



El potencial de tres energías renovables en la Amazonía

The potential of three renewable energies in the Amazon

Simón Leib^{1*}

¹ *Departamento de Ciencias de la Vida, Universidad Estatal Amazónica, Pastaza 160101, Ecuador*

* *Correspondencia: sleib@uea.edu.ec*

Rec.: 14.05.2019. Acept.: 15.10.2019.

Publicado el 30 de diciembre de 2019

Resumen

Las energías renovables que se encuentran en recursos o fenómenos naturales en la Amazonía Ecuatoriana son una base fundamental del desarrollo sostenible de la región y del país. Mediante el estudio de las tecnologías de energías renovables se orienta el diseño de centrales energéticas para casas, comunidades hasta pueblos lo que sirve para aumentar la producción propia de energía alrededor de Puyo y en comunidades que se ubican aislados lejos de la red de electricidad o vías de transporte. La Amazonía se distingue por alta precipitación, mucha energía potencial por la altura de las cordilleras y por un gran número de ríos. Por eso se propone represas o captaciones para generar electricidad con turbinas hidráulicas en centrales hidráulicas. Para electricidad residencial de un pueblo de 1000 personas abastece un río con un caudal de 30 m³/s y una represa con un desnivel de 6 metros. También se dimensiona paneles fotovoltaicos para casas o pueblos donde se usa el sol según la irradiación y el clima regional en la Amazonía para cumplir una producción de electricidad. Una familia con una energía sugerida de 3000 kWh/año que instala 7 paneles de 320 Watt debería ser autárquica y en comunidades se cuenta aproximadamente 1,1 paneles por habitante para sumar el número total. Además, biodigestores a bajo costo sirven en el uso de residuos orgánicos de agricultura o de residencias y de estiércol de ganadería. En una lista de especies se demuestra que todos los animales, aún pequeños como cuyes o aves, sirven para producir un volumen considerable de biogás (con metano) para cocinar o transformar a electricidad. Se concluye que la Amazonía podría producir su propia energía más independiente de recursos fósiles o de la red interconectada.

Palabras clave: Energías renovables, Amazonía, Hidroeléctrica, biodigestor, fotovoltaica, recursos energéticos

Abstract

The renewable energies which are present in resources or natural phenomena in the Ecuadorian Amazon region are a fundamental base of sustainable development of the region and the country. By the study of renewable energy technologies, the conception of power stations for private homes, villages, and societies. This serves to increase the own energy production around Puyo and in remote villages which are far from the electricity grid or transport ways. The Amazon features a high precipitation which is a lot of energy potential because of the height of the mountain range and the high number of rivers. This is the reason why dams or catchments are proposed to generate electricity with hydraulic turbines in hydroelectric facilities. For residential electricity in an example village of 1000 persons, a river with a flow of 30 m³/s and a dam with a fall of 6 meters. Also the scale of an installation of photovoltaic panels for private houses or villages is calculated including the solar irradiation and the regional climate in the Amazon in order to produce electricity. A family with a suggested energy demand of 3000 kWh/year can be autarkic with 7 installed panels of 320 Watt, and in villages an amount of circa 1.1 panels per habitant is enough to sum it up to a total number for the whole population. Additionally, biodigesters of a low price can be operated with organic biodegradable waste of agriculture, residences or cattle farming. In a list of species it is proven that every kind of animal, even little ones like guinea pigs or birds, are valuable and useful to generate a considerable volume of biogas (with methane) to cook or transform into electricity. Conclusively, the Amazon could bring out its own energy to be more independent from fossil resources or the electric grid.

Keywords: Renewable energies, Amazon, hydroelectric facility, biodigester, photovoltaics, energy resources

Introducción

El consumo de energía crece continuamente y 90 % de la producción primaria de energía proviene de la combustión de recursos fósiles (Hashimoto, 2019). El uso de energía primaria en Ecuador subió hasta 154 TWh lo que significa aprox. 10000 kWh anual per capita, mientras la electricidad que forma parte de esta suma es de 26 TWh lo que es igual a 1610 kWh anual per capita en el año 2014 (Guayanlema *et al.*, 2017).

Para abastecer estas demandas, se instaló centrales y sistemas que basan en diferentes fuentes naturales que se diferencian en recursos fósiles y recursos renovables. En respecto a la limitación, la contaminación y el cambio climático global, la humanidad discute la urgencia y la manera cómo cambiar de los fósiles a soluciones renovables. En los tiempos modernos una gran parte de la sociedad tiene una conciencia y un respeto al medio ambiente con los tesoros de la naturaleza. Las fuentes energéticas pueden contribuir con avances técnicos a la generación de electricidad, combustibles, biogás y energía térmica para los habitantes de la Amazonía hasta en un nivel de una industrialización más limpia y amigable al ecosistema tropical con el fin de generar beneficios sociales y retornar fondos a la conservación del bosque, sus especies y sus recursos.

En Ecuador se encuentra una potencialidad de 103 GW de fuentes renovables posibles. Con solamente 60 GW y una afectación de 0.2 % del territorio el país sería autárquico en el sector energético e independiente de petróleo, además se estima la creación de al menos 100000 puestos de trabajo (Golla y Gerke, 2018).

La energía para el individuo es uno de los requisitos para una participación en el avance en una sociedad moderna, pero no hay acceso a electricidad en entornos grandes rurales de poblaciones indígenas en la Amazonía aunque su suministro ayuda para lograr condiciones agradables de vida según el concepto Buen Vivir. Por eso la electrificación no es solo un desarrollo técnico, sino también el inicio de una transformación social (Ten Palomares y Boni Aristizabal, 2016; Mendieta Vicuña *et al.*, 2017).

No se debe olvidar que más lento se cambia el sector de transporte en el aspecto de reemplazar combustibles fósiles por recursos renovables. En zonas aisladas de la Amazonía aún no existen carreteras, pero pensando en canoas eléctricas se encuentra una razón más para tener presente la generación de electricidad en el lugar para operar estaciones de recarga o baterías (Jaimurzina *et al.*, 2017).

Se examina la hipótesis si existen suficientes fuentes energéticas renovables en la Amazonía Ecuatoriana para brindar energía a poblaciones ejemplares hasta 1000 personas. En el estudio se selecciona entre muchas

tecnologías las de hidroeléctricas, paneles fotovoltaicos y biodigestores con el objetivo de demostrar la factibilidad en varias dimensiones en la Amazonía Ecuatoriana lo que contribuye al desarrollo sostenible regional. Para cumplir el objetivo se aplican cálculos para casas, comunidades hasta pueblos lo que sirve para aumentar la producción propia de energía alrededor de Puyo y en comunidades que se ubican aisladas lejos de la red de electricidad o vías de transporte.

Materiales y métodos

Mediante el estudio de las tecnologías de energías renovables se orienta el diseño de centrales energéticas para empresas, comunidades o personas privadas que quieren planificar e instalar sistemas renovables. En cada tecnología se presentan las fórmulas con las variables que dependen de los fenómenos o materiales naturales que sirven para ser transformados en energía eléctrica, química o térmica para el uso del humano.

En los Cuadros 1, 2 y 3 se relacionan datos sugeridos de potencia a demandas de energía como representación de la necesidad en seis diferentes niveles desde básico de una persona hasta un pueblo de 1000 personas. En cada lugar la potencia total depende del modelo técnico y del número de electrodomésticos, equipos electrónicos, máquinas, industrias y alumbrado público. Se suman todas las potencias para obtener la potencia total P.

Para averiguar la demanda energética se aplica la fórmula con la multiplicación de la potencia de la central por la cantidad del tiempo promedio del uso de los aparatos, un factor de los días de la semana y el coeficiente de simultaneidad para clasificar cuánto tiempo está activos a la vez (Toledano *et al.*, 2009):

$$E = P * t * cf * d / \text{semana}$$

Donde se usa:

E = Energía eléctrica

P = Potencia

t = tiempo de uso = 3.5 h

cf = coeficiente de simultaneidad = 0.35

d/semana = días de la semana = 5/7 = 0.71

Diseño de centrales hidroeléctricas basando en características hidrológicas de ríos

La Amazonía se distingue en nivel mundial por alta precipitación, por ejemplo en Puyo con 4403 mm/a (Climate-data.org, 2019), además tiene mucha energía potencial por la altura de las cordilleras de los Andes y existe un gran número de ríos de alta densidad de cuencas hidrográficas en el paisaje. Se propone la construcción de más represas o captaciones para generar electricidad

con turbinas hidráulicas en centrales hidroeléctricas. Se calcula la potencia con la fórmula que incluye las dos variables de caudal y el desnivel de diferencia altitudinal (Carta Gonzalez *et al.*, 2009):

$$P = Q * H * g * \rho * \eta_{total}$$

Donde se usa:

P = Potencia

Q = caudal y H = diferencia altitudinal: Para estas variables se determinó ejemplos según Cuadro 1.

g = constante de gravitación universal = 9.81 m/s²

ρ = densidad del agua H₂O = 1,000 kg/m³

η_{total} = 0.85 = 85 %

Irradiación solar en lugares de la Amazonía para paneles fotovoltaicos

Se dimensiona instalaciones de paneles fotovoltaicos para casas o aldeas con su irradiación del sol que depende de la latitud y del clima local incluyendo la nubosidad para cumplir la producción de electricidad. La fuente de casi todas las energías es el sol, y entre ellos el panel fotovoltaico lo transforma directamente a electricidad según la fórmula (Salamanca-Avila, 2017):

$$E/d = HSP * Wp$$

Donde se usa:

E/d = Energía diaria

HSP = Irradiación en horas solar pico = 4.8 kWh día⁻¹ m⁻² para Puyo (CONELEC, 2008)

Wp = Potencia del panel en Watt pico, en los cálculos se ha definido con 320 W

En el Cuadro 2 se convierte la energía las personas o comunidades en de kWh/año en valores de Wh/día, además se agrega un búfer de 30 % para tener una seguridad adicional en casos de nubosidad, crecimiento poblacional y compras de más electrónicos de los habitantes. Con la división sobre la irradiación de 4.8 HSP se obtiene la potencia total del conjunto de todos los paneles. En el presente trabajo se calcula con un tipo de panel de 320 W y se redondea todos los decimales del número de paneles estrictamente hacia arriba (por ejemplo, de un 11.1 resulta 12.0) para aumentar aún más la seguridad de suficiente energía frente a las fluctuaciones naturales de la energía solar entre los días o las horas.

Cálculo de producción de biogas con biodigestores

Biodigestores a bajo costo sirven en el uso de residuos orgánicos de agricultura o de residencias y de estiércol de ganadería. En el Cuadro 3 se ha alistado los datos de varias especies de animales para que cada ganadero pueda elegir lo que tiene presente en su granja

multiplicando con el número de animales y también el tiempo de recolección del estiércol. Si son animales estabulados, hay acceso a todo lo que producen por 24 horas, pero si están en el pastoreo en áreas grandes o con mucha vegetación, no se puede recolectar casi nada y se disminuye el valor, en este estudio definido con 12 horas. Se cuantifica el volumen en m³ de biogás (con metano) para cocinar o para transformarlo en electricidad con un generador de gas. En el diseño del tamaño del biodigestor total, se ha aumentado el volumen de gas por 3 veces más volumen para la parte líquida, o es a decir que se ha decidido que 25 % son gas y 75 % son líquido en esta modelación. El volumen de la parte líquida se determina con un factor de 30 por el tiempo de retención de 30 días según la temperatura media del sitio hasta que se aprovecha de la metanogénesis en el reactor (Cuenca, 2014).

Resultados y discusión

El beneficio principal que se busca en el presente estudio es la generación energética y se quedan sin precisar más ventajas como nuevos puestos de trabajo, aprendizaje técnico, mitigación de contaminaciones por reemplazo de recursos fósiles o facilitar el primer acceso a energía. Siempre es obligación importante de investigar los impactos ambientales y cada tecnología energética tiene sus propias desventajas que se menciona en cada subcapítulo donde se presenta cálculos con el tamaño, la potencia y la energía de instalaciones posibles.

En hidroeléctricas está amenazado un área de inundación con pérdida de ecosistemas y así causa la destrucción de hábitat de especies hasta el humano que debe abandonar viviendas o terrenos de cultivación agrícola. En el caso de paneles fotovoltaicas se debe tener en cuenta altos costos de material, además se necesita transformadores y acumuladores para el almacenamiento nocturno. El uso de la tierra para cultivación con el fin de cosechar biomasa para producir biogas o biocombustibles puede estar en conflicto con cultivos para la alimentación de la población amazónica creciente (Diefenbacher, 2009).

Sin embargo, los beneficios de energías renovables lo recompensan por efectos a largo plazo de sostenibilidad. La ventaja más importante para la gente en el espacio rural es que sus necesidades energéticas son cumplidas por individuos próximos a su entorno, lo que es una seguridad de que las soluciones se den justo y exacto según su pedido. También empresas de servicio forman profesionales y crean empleo local para sus negocios y operaciones, dando ayuda a relacionar los habitantes a su cadena de suministros y servicios. Es un factor más que acelera un desarrollo de las comunidades rurales aisladas (Escobar *et al.*, 2016).



Figura 1. Río Piatúa en el CIPCA/Santa Clara como posible lugar para una minicentral hidroeléctrica



Figura 2. Presentación de un panel fotovoltaico de ISF-CAT (2017) en la Universidad Estatal Amazónica, Puyo

Centrales hidroeléctricas en microcuencas de la Amazonía

Las fuentes naturales de hidroeléctricas son riachuelos y ríos, y aún en corrientes superficiales de difícil acceso topográfico en la Amazonía se ha investigado la viabilidad de centrales hidráulicas pequeñas, por ejemplo en el pueblo Yuwientza con una potencia imaginable de 10 kW (Zeiselmair *et al.*, 2011). Una represa más grande podría ser diseñada para el Río Piatúa en figura 1 donde se ve un aspecto típico de ríos en la zona premontano de los Andes con el sedimento principalmente grande de bloques, canto y grava hasta arena y la vegetación boscosa.

Los caudales y desniveles son los factores variables de diferentes clasificaciones de ríos en el cuadro 1. En cada escala se recomienda un modelo de turbina lo que depende del caudal en relación a las proporciones del desnivel.

La producción energética por centrales

hidroeléctricas es una de las soluciones más económicas con un precio de 7.17 cUSD/kWh en las dimensiones de potencia hasta 10 MW, mientras con potencias mayores se disminuye el precio aún más. En comparación es más costoso la fotovoltaica con 31.02 cUSD/kWh o la biomasa para biogas con 11.05 cUSD/kWh (Cedeño, 2012). Sin embargo, pueden surgir muchas controversias y problemas en la concepción de nuevas centrales hidroeléctricas como se observa en la discusión o protestas sobre la central de 30 MW planificado en el río Piatúa. En el terreno de comunidades indígenas se chocan los intereses de los habitantes con los impactos de pérdida de caudal en el sector de la captación, afectaciones negativas al ecosistema o desventajas turísticas (Maija *et al.*, 2016).

Paneles fotovoltaicos transforman luz en electricidad

En la Figura 2 se presenta un panel fotovoltaico de

Cuadro 1. Diseños ejemplares de centrales hidroeléctricas

Consumidores	Potencia (W)	Energía (kWh/año)	Caudal (m ³ /s)	Desnivel (m)	Tipo de turbina
Estudiante	1890	600	0.1	2.3	Ossberger
Familia, 5 personas	9450	3000	0.25	4.5	Ossberger
Comunidad, 50 p.	63000	20000	1	8	Ossberger
Comunidad, 100 p.	157501	50000	2	9	Francis
Pueblo, 500 p.	787504	250000	8	12	Francis
Pueblo, 1000 p.	1575008	500000	30	6	Kaplan



Figura 3. Mezcla de la carga diaria en el biodigester en CIPCA/Santa Clara



Figura 4. Cuyes en un establo con suelo enrejado para la recolección de excrementos

un tamaño típico para clientes privados que lo colocan en techos de las casas o en un área libre de un terreno.

En las escalas de tamaño de un sistema en el Cuadro 2 se ve la base de 2 paneles para una persona hasta más que 1,000 paneles en un pueblo. Considerando los costos, los equipos como paneles, inversores, reguladores y baterías son caros, pero permiten un acceso directo y fácil de instalar en lugares aislados del SNI (Sistema Nacional Interconectado) que es el caso en muchas comunidades amazónicas. Aunque se conecta baterías para tener suficiente capacidad nocturna, se puede combinar con otras fuentes como combustibles para responder rápido a cambios de demanda en la red local.

Los prerrequisitos para la instalación de un sistema fotovoltaico son la preparación de posibilidades logísticas para el transporte de los equipos técnicos como paneles, baterías y transformadores, además el contacto

o contratación de especialistas que probablemente viven en ciudades que son lejos de las comunidades (Morante *et al.*, 2007).

Biodigestores con el uso de estiércol de animales en fincas

En la Figura 3 se ve un biodigester instalado en el CIPCA (Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica) en Santa Clara que funciona con estiércol de ganado porcino.

Además sirven otros animales tal como los cuyes como visible en figura 4 donde se recolecta las heces debajo de un suelo enrejado en el establo. Se destaca también la idea de incluir excrementos del humano lo que podría permitir biodigestores grandes en ciudades.

Con el fin de ampliar los cálculos a más animales que pueden existir en las granjas, fincas, establos y pastoreos, se integra una variedad de especies en Cuadro

Cuadro 2. Sistemas fotovoltaicos con una irradiación de 4,8 horas solar pico (Puyo). Elaborado por el autor con datos de CONELEC (2008)

Consumidores	Potencia (W)	Energía (kWh/año)	Energía diaria + 30 % búfer (Wh/día)	Potencia de paneles = E/4,8 HSP	No. de paneles de 320 W
Estudiante	1890	600	2137	445	2
Familia, 5 personas	9450	3000	10685	2226	7
Comunidad, 50 p.	63000	20000	71233	14840	46
Comunidad, 100 p.	157501	50000	178082	37100	116
Pueblo, 500 p.	787504	250000	890411	185502	580
Pueblo, 1000 p.	1575008	500000	1780822	371005	1159

Cuadro 3. Diseños ejemplares de centrales hidroeléctricas pequeñas para la Amazonía. Cambiado según Galotta y Santalla 2009, de Oliveira Alves 2014, Cu et al. 2015, Olowoyeye 2013

Ganado, especie	# Individuos	Recolección (h)	Peso (kg)	kg estiércol / 100 kg cuerpo	Total kg estiércol	dm³ biogas/ kg est.	estiércol / agua	dm³ biogas	Biodigestor en m³	Energía biogas (kcal)
Elefante	1	24	6000	0.7	40	20	2:3	800	8	4400
Búfalo grande	1	12	1000	2	10	40	1:1	400	0.8	2200
Bovino grande	1	12	600	8	24	35	1:1	840	1.92	4620
Camello	1	12	600	3.3	10	60	2:3	600	2	3300
Bueyes	1	12	400	6	12	40	1:1	480	0.96	2640
Bovino mediano	1	12	300	7	11	35	1:1	368	0.84	2021
Equino	1	12	300	5	7.5	40	2:3	300	1.5	1650
Bovino pequeño	1	12	150	7.3	5.5	35	1:1	193	0.44	1059
Porcino grande	1	24	80	4	3.2	51	1:3	163	0.51	898
Ovino grande	1	12	80	6.3	2.5	50	2:3	125	0.5	688
Caprino	1	12	75	2.7	1	50	2:3	50.6	0.2	278
Alpaka	1	12	70	8.6	3	80	2:3	240	0.6	1320
Porcino mediano	1	24	50	4	2	51	1:3	102	0.32	561
Porcino pequeño	1	24	30	3.3	1	51	1:3	51	0.16	281
Pecari	1	12	30	3.3	0.5	70	1:3	35	0.08	192
Conejo	1	24	3	1.3	0	105	2:3	4.2	0.01	23.1
Cuy	1	24	2.75	2.5	0.1	105	2:3	7.22	0.01	39.7
Pollo	1	24	2.5	4	0.1	60	1:3	6	0.02	33
Pato	1	24	2.5	6	0.2	50	2:3	7.5	0.03	41.3
Paloma	1	24	0.36	14	0.1	50	2:3	2.5	0.01	13.8
Humano adulto	1	24	70	0.6	0.4	70	2:3	28	0.08	154
Humano niño	1	24	35	0.6	0.2	70	2:3	14	0.04	77
Promedio	1	18	449.1	4.6	6.08	55.4		218.9	0.865	1.204
Suma	22		9881	100	134	1218	0	4816	19.03	26489

3 con su peso, producción de estiércol y la cantidad de biogas de cada kg de estiércol (Galotta y Santalla 2009, de Oliveira Alves 2014, Cu *et al.*, 2015, Olowoyeye 2013).

La energía sumatoria de los 4816 dm³ de biogas es 26489 kcal y se puede expresar su aplicación en una cocina de 10 quemadores con un consumo de 1300 kcal/h de cada uno, lo que resulta en 2.04 horas diarias lo que equivale en comparación a 6.26 kg de leña recolectada. Alternativamente en vez de quemar el biogas para cocinar, se puede conectar un generador de gas que es capaz de producir electricidad de 8.03 kWh diarios o igual a 743.73 kWh anuales. En relación a los Cuadros 1 y 2, sería suficiente para la necesidad de una persona.

Al nivel nacional de Ecuador se podría reemplazar el GLP (gas licuado de petróleo) de un costo de 77 millones de dólares por biogas, evitar de esta manera 308 toneladas de equivalentes de CO₂ o convertir en 274 GWh de electricidad con un valor de 27 millones de dólares (Cornejo y Wilkie, 2010).

Conclusiones

Se concluye que los habitantes de la Amazonía pueden producir su propia energía renovable a base de recursos que se halla in situ, tal como mostrado en las tres tecnologías de hidroeléctricas en ríos, paneles fotovoltaicos y biodigestores operando con biomasa de estiércol o desechos orgánicos. En la escala de una casa familiar hasta aldeas o pueblos de 1000 habitantes es factible de abastecer la demanda eléctrica con poco equipamiento técnico o con centrales pequeñas.

También la combinación de las instalaciones daría más seguridad y continuidad en la generación energética, porque hay una variabilidad en el suministro de agua fluvial y en la irradiación solar como son fuentes naturales que el humano no puede controlar. El conjunto de fuentes energéticas iguala deficiencias temporales y con el crecimiento estable de la biomasa en el clima tropical caliente húmedo se destaca la Amazonia con el potencial de dar ejemplo pionero en la descentralización del sector eléctrico y desarrollo de una generación propia renovable amazónica. Se espera no solo la generación de electricidad, sino también combustibles, biogás para cocinar o calefacción en un nivel de una industrialización más limpia y amigable al ecosistema del bosque siempre verde tropical.

Se recomienda ampliar los próximos estudios en las clasificaciones de consumidores hasta el nivel de ciudades, industrias, el SNI y hasta la exportación. Se conoce aún más soluciones técnicas renovables que en futuro serán más competitivos por la tendencia

de precios decrecientes. Para Ecuador pueden ser beneficioso entre otros la geotermia, mareomotriz, undimotriz, biocombustibles, energía solar térmica y energía eólica. En conjunto se complementan como una mezcla de centrales y pueden abastecer la producción energética.

Bibliografía

- Carta Gonzalez, J. A., Calero Perez, R., Colmenar Santos, A. y M.-A. Castro Gil (2009): Centrales de energías renovables. Generación eléctrica con energías renovables. Madrid.
- Cedeño Abad, H. (2012): La energía renovable en el Ecuador. En: Revista Alternativas, no. 17, 2012, p. 14+. URL: https://link.gale.com/apps/doc/A323502320/IFME?u=uea_ec&sid=IFME&xid=d1248011 (acceso el 25.09.2019)
- Climate-data.org (2019): Clima Puyo. <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-pastaza/puyo-2971/> (acceso del 30.04.2019)
- CONELC (Consejo Nacional de Electricidad) (2008): Atlas solar del Ecuador. Con fines de generación eléctrica. URL: <http://energia.org.ec/cie/wp-content/uploads/2017/09/AtlasSolar.pdf> (acceso el 30.08.2019)
- Cornejo, C. y A. C. Wilkie (2010): De estiércol a energía - captura de metano en Ecuador. En: Revista Tecnológica ESPOL-RTE, vol. 23, n. 1, p. 135-142. URL: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/46> (acceso el 25.09.2019)
- Cu, T., T. Nguyen, Triolo, J., Pedersen, L., Le, V., Le, P. y S. Sommer (2015): Biogas production from Vietnamese animal manure plant residues and organic waste: Influence of biomass composition on methane yield. En: Asian-Australas J Anim Sci. 2015 Feb; 28(2), p. 280-289. doi: 10.5713/ajas.14.0312. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4283175/> (acceso el 25.09.2019)
- Cuenca, A. (2014): Utilización de biogás como fuente de energía. En: Revista "Energía" de la Universidad de Loja, ISSN 1390-9037, 2da. Edición, p. 30-37. URL: https://issuu.com/universidadnacionaldeloja/docs/revista_energ_a/36 (acceso el 25.09.2019)
- de Oliveira Alves, M., N. Cavalini Paganini, R. M. Ribeiro y M. A. Andreazzi (2014): Biodigestores - fonte renovável de energia. En: VII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica 21a 24 de outubro de 2014, ISBN 978-85-8084-724-6. URL: https://www.unicesumar.edu.br/mostra-2014/wp-content/uploads/sites/92/2016/07/marceluci_de_oliveira_alves.pdf (acceso el 25.09.2019)
- Diefenbacher, H. (2009). Zum Konfliktpotenzial erneuerbarer Energien. En: Sozialwissenschaftlicher Fachinformationsdienst soFid, Internationale Beziehungen / Friedens- und Konfliktforschung 2009/2,

- 9-18. URL: <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-202274> (acceso del 31.08.2019)
- Escobar, R., Gamio, P., Moreno, A.I., Castro, A., Cordero, V. y U. Vásquez (2016): Energización rural mediante el uso de energías renovables para fomentar un desarrollo integral y sostenible. En: Repositorio de la Pontificia Universidad Católica del Perú. URL: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/64216> (acceso del 31.08.2019)
- Galotta, P. y E. Santalla (2009): Estimación del potencial energético de los efluentes industriales. En: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 13, 2009, ISSN 0329-5184. URL: <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2009/2009-t006-a024.pdf> (acceso el 25.09.2019)
- Golla, S. y S. Gerke (2018): "Primer Estudio para una Transición Energía Sostenible del Ecuador "El fin del Petróleo"". En: Revista Técnica "energía". No. 14, p. 246-255. ISSN 1390-5074.
- Guayanlema, V., Fernández, L. y K. Arias (2017): Análisis de indicadores de desempeño energético del Ecuador. In: ENERLAC. Volumen I. Número 2. Diciembre, 2017, p. 121-139. URL: <http://enerlac.olade.org/index.php/ENERLAC/article/view/27/23> (acceso el 25.09.2019)
- Maija, M., Miettinen, N., Puttonen, M. y H. Puustinen (2016): Hydropower development and community-based tourism in the Amazonian highlands of Ecuador. En: Häkkinen, A., Minoia, P. y A. Siren (ed.) (2016): Cultures, environment and development in the transition zone between the Andes and the Amazon of Ecuador. ISSN-L 1798-7938. URL: https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/169150/Geotietjamaantiet_laitos_EcuadorFieldTrip_FinalReport181116_HELDA.pdf?sequence=1 (acceso el 25.09.2019)
- Hashimoto, K. (2019): Current Situation of Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions of Our World. En: Global Carbon Dioxide Recycling, Singapore, SpringerBriefs in Energy, p. 25-31. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-13-8584-1_5 (acceso el 25.09.2019)
- ISF-CAT (Ingeniería Sin Fronteras-Cataluña) (2017): Permiso para la fotografía en la exposición de los equipos de un sistema fotovoltaico en el aniversario del Departamento de Ciencias de la Vida de la Universidad Estatal Amazónica.
- Jaimurzina, A., Wilmsmeier, G. y D. Montiel (2017): Eficiencia energética y movilidad eléctrica fluvial: soluciones sostenibles para la Amazonía. En: Boletín FAL, edición N° 353, número 1, 2017. URL: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/41137> (acceso del 31.08.2019)
- Lascano B., J. (2019): Fotografías del propio establo de cuyes.
- Mendieta Vicuña, D., Escribano, J. y J. Esparcia (2017). Electrificación, desarrollo rural y Buen Vivir. En: Cuadernos Geográficos 56(2), p. 306-327. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/171/17152020015.pdf> (acceso del 31.08.2019)
- Morante, F., Zilles, R. y A. Mocelin (2007): Transferencia tecnológica en comunidades amazónicas: algunos aprendizajes obtenidos a partir de proyectos utilizando la tecnología solar fotovoltaica. En: Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente vol. 11, 2007, ISSN 0329-5184. URL: <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2007/2007-t012-a004.pdf> (acceso el 25.09.2019)
- Olowoyeye, J. (2013): Comparative studies on biogas production using six different animal dungs. En: Journal of Biology, Agriculture and Healthcare, ISSN 2225-093X (online), vol.3, no.15, 2013. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/99c2/c5b80360f3b29bd207287dea4f6b59539c22.pdf> (acceso el 25.09.2019)
- Salamanca-Avila, S. (2017): Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. En: Rev. Cient. no.30 Bogotá sep./dec. 2017, ISSN 2344-8350, URL: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-22532017000300263&script=sci_abstract&tlng=es (acceso el 25.09.2019)
- Ten Palomares, M. y A. Boni Aristizabal (2016): Visiones de la electrificación rural en la Amazonía ecuatoriana: disputando lógicas hegemónicas. Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales n.20, septiembre 2016, p. 4-21. URL: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/9898/1/RFLACSO-LV20-02-Ten.pdf> (acceso el 31.08.2019)
- Toledano, J. C., de las Casas, J. M. y C. Bedoya (2009): Rehabilitación de las instalaciones eléctricas en los edificios destinados principalmente a viviendas. En: Informes de la Construcción, vol. 61, 516, p. 67-82, octubre-diciembre 2009, ISSN 0020-0883, eISSN 1988-3234. URL: doi: 10.3989/ic.08.054 (acceso el 25.09.2019)
- Zeiselmair, A., Konz, A. y C. Rapp (2011): Kleinstwasserkraft zur elektrischen Versorgung eines Dorfes im Regenwald Ecuadors. In: Heimerl, S. (ed.) (2011): Wasserkraftprojekte. Wiesbaden, p. 149-155. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-658-00996-0_20 (acceso el 31.08.2019)