar a los fertilizantes químicos convencionales en la agricultura comercial, sin embargo, su aplicación y práctica se expande en todo el mundo y continúa siendo un tema de investigación que propone nuevos proyectos de innovación en la agricultura, como la búsqueda de cepas multitareas, que se perfila como un biofertilizante del futuro (Singh et al., 2021).

3. Materiales y métodos

3.1. Diseño de Investigación

El objetivo de la investigación es realizar una evaluación ex - ante sobre los beneficios económicos que reportaría la implementación de biofertilizantes en la producción de maíz amarillo duro, se utilizará un diseño no experimental, cuantitativo y de naturaleza transversal.

3.2. Modelística

Se utilizará una versión probabilística del modelo de presupuesto parcial para evaluar el impacto de la implementación de las semillas certificadas a corto plazo. Además, se utilizará el modelo de cambios de excedentes económicos para evaluar los beneficios económicos tras la implementación de la semilla certificada.

3.3. Modelo de presupuesto parcial

Para realizar el análisis de los beneficios para el productor, para la incorporación del biofertilizante en el cultivo del maíz amiláceo, se emplea el modelo de presupuesto parcial (Horton, 1982), realizado en trabajos realizados por Figueroa et al. (2019) y Guillén & La Rosa (2019). Para el cálculo del Índice de Beneficio Costo Marginal de la innovación tecnológica, se compara la suma de ingresos tras la implementación de los biofertilizantes con los costos por la producción con fertilizantes convencionales, y la suma de los ingresos con fertilizantes convencionales con los costos incurridos en la producción de maíz amiláceo con el biofertilizante; posteriormente se realiza la simulación de Montecarlo. Este indicador es:

$$\text{Beneficio/Costo marginal} = \frac{\text{Ingreso nuevo} + \text{Costos abandonados}}{\text{Ingreso abandonado} + \text{Costos nuevos}}$$

Para el análisis de rentabilidad y respectiva simulación de implementación de la innovación tecnológica se incorpora los resultados encontrados por Martínez et al. (2018), donde la aplicación del biofertilizante *Azospirillum brasiliense* contribuiría en una eventual mejora del 27.98% del rendimiento del grano de maíz.

3.4. Modelo de cambios de excedentes

Para evaluar los beneficios económicos generados por la implementación de biofertilizantes, se emplea el modelo de cambios de excedentes económicos, el cual fue desarrollado por Alston et al. (1995), también fue utilizado en el trabajo de Figueroa et al. (2019). Se pretende evaluar los beneficios económicos por el uso masivo de semilla certificada en la producción de maíz amiláceo mediante los cambios en el excedente del productor y del consumidor

$$\Delta CS = P_0 Q_0 Z (I + 0.5Z)$$

$$\Delta PS = (K - Z) P_0 Q_0 (I + 0.5Z)$$

$$\Delta TS = \Delta PS + \Delta CS$$

$$K = ARD \left(\frac{\Delta Y}{\varepsilon_\alpha} - \frac{\Delta C}{I + \Delta Y} \right)$$

$$Z = \frac{K_\varepsilon}{\varepsilon + \text{leta}}$$

C_0 : Cantidad consumida sin la innovación.

ΔY : Diferencia entre rendimiento esperado con semilla certificada y semilla común.

ΔC : Diferencia de costos de semilla certificada y semilla común

Por otra parte, para el desarrollo de los resultados se asumen los siguientes criterios

- Una probabilidad de éxito del 85% para la implementación de innovaciones tecnológicas, utilizadas por Diez et al. (2013).
- Una tasa de adopción utilizada por Rogers (2003) y aplicado también por Urbizagastegui-Alvarado (2019).
- Un valor de 1 para la tasa de depreciación, esto es, que no existe depreciación por ser una innovación tecnológica (Alston et al., 1995).
- El precio esperado del maíz para los consumidores.
- La adopción de las elasticidades de oferta y demanda descritas por Tarazona (2016).
- El panorama de la producción de maíz es de economía cerrada, venta para el mercado interno (Chura et al., 2021).
- Se asume los costos de investigación y transacción descritas por Tarazona (2016).
- Se considera una Tasa Social de Descuento del 8%, al igual que Figueroa et al. (2019).
- Posteriormente se realiza una simulación de Montecarlo.

Donde se tiene que:

ΔCS : Cambio en el excedente del consumidor.

ΔPS : Cambio en el excedente del productor.

ΔTS : Cambio en el excedente total.

ε_α : Elasticidad de oferta del arroz.

η : Elasticidad de demanda del arroz.

K : Desplazamiento proporcional de la oferta.

Z : Variación de precios por nueva tecnología.

R : Probabilidad de éxito de la semilla certificada.

P_0 : Precio sin la innovación.

Q_0 : Cantidad sin innovación.

A : Tasa de adopción.

D : Tasa de depreciación.

Concretamente, los beneficios económicos que se pueden alcanzar con la aplicación efectiva de biofertilizantes, se puede tomar el caso de fijación de nitrógeno atmosférico en la caña de azúcar de Brasil con resultados favorables en los rendimientos promedios y ganancias debido al ahorro en el que se incurre evitar usar agroquímicos costosos, demostrando que se puede lograr una aplicación efectiva de biofertilizantes con un elevado valor económico (Martinez et al., 2010)

4. Resultados

4.1. Presupuesto Parcial

Para analizar los beneficios para el productor, se realiza el análisis de beneficio costo marginal. La Tabla 2 especifica el índice de beneficios costos marginal, así como también, el margen de utilidad, los cuales indican que existe rentabilidad positiva en el uso de biofertilizantes en el cultivo de maíz amiláceo. Mientras que la Tabla 1 a continuación muestra el presupuesto por fertilizante común y por biofertilizante.

Tabla 1. Presupuesto del fertilizante

Detalle	Fertilizante Común	Biofertilizante
Semilla	58.69565217	58.69565217
Fertilizantes	613.9834783	1176.3
Fungicida	34.02304348	34.02304348
Hervicida	31.89304348	31.89304348
Insecticida	34.59956522	34.59956522
Mano de Obra	1337.986087	1337.986087
Maquinaria	614.4121739	614.4121739
Total Costos	2725.593043	3287.909565
Precio	0.519576618	0.519576618
Producción	8747.555556	11195.1216
Total Ingresos	4545.025332	5816.72342

Tabla 2. Análisis Beneficio – Costo Marginal del MAD

Concepto	Valor
Beneficios	
Ingresos nuevos (uso de biofertilizantes)	5816.72342
Costos abandonados (situación Actual)	2725.593043
Total de beneficios	8542.316463
Costos	
Ingreso abandonado (situación actual)	4545.025332
Costos nuevos (uso de biofertilizantes)	3287.909565
Total de costos	7832.934897
Índice de beneficio – costo marginal	1.090563955
Margen de utilidad	709.381566

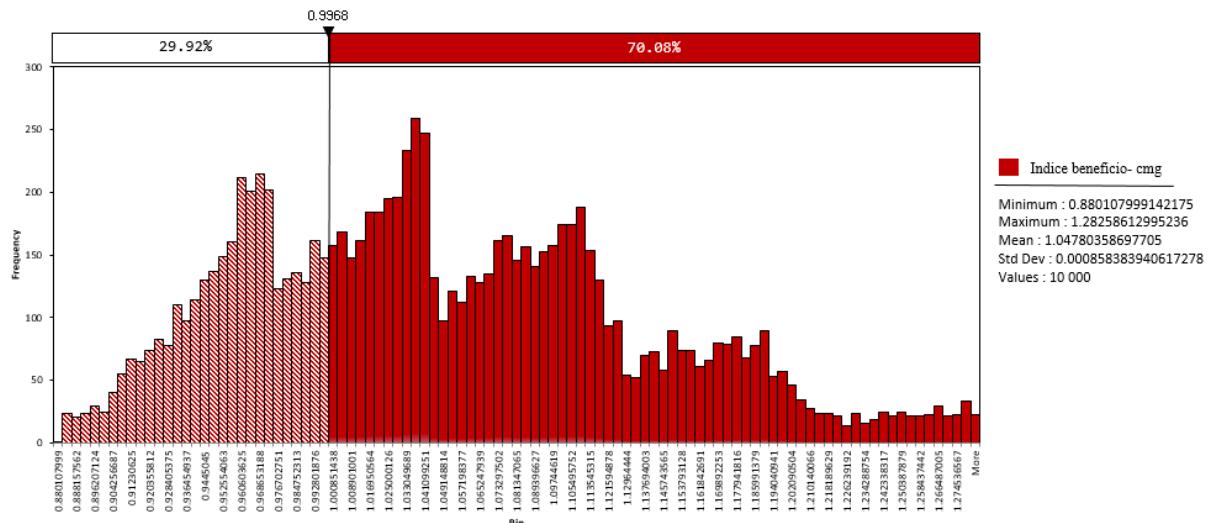


Figura 1. Simulación montercarlo

Mediante el software *@risk* se realizó la simulación de Montecarlo, con un total de 10,000 iteraciones. Las variables de salidas son el ratio de beneficio costo marginal y el margen de utilidad.

4.2. Discusión de resultados

Respecto a la investigación sobre la implementación de biofertilizantes en el cultivo de maíz amarillo duro, se pudo observar que los resultados de los beneficios económicos son positivos, y un margen de utilidad que supera favorable en base a la información obtenida, que es del 70.08% de las simulaciones realizadas en la cual existe rentabilidad positiva al momento de hacer uso de biofertilizantes en el cultivo de maíz amarillo duro. Esto se puede concluir que sí se justificaría la implementación del uso de biofertilizantes para el maíz amarillo duro, en un sentido económico.

5. Conclusiones

A partir de lo expuesto a lo largo de todo el documento, se puede concluir que la implementación de los biofertilizantes para el uso del maíz amarillo duro se justifica en un sentido económico, a partir de los resultados del modelo de presupuesto parcial, que se obtienen beneficios y margen de utilidad positivos en la implementación de los biofertilizantes para el cultivo, coincidiendo con lo investigado por Martínez et al. (2018).

Finalmente, con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se recomienda realizar una mayor investigación de la innovación en el Perú con la finalidad de poder divulgar e implementar el uso de biofertilizantes entre los agricultores del país, esto debido a los tantos beneficios expuestos a lo largo del documento en el ámbito económico, social y ambiental.

6. Bibliografía

Alston, J. M., Norton, G. W., & Pardey, P. G. (1995). Science under scarcity: Principles and practice for agricultural research evaluation and priority setting. Cornell University Press.

Cabrera, A., & Jara, T. (2020). Manual Técnico del Cultivo de Maíz Amarillo Duro. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <http://pgc-snia.inia.gob.pe:8080/jspui/handle/inia/1057>

Chura, J., García, G., & Sevilla, R. (2021). APTITUD COMBINATORIA DE LA VARIEDAD DE MAÍZ (*Zea mays L.*) Amiláceo PMD-638. Anales Científicos, 82(2), 180-187. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i2.1762>

ComexPerú. (2022, abril 19). Escasez de fertilizantes en el Perú: Amenaza para nuestra agricultura. Sociedad de Comercio Exterior del Perú. <https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura>

- Diez, R., Gómez, R., & Varona, A. (2013). Análisis de metodologías de evaluación antes y después de cambios tecnológicos: El caso de la liberación de los organismos genéticamente modificados en Perú. *Fórum Empresarial*, 18(1), 27-56.
- Espinoza, J., Pajarito, A., Gaytán, A., Triana, M., & Ruiz, J. (2014). Evaluación económica de la utilización de biofertilizantes en parcelas de productores de frijol fe temporal en el Estado de Durango, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 35, 934-945.
- Figueroa, L., Diez M, R., Gómez, R., & Linares, A. (2019). Beneficios económicos de la semilla certificada en la producción de arroz (*Oryza sativa*) en Perú. *Anales Científicos*, 80(2), 437. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1459>
- Grageda-Cabrera, O. A., Díaz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, J. A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1261-1274.
- Guillén, L., & La Rosa, M. (2019). El impacto económico de la regulación ambiental en la producción de papa en Barranca, Lima. *Anales Científicos*, 80(2), 409. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i2.1457>
- Horton, D. (1982). Análisis de presupuesto parcial para investigación en papa al nivel de finca. *Centro Internacional de la Papa (CIP)*, 16.
- Lesueur, D., Deaker, R., Herrmann, L., Bräu, L., & Jansa, J. (2016). The Production and Potential of Biofertilizers to Improve Crop Yields. En N. K. Arora, S. Mehnaz, & R. Balestrini (Eds.), *Bioformulations: For Sustainable Agriculture* (pp. 71-92). Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2779-3_4
- Martínez, L., Aguilar, C., Carcaño, M., Galdámez, J., Morales, J., Martínez, F. B., Llaven, J., & Gómez, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays l.*) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 026-037. <https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>
- Martínez-Viera, R., Dibut, B., & Yoania, R. (2010). Efecto de la integración de aplicaciones agrícolas de biofertilizantes y fertilizantes minerales sobre las relaciones suelo-planta. *Cultivos Tropicales*, 31(3), 00.
- Mitter, E. K., Tosi, M., Obregón, D., Dunfield, K. E., & Germida, J. J. (2021). Rethinking Crop Nutrition in Times of Modern Microbiology: Innovative Biofertilizer Technologies. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 606815. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606815>
- Montaño, F., & Jara, M. (2022, mayo 29). *Escasez y alza global de precios en fertilizantes afecta producción de alimentos en Perú y Chile*. Ojo Público. <https://ojopublico.com/3525/alza-del-precio-de-fertilizantes-afecta-la-agricultura-en-peru-y-chile>
- Montgomery, L. (2022, junio 22). *Metodologías de innovación: La clave para potenciar los productos y los procesos del agro peruano*. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/metodologias-de-innovacion-la-clave-para-potenciar-los-productos-y-los-procesos-del-agro-peruano>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (Free Press).
- Singh, D., Thapa, S., Geat, N., Mehriya, M. L., & Rajawat, M. V. S. (2021). Biofertilizers: Mechanisms and application. En *Biofertilizers* (pp. 151-166). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821667-5.00024-5>
- Tarazona, C. (2016). *Rentabilidad del maíz amarillo duro (*Zea mays*) resistente al gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en la costa del Perú*. [Tesis para optar el título de economista]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Urbizagastegui-Alvarado, R. (2019). El modelo de difusión de innovaciones de Rogers en la bibliometría mexicana. *Palabra Clave (La Plata)*, 9(1), e071. <https://doi.org/10.24215/18539912e071>
- Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>
- Villar, P. (2022, mayo 19). *Crisis de fertilizantes en Perú, una amenaza muy cercana: ¿Cómo enfrentarla?* Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/2022/04/26/la-escasez-de-fertilizantes-en-peru-es-real-como-impactara-y-como-enfrentarla/>

Revista:

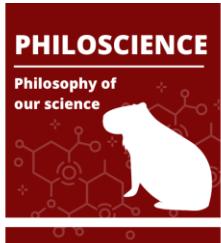
Behavior and neuropsychology

Edición: 1 | Octubre, 2022

Psicología y Neurociencias

En esta edición:

Se analiza y se discuten cuestiones como la naturaleza de la conciencia, la responsabilidad moral en la toma de decisiones y la ética en la investigación neurocientífica.



Factores de la deserción escolar en el Perú durante la pandemia

Factors of school dropout in Peru during the pandemic

*Maria Lourdes García Ahumada
Universidad Marcelino Champagnat
Contacto: malu260295@gmail.com*

Abstract

School dropout in Peru is a problem that exists to this day and has affected many students at both primary and secondary level. In the COVID 19 pandemic, due to the confinement measures, this situation reflected the social inequality gap that exists in Peru, since the most affected sector was the rural areas, due to the lack of internet connection, as well as mobile networks and/or electricity in some cases, being main factors for both children and adolescents to abandon their studies. For this reason, the current research seeks to show the current reality of school dropout in Peru and to analyze the main factors that influence it. The bibliographic research method was used, using different sources of studies on the subject. The conclusions of the research are based on showing whether an increase or a decrease in the percentage of school dropouts in Peru was found and indicating its factors, being aspects that influence the context of the study.

Keywords: school dropout, factors, rural areas, urban areas, pandemic, children, adolescents, Perú.

Resumen

La deserción escolar en el Perú es una problemática que existe hasta la actualidad y que ha afectado a muchos estudiantes tanto de nivel primario como secundario. En la pandemia por el COVID 19 se reflejó la brecha de desigualdad social que hay en el Perú, ya que el sector más afectado fue las zonas rurales, debido a la falta de conexión de internet, redes móviles y/o electricidad en algunos casos, siendo factores principales para que algunos niños y adolescentes abandonen sus estudios. La actual investigación busca dar a conocer la realidad de la deserción escolar en el Perú y analizar los principales factores que influyeron en ello. Para tal fin, se empleó el método de investigación bibliográfico, utilizando 14 diferentes estudios, nacionales e internacionales, referentes a la deserción o abandono escolar antes y durante la pandemia, la educación en América Latina y el Caribe, y la pobreza en el Perú y su relación con la educación. Las conclusiones de la investigación están basadas en mostrar si se encontró un incremento o una disminución porcentual de deserción escolar en el Perú e indicar sus factores, siendo aspectos que influyen en el contexto de estudio.

Palabras clave: deserción escolar, factores, zonas rurales, zonas urbanas, pandemia, niños, adolescentes, Perú.

1. Introducción

En enero de 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró una emergencia de salud pública de preocupación internacional debido a la pandemia por COVID-19 (Organización Panamericana de la Salud, sf). Una de las principales medidas implementadas por los

gobiernos internacionales, para evitar la propagación del virus, fue el confinamiento social obligatorio. Ello tuvo un impacto en diversas áreas, siendo una de las más afectadas, el sector educativo, ya que este se vio obligado a cerrar sus puertas en la segunda quincena de marzo 2020 y desarrollar las clases bajo la modalidad virtual. Esta modalidad generó que tanto educadores como

alumnos tuvieran que adaptarse a una nueva situación, que, si bien tuvo aspectos positivos, también trajo consigo efectos negativos, como el incremento de deserción escolar.

Las brechas sociales en el Perú son un problema que siempre existió; a raíz de la pandemia, esta no pasó desapercibida, ya que fue una causal de deserción escolar, marcándose una diferencia entre la educación en zonas rurales y urbanas. De acuerdo con el Ministerio de Educación (MINEDU), en el año 2021 unos 124,533 escolares interrumpieron sus estudios, siendo 77,847 (62.5%) de instituciones educativas públicas y 46,686 (37.5%) privadas. Así mismo, según un estudio realizado por Groupe Speciale Mobile Association (GSMA) en las regiones de Amazonas, Cajamarca, Loreto, San Martín, Huánuco, Huancavelica, Ayacucho y Apurímac, entre el 75% y 90% de hogares no tienen acceso a Internet, siendo esta una de las razones de la deserción escolar.

De acuerdo con la Unesco, 2020, citada por Bárcena, 2021, la tasa de abandono escolar en los siguientes años aumentaría a 3,1 millones, tomando una muestra de 30 países. Esto demuestra que es una problemática presente en diferentes partes del mundo, siendo tema de investigación. Entre los países con porcentaje de deserción escolar entre 50% y 60% se encuentran Chile, Colombia, Uruguay, Panamá y Perú, tal como lo indica Plan Internacional 2021. En otros países también se ha percibido esta problemática, alguno de ellos a raíz de la pandemia, mientras que otros desde antes; este es el caso del Ecuador, en el cual un último estudio lo define:

Como uno de los problemas que afecta al sistema educativo, que en su mayoría se evidencia en los sectores pobres, población rural, exclusivamente en

estudiantes de la básica superior y bachillerato. Los problemas socioeconómicos en las familias vulnerables son frecuentes y es parte de la deserción escolar de muchos niños, niñas y adolescentes, al no disponer de recursos necesarios les impide la formación en el sistema educativo, siendo muchos obligados a incorporarse en el mercado laboral, para sustentar la alimentación y supervivencia para la calidad de vida (Pachay y Rodríguez, 2021).

Por otro lado, en Chile las cifras obtenidas en el año 2020 por Ministerio de Educación indicaban que más de 186 mil niños(as) y jóvenes de entre 5 y 21 años abandonaron el sistema escolar, mientras que en el 2021 esta cifra aumentó 40 mil estudiantes que no llegaron a matricularse (Escobar, 2021). Es por ello que la siguiente investigación busca dar a conocer la realidad actual de la deserción escolar en el Perú y analizar los principales factores socioeconómicos que influyen en la deserción escolar.

2. La educación escolar en tiempos de pandemia

2.1. Número de alumnado en instituciones privadas y públicas

A raíz de la pandemia, muchas personas se quedaron sin trabajo, siendo uno de los motivos por los que muchas familias vieron la necesidad de cambiar a sus hijos, de escuela pública a una privada, esto se muestra en la (tabla 1). Ahí se puede observar un incremento de alumnado matriculado en el 2020 en el sector público, tanto de nivel inicial, primario y secundario, mientras que en el sector privado se presentó una disminución considerable.

Tabla 1. Matrícula escolar en el sistema educativo, según nivel, modalidad y sector, 2010 – 2020.

Sector	2019	2020
Educación Inicial	Sector Público	1 281.1
	Sector Privado	487.7
Educación Primaria	Sector Público	2 728.9
	Sector Privado	938.2
Educación Secundaria	Sector Público	1 965.5
	Sector Privado	623.3
Total	Sector Público	5 975.506
	Sector Privado	2 049.2

Nota. Estadísticas Reportadas del INEI (sf).

2.2. La deserción escolar

De acuerdo con García, 2010, la deserción escolar es consecuencia del cúmulo de factores como desigualdades socioeconómicas, culturales, de género e internos en las unidades educativas.

La deserción escolar afecta mayormente a estudiantes de zonas rurales, hablantes de lenguas originarias y a niñas y adolescentes mujeres. El Banco Mundial (citado por RPP, 2021) indica que, “en los países con ingresos bajos, menos de dos tercios de las niñas termina la escuela primaria y 3 sólo 1 de cada 3 completa el primer ciclo de la escuela secundaria”.

2.3. Factores de Deserción en Tiempos de Pandemia

La deserción escolar es un problema estructural y educativo que se busca combatir año a año; sin embargo, la pandemia por el COVID-19, potencialmente ha incrementado el riesgo de que algunos estudiantes abandonen sus estudios, ya sea temporal o permanentemente. En el Perú, “son 8,2 millones de estudiantes matriculados en el 2020 en la Educación Básica Regular y Educación Básica Especial; sin embargo, 705000 niñas, niños y adolescentes han interrumpido sus estudios o han estado en riesgo de hacerlo entre el 2019 y 2020, lo cual representa el 8,6 % de la población estudiantil mencionada” (MINEDU, 2021). Según la Encuesta Nacional de Hogares (ENAHO, citado por RPP, 2021) en el segundo trimestre del 2020, los principales motivos por los que los escolares abandonaron la educación básica regular fueron los problemas económicos (75.2%), los problemas familiares (12.3%) y la falta de interés (4%), entre otros. Por su parte, el Ministerio de Educación (MINEDU, 2021) indica que entre los factores que la desencadenan son:

Los Problemas Económicos de las Familias. De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) indicó que “En el año 2021, la pobreza monetaria afectó al 25.9% de la población del país, nivel menor en 4,2 puntos porcentuales al compararlo con el año 2020 (30.1%), periodo en el cual se registró una paralización parcial de varias actividades económicas asociadas al COVID-19; la cifra de pobreza en el año 2021, aún no alcanza lo registrado en el año 2019 (20.2%), siendo mayor en 5,7 puntos porcentuales respecto al año 2019” (INEI, 2022). Así mismo, precisó que en el 2021 el 39.7% de la población del área rural se vio afectada y mientras que en el área urbana fue un 22.3%, viendo un aumento de 7,7 puntos porcentuales en comparación con el año 2019. Se debe tomar en

cuenta que en el mismo año el 12.1% de la población de áreas rurales vivía en extrema pobreza, cifra que creció 2,3 puntos porcentuales en el 2019. Por otro lado, el INEI reveló que el 35.4% de la población que se encontraba en condición de pobreza tenía entre 0 a 17 años, y del cual el 91.2% son niños y niñas de 6 a 11 años que recibieron clases a distancia, mientras que la población de entre 12 y 17 años fue 78.2%. La posesión de equipamiento y acceso a tecnologías de información en los hogares pobres en el caso de Internet pasó de 18% a 28% entre los años 2020 y 2021 (INEI, 2022). Siendo estas cifras, referentes para conocer la realidad de muchos niños y adolescente, y uno de los posibles factores de deserción escolar.

Bajo Interés por la Educación. De acuerdo con el INEI (2022) señaló que entre los meses de octubre y diciembre de 2021, en el área rural se observó la población entre 14 y 17 años que estudiaba y trabajaba era 46%; solo estudiaba 38.8% y solo trabajaba 10.2%. Estas cifras indicaron que un porcentaje de adolescentes tenían la necesidad de priorizar si estudiar o trabajar, optando apoyar a sus familiares, aportando un ingreso económico extra o haciéndose cargo de las responsabilidades del hogar, postergando o dejando definitivamente sus estudios. En algunos casos en los que había más de un escolar en la familia se prioriza la educación primaria que secundaria.

Escaso Apoyo Familiar sobre Asuntos Escolares. Tal como se ha señalado anteriormente, muchos escolares no cuentan con el apoyo de la familia, ya que debido a su realidad económica piden apoyo tanto haciéndose cargo de las tareas del hogar, cuidando a los hermanos menores y/o apoyando en el trabajo de campo. Otro punto importante es la escasa educación de los padres y/o cuidadores porque muchos de ellos no culminaron sus estudios o no cuentan con conocimientos suficientes para apoyar y/o guiar a sus hijos en tareas escolares. Finalmente, hay padres de familia que trabajan a tiempo completo sin contar con tiempo libre suficiente para apoyar o ver el avance de sus hijos.

Violencia Escolar o/e Intrafamiliar. El nivel de violencia ha aumentado a medida que las familias se ven obligadas a quedarse en casa debido a la pandemia del COVID-19. Solamente entre el 10 de marzo, cuando comenzó la cuarentena, hasta el 10 de mayo, más de 30,000 llamadas saturaron la línea de ayuda para denunciar violencia doméstica. De acuerdo con Stephany Orihuela, especialista en protección infantil y psicóloga en Aldeas Infantiles SOS Perú, “Esto tiene efectos graves en el comportamiento de los niños, como problemas emocionales, bajo rendimiento escolar y la

normalización de la violencia" (Kaiser, 2020). Por otra parte, según el Observatorio Internacional de acoso escolar, dependiente de la ONG Internacional Bullying Sin Fronteras (sf) en Perú, entre enero de 2020 y diciembre de 2021 se reportaron 15 558 casos de acoso escolar o bullying. Así mismo, los casos de ciberacoso escolar reportados durante la pandemia, según el Ministerio de Educación (MINEDU, 2021) a través de su plataforma virtual contra la violencia escolar SíSeVe, fueron de 341, comprobando que es un problema que perturba la nueva modalidad educativa implementada (clases virtuales) y amenaza la salud mental de muchos estudiantes.

Dificultades para Comunicarse con el Estudiante y su Familia. Muchas instituciones tienen problemas para comunicarse con las familias y los estudiantes, ya sea para dar a conocer el rendimiento escolar o para indicar los puntos que debe mejorar. Esto se debe a que muchas familias de las zonas rurales no cuentan con acceso telefónico, así mismo los familiares muchas veces trabajan todo el día fuera de casa, siendo una de las causas que dificulta la comunicación entre docente, alumno y/o familiar. Por su parte, muchos de los profesores no se abastecen para comunicarse con cada alumno y/o familiares al cuidado de ellos.

Se encuentran condiciones más delicadas como:

Necesidades Educativas Especiales Asociadas a Discapacidad. Según el Sistema de Información de Apoyo a la Gestión de la Institución Educativa del Ministerio de Educación (MINEDU, 2021) en el año 2021, 20 721 estudiantes con discapacidad fueron matriculados en Educación Básica Especial (EBE) y 63 191 en Educación Básica Regular y Educación Básica Alternativa en instituciones públicas y privadas. Ese mismo año hubo un total de 555 instituciones educativas públicas y privadas dedicadas a la educación especial, entre los Centros de Educación Básica Especial (CEBE) y los Programas de Intervención Temprana (PRITE) en las que laboraban 3337 docentes.

Brecha de Género. De acuerdo con Plan Internacional 2021, en el 2018 el 24.1% son mujeres peruanas entre los 25 a 29 años que no culminaron su educación secundaria, en comparación al 19.9% de los hombres, a ello se suma el índice de analfabetismo teniendo como resultados un 8.3% de mujeres mayores de 15 años que no sabe ni leer ni escribir, siendo mayor que la de los hombres (2.9%).

Embarazo Adolescente y/o Maternidad o Paternidad Temprana. Según la Mesa de Concertación para la

Lucha contra la Pobreza, citada por La República, 2022, en el primer trimestre del 2022 se registró 231 casos de embarazo en menores de 15 años, 33% más casos que el año 2021.

Otro de los problemas es "la brecha de conectividad agudiza más las consecuencias negativas en el sector, pues aproximadamente 2,4 millones de estudiantes (69 %) de servicios educativos públicos de 4° de primaria a 5° de secundaria no tienen computadora con internet, lo que dificulta su acceso a la educación remota. Por otro lado, se observa que el 36,3 % de locales educativos (19 965) tiene acceso a internet" (MINEDU, 2021).

2.4. Medidas del gobierno durante la pandemia

En Perú, en marzo del 2020, el gobierno dictaminó la suspensión de las clases presenciales de todas las instituciones educativas a nivel nacional, por lo que las clases se realizaron en modalidad virtual. Sin embargo, según el INEI, citada por Lechleiter y Vidarte, 2020, sólo el 39% de los hogares a nivel nacional tiene acceso a Internet y en la zona rural solo el 5%. Es por ello que se implementó el programa "Aprendo en casa" como estrategia innovadora de educación a distancia para los niveles inicial, primaria y secundaria.

Según la UNESCO, 2020, "En el Perú, más de 335 estaciones de radio emiten el programa Aprendo en casa, destinado a alumnos y alumnas de zonas rurales y remotas, y a alumnos y alumnas de hogares desfavorecidos". Es una iniciativa de enseñanza virtual creada por el MINEDU con la colaboración de organismos privados, agencias multilaterales, en alianza con los ministerios de educación de la región, así como empresas nacionales de radio y televisión, las encargadas de la transmisión de contenidos (Lechleiter y Vidarte, 2020).

3. Discusión

Como se evidenció anteriormente, la deserción escolar es un problema que está presente en mayor o menor porcentaje en diferentes países a nivel mundial. En Perú, si bien se evidenció que el porcentaje de deserción escolar no es tan elevado a comparación a otros países, de acuerdo con Plan Internacional, 2021, aún se manifiesta entre 50% y 60% al igual que Chile, Colombia, Uruguay y Panamá. Así mismo, el mayor porcentaje de estas cifras están asociadas a factores socioeconómicos, los cuales abarcan a su vez otros problemas más específicos. Es por ello, que se comprobó que entre las causas más comunes se encuentra la

desigualdad socioeconómica, la cual se vio reflejada durante la pandemia del COVID-19.

Otros de los factores de deserción escolar observados durante la pandemia fue la violencia intrafamiliar y escolar, ya que según indicó Kaiser, 2020, solamente entre el 10 de marzo al 10 de mayo del 2020, más de 30,000 llamadas se recibió en la línea de ayuda para denunciar violencia doméstica. También en enero del mismo año, a diciembre de 2021, se reportaron 15 558 casos de acoso escolar o bullying de acuerdo con el Observatorio Internacional de acoso escolar, dependiente de la ONG Internacional Bullying Sin Fronteras (sf). Por su parte, el Ministerio de Educación (MINEDU, 2021) señaló que se reportaron 341 casos de ciberacoso escolar durante la pandemia, a través de su plataforma virtual contra la violencia escolar SíseVe.

Por otra parte, de acuerdo con el Sistema de Información de Apoyo a la Gestión de la Institución Educativa del Ministerio de Educación (MINEDU, 2021) en el año 2021 funcionaban 555 instituciones educativas públicas y privadas dedicadas a la educación especial, demostrándose una brecha respecto al número de instituciones educativas públicas y privadas regulares.

4. Conclusiones

En conclusión, se observó existe evidencia que durante la pandemia del COVID-19, en algunos casos los factores de deserción escolar han incrementado sus niveles, mientras que, en otros, se ha evidenciado los problemas y deficiencias existentes en el país. Así mismo, se observó que no existen muchos estudios sobre educación pública y privada dedicada a la educación especial, lo cual no ha permitido tener una cifra exacta de deserción escolar en este sector; es por ello, que se sugiere ampliar este campo de investigación.

Bibliografía

Bárcena, A. (2021). Educación en América Latina y el Caribe: La crisis prolongada como una oportunidad de reestructuración.
https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/version_final_presentacion_se_educacion_13-10-2021_0.pdf

Escobar, C. (2021). Abandono escolar en pandemia. Universidad de Chile. <https://uchile.cl/u175532>

García, S., Monsalve, C., y Sánchez, F. (2010). Deserción y Repetición en los primeros grados de la básica primaria: factores de riesgo y alternativas de política pública.
https://www.academia.edu/7975759/Deserci%C3%B3n_y_repetici%C3%B3n_en_los_primeros_grados_de_la_b%C3%A1sica_primaria_factores_de_riesgo_y_alternativas_de_pol%C3%ADtica_p%C3%BAblica

Instituto Nacional de Estadística e Informática. sf. St. <https://m.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/education/>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). Pobreza afectó al 25,9% de la población del país en el año 2021.
<https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-072-2022-inei.pdf>

Kaiser, A. (2020). Violencia doméstica: la otra pandemia en el Perú. Aldeas Infantiles SOS Perú.
<https://www.aldeasinfantiles.org.pe/noticias/violencia-domestica-la-otra-pandemia-en-el-peru>

Lechleiter, M y Vidarte, R. (2020). The Peruvian education system: seeking quality and equity during COVID-19 times. <https://world-education-blog.org/2020/04/07/the-peruvian-education-system-seeking-quality-and-equity-during-covid-19-times/>

Ministerio de Educación. (2021). Plan Nacional de Emergencia del Sistema Educativo Peruano - Segundo Semestre 2021 – Primer Semestre 2022 DS 014-2021-MINEDU.
<https://www.gob.pe/institucion/cne/informespublicaciones/2174406-plan-nacional-de-emergencia-del-sistema-educativo-peruano-segundo-semestre-2021-primer-semestre-2022-ds-014-2021-minedu>

Ministerio de Educación. (2021). Plataforma SíseVe reporta casos de ciberacoso escolar durante la pandemia.

<https://www.gob.pe/institucion/minedu/noticias/490479-plataforma-siseve-reporta-casos-de-ciberacoso-escolar-durante-la-pandemia>

Ministerio de Educación. (2021). Más de 80 mil estudiantes con discapacidad están matriculados en la Educación Básica.
<https://www.gob.pe/institucion/minedu/noticias/545470-mas-de-80-mil-estudiantes-con-discapacidad-estan-matriculados-en-la-educacion-basica>

ONG Internacional Bullying Sin Fronteras. (sf). Estadísticas de building en Perú 2020/2021. 15.558 CASOS.
<https://bullyingsinfronteras.blogspot.com/2017/04/estadisticas-de-bullying-en-peru-bullying-sin-fronteras.html>

Organización Panamericana de la Salud. (sf). Enfermedad por el Coronavirus (COVID-19).
<https://www.paho.org/es/enfermedad-por-coronavirus-covid-19>

Plan internacional. (2021). Conoce las alarmantes cifras sobre la educación de niñas, niños y adolescentes en nuestro país.
<https://www.planinternational.org.pe/blog/conoce-las-alarmantes-cifras-sobre-la-educacion-de-ninas-ninos-y-adolescentes-en-nuestropais>

Pachay, M y Rodríguez, M. (2021). La deserción escolar: Una perspectiva compleja en tiempos de pandemia. Polo del Conocimiento. (Edición núm. 54) Vol. 6, No 1, pp. 130-155. DOI: 10.23857/pc.v6i1.2129

Plan Internacional. (23 de junio del 2021). 5 datos sobre la brecha de género en la educación del Perú que debes conocer.
<https://www.planinternational.org.pe/blog/5-datos-sobre-la-brecha-de-genero-en-la-educacion-del-peru-que-debes-conocer#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20Ministerio%20de%20Educaci%C3%B3n,al%2019.9%25%20de%20los%20hombres>

RPP. (25 de mayo del 2021). Interrupción del año escolar: ¿Cuáles son sus causas y como afecta a los estudiantes? <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/interrupcion-del-ano-escolar-cuales-son-sus-causas-y-como-afecta-a-los-estudiantes-desicion-escolar-brecha-educativa-noticia-1338709>

Unos 124,533 estudiantes dejaron de estudiar en el 2021 por el COVID. (17 de mayo de 2022). Diario Gestión. <https://gestion.pe/peru/ministerio-de-educacion-unos-124533-estudiantes-dejaron-de-estudiar-en-el-2021-por-el-covid-19-minedu-ano-escolar-2022-clases-escolares-presenciales-rmmn-noticia/>

Valdivia, A. (30 de marzo del 2022). Embarazo adolescente: otra emergencia que no atiende el Estado.
<https://larepublica.pe/sociedad/2022/03/30/embrazo-adolescente-otra-emergencia-que-no-atiende-el-estado-educacion-sexual-promsex-prevencion-lucha-contra-la-pobreza-diadel-nino-por-nacer/>



Una memoria prodigiosa, ¿mito o realidad?

A prodigious memory, Myth or Reality?

Giovanna Natalia Gomez Pacci

Universidad Ricardo Palma

Contacto: giovanna.gomez.p@upch.pe

Abstract

Cenn Faelad is the protagonist of a famous legend among Irish scholars. It is said that, due to a war wound, he gained a prodigious memory. Scholars speculate that Cenn Faelad was a key figure in the transition from traditional spoken Irish literature to the written word thanks to his unerring memory. However, not everyone is so likely to believe it. Research related to savant syndrome, coupled with the interpretation of some scholars, suggest that while he may have gained a prodigious memory, the scholar also lost the ability to retain oral instructions, forcing him to use the written word. Still, the case study can serve to enhance human brain power.

Keywords: scholars, human memory, myth, savantism

Resumen

Cenn Faelad es el protagonista de una leyenda famosa entre eruditos irlandeses. Se dice que, debido a una herida de guerra, ganó una memoria prodigiosa. Los escolares especulan que Cenn Faelad fue una figura clave en la transición de la literatura irlandesa tradicional hablada a la palabra escrita gracias a su infalible memoria. Sin embargo, no todos se muestran tan susceptibles a creerlo. La investigación relacionada al síndrome savant, sumada a la interpretación de algunos escolares, sugieren que, si bien pudo haber ganado una memoria prodigiosa, el erudito también perdió la capacidad de retener instrucciones orales, viéndose forzado a emplear la palabra escrita. Aún así, el estudio de su caso puede servir para mejorar la capacidad cerebral humana.

Palabras clave: erudito, memoria humana, mito, savantismo

1. Introducción

La memoria siempre ha sido un tópico de amplia discusión, no sin motivos: se trata de la esencia de una persona, pues es lo que nos permite retener información para luego poder usarla. Una de las dudas concernientes a ella, es la pregunta sobre cuál es el límite de la capacidad de la memoria humana. Se suelen relacionar los traumas encefálicos con patologías de la memoria. Es notable el caso de Phineas Gage, un trabajador minero cuyo cráneo fue perforado por una barra metálica, en 1848. Si bien su inteligencia se mantuvo, su personalidad cambió drásticamente (Mateu et al., 2014).

No obstante, no todas las historias relacionadas a traumas son negativas. El síndrome del sabio o síndrome savant, especialmente el síndrome savant adquirido, abarca este punto. Es una extraña condición en la que una persona con alguna lesión adquiere habilidades extraordinarias (Treffert, 2009).

La leyenda de Cenn Faelad podría considerarse un ejemplo más de un savant. Su leyenda es narrada en tres ocasiones, cuyas selecciones de palabras están sujetas a interpretaciones personales. Cenn Faelad era un combatiente en la batalla de Moira, herido en la cabeza por Congal Claen, de quien se

dice que, después de curarse, nunca más volvió a olvidar nada (Georgi, 1997).

Mientras algunos escolares insisten en creer en ella, otros se muestran más reacios. Bajo lo que conocemos actualmente en la neurociencia, ¿es plausible que la herida de guerra haya ocasionado la memoria infalible de este personaje? ¿o se trata de una falla en la interpretación de los antiguos textos, el más reciente remontándose al siglo doce? En esta revisión nos ocuparemos de exponer el caso de Cenn Faelad, para que sirva de guía para estudios futuros serios de la capacidad de la memoria.

2. Savantismo en la historia

En la historia han existido personas con memorias prodigiosas, algunas desde su nacimiento, otras desde algún trauma. El síndrome del sabio es una condición en la que algunas personas adquirieron habilidades asombrosas después de una lesión en el sistema nervioso central.

Antes se creía que sólo había savants congénitos, pero diversos casos, tales como los de Oswaldo Serrel y una ex bióloga que perdió su capacidad de habla, han sugerido lo contrario (Gururangan, 2011) y el caso de Cenn Faelad podría ser uno de ellos.

Cenn Faelad fue un personaje histórico, quien recibió una herida en la cabeza en una de las peleas históricas más famosas de Irlanda, ocurrida en el año 636, llamada la batalla de Moira (Mag Rath) (Sainero, 1998, p.8), en la que Domnall II luchó contra su hijo adoptivo.

3. El mito

La primera ocasión en la que Cenn Faelad es nombrado es en el Auraicept, o "Tratado de los sabios", escrito hacia el año 650, en el que fue autor.

La segunda ocasión en la que es mencionado en el prefacio del mismo Auraicept, a partir del cual se formuló que él fue clave para la transición de lo oral a lo escrito. Es mencionado en el Bretha Etgid, un tratado que abarca heridas accidentales y muertes.

El último texto donde Cenn Faelad es mencionado es el Cath Maige Rath, donde se encuentra la principal fuente de la historia.

En resumen, traducido del inglés, nos dice que:

Cennfaeladh , hijo de Oillel, recibió un golpe de la espada de Congal Claen, de manera que le rompió el casco y le cortó la cabeza debajo de ella, de manera que una porción del cerebro fluyó...Después de un año bajo el cuidado de Bricin de Tuaim Dreagan, su memoria mejoró de manera que no necesitó que le repitieran nada..Y las instrucciones que Bricin dio a sus tres escuelas, Cennfaeladh las atesoró en su clara memoria, de manera que Cennfaeladh después se volvió un hombre de tres escuelas, y fue él quien renovó el Auraicept, en Doire - Lurain.

4. Refutación de la leyenda

Eoin McNeill fue el primer interesado por la historia de Cenn Faelad, quien secundó la importancia de Cenn Faeladh para la transición a la escritura. Por otra parte, Proinsias Mac Cana fue un erudito irlandés familiarizado con la leyenda, quien sostuvo que la tradición escrita ya estaba desarrollada en la época de Cenn Faelad. Otros escolares, como Edgar Slotkin, han dado un nuevo significado a la leyenda, conjeturando que en realidad Cenn había sufrido alguna especie de afasia que le forzó a escribir todo. Joseph Nagy aceptó la observación realizada por Slotkin, diciendo que la herida no hizo que el olvido desapareciera, sino que fue causado por ésta. Slotkin añade que estamos frente a un mito escolástico.

5. Revalidación de la Leyenda

No obstante, "the brain of forgetting" está en el texto por alguna razón, y es retratada como una maravilla. Un argumento de Slotkin es fácilmente refutable, sobre que el texto fue creado tardíamente, porque ¿acaso la mayoría de textos no lo fueron? Además, él estaba convencido de que una herida en la cabeza era un método inapropiado para obtener una memoria prodigiosa, algo que los diferentes casos documentados de savants adquiridos han refutado. El Cath Maige Rath fue un texto hecho a más tardar a fines del siglo XII, según John O'Donovan. Esto muestra que la batalla de Mag Rath fue un hecho legítimo.

6. ¿Habrá sido Cenn Faelad un Savant ?

Takahata y Kato son dos científicos japoneses que postularon dos formas para adquirir el síndrome, el primer modelo es la facilitación funcional paradójica, que relaciona la conectividad presente en el autismo con las funciones cognitivas especializadas de los savants, y el segundo el modelo hipermnésico, el que sugiere que estas

habilidades surgen de funciones cognitivas como la memoria. Este último modelo podría explicar cómo individuos normales podrían volverse savants. El lóbulo frontotemporal está asociado con muchas de las habilidades de los savants, la más importante la memoria. El Dr. Darold Treffert cree que se trata de una compensación del daño recibido por el hemisferio izquierdo, el hemisferio derecho lo compensa, dando origen al prodigioso talento (Treffert, 2009).

7. Importancia de la investigación del caso

La investigación futura del savantismo está dividida en dos campos. El primero abarca las causas de este síndrome, mientras el segundo se enfoca en lo que la mente de un savant puede revelar sobre la mente humana. El estudio del caso 3 de Cenn Faelad puede abarcar ambas cosas porque puede permitir descubrir a los científicos como un cerebro normal se convierte en uno prodigioso, y tal vez replicar aquello sin las consecuencias negativas del síndrome. La meta final de la investigación es descubrir el potencial de la capacidad de la mente humana.

8. Conclusiones

Más allá de haber sufrido o no alguna pérdida cognitiva, el caso de Cenn Faelad debe ser estudiado para saber si una memoria prodigiosa como la suya es posible.

Bibliografía

Georgi, D. (1996). A Stunning Blow on the Head: Literacy and the Anxiety of Memory in the Legend of Cenn Faelad's Brain of Forgetting. Proceedings of the Harvard Celtic Colloquium, 16(17), 195–205.
<http://www.jstor.org/stable/20557322>

Gururangan, K. (2011). Acquired Savantism: The genesis of accidental genius. Berkeley Scientific Journal: Accidents, 14(2), 1-4.
https://escholarship.org/content/qt8nt665v8/qt8nt665v8_noSplash_27c467aee38843860c75d72806a5aa3b.pdf?t=n68ty0

Mateu, G., Molina, A., Monzani L. y Muñoz-Navarro, R. (2014). Racionalidad y emociones: investigación en neuroeconomía. Investiga TEC.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/1954/1777

Sainero, R. (1998). Leyendas Celtas. Ediciones Akal.

Treffert, D. A. (2009). The savant syndrome: an extraordinary condition. A synopsis: past, present, future. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364(1522), 1351–1357. DOI:10.1098/rstb.2008.0326

Ilustraciones

