

# Producción de biogás a partir de suero salado de queserías y estiércol de cuy en Santa Rosa de Quives

## Production of biogas from acid cheese whey and guinea pig manure in Santa Rosa de Quives

Yildiz Jordán-Bouchon<sup>1\*</sup> 

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



**Citar como:** Jordán-Bouchon, Y. (2022). «Producción de biogás a partir de suero salado de queserías y estiércol de cuy en Santa Rosa de Quives». *South Sustainability*, 3(2), e063. DOI: 10.21142/SS-0302-2022-e063

Artículo recibido: 7/7/2022  
Revisado por pares  
Artículo aceptado: 21/9/2022



© La autora, 2022. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

\*E-mail de correspondencia:  
yildiz9394@gmail.com

### RESUMEN

Uno de los grandes problemas sociales que atraviesa el Perú es el acceso a energía eléctrica en las zonas rurales. El presente estudio buscó evaluar el potencial de producción de biogás mediante la mezcla de dos fuentes orgánicas (suero salado de quesería y estiércol de cuy) presentes en el distrito de Santa Rosa de Quives para el acceso de energía renovable. Se realizaron 5 tratamientos con diferentes porcentajes de las fuentes orgánicas en un tiempo de 8 semanas. Los parámetros de pH y conductividad eléctrica fueron analizados durante la fermentación, siendo parámetros imprescindibles para el proceso de digestión anaerobia. Los resultados de pH y conductividad eléctrica mostraron diferencias estadísticas entre los tratamientos. El mayor potencial de producción de biogás fue evidenciado en el tratamiento B (3,01 L biogás/semana); por lo que se concluye que el mejor rendimiento usando estas dos fuentes es de 45 litros de suero salado y 5 litros de estiércol de cuy.

**Palabras clave:** suero, estiércol, biogás, cuy

### ABSTRACT

One of the major social problems that Peru is experiencing is access to electricity in rural areas. The aim of this study was to evaluate the potential of biogas production through the combining of two organic sources (acid cheese whey and guinea pig manure) which are found in the district of Santa Rosa de Quives, in order to provide access to renewable energy. Five treatments were conducted with different percentages of these organic sources, over a period of eight weeks. Electrical conductivity and pH parameters were analyzed during fermentation, as essential parameters for the anaerobic digestion process. Across the different treatments, statistical differences in electrical conductivity and pH results were found. The highest potential of biogas production was evidenced in treatment B (3.01 L biogas/week), and it was therefore concluded that, using these two sources, the best yield is achieved by combining 45 liters of acid cheese whey and 5 liters of guinea pig manure.

**Keywords:** cheese whey, manure, biogas, guinea pig



## Introducción

Uno de los grandes problemas que enfrenta el Perú es el acceso a energía eléctrica en las zonas rurales. En 2017, de acuerdo con el indicador de acceso a electricidad por la población rural, el Perú se posicionó en el puesto 23 de América Latina, es decir, solo el 83,68 % de su población podía acceder al servicio de la electricidad (Schmerler Vainstein *et al.*, 2019). Las energías renovables se caracterizan por utilizar recursos proporcionados por la naturaleza casi inagotables (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía, s. f.), lo que podría ser una solución para las poblaciones rurales del Perú, como por ejemplo el biogás. El biogás es uno de los productos de la digestión anaeróbica de la biomasa, y está conformado por un conjunto de gases (Carrasco, 2015), entre los cuales se encuentran el metano (CH<sub>4</sub>), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), hidrógeno (H<sub>2</sub>), nitrógeno gaseoso (N<sub>2</sub>), oxígeno (O<sub>2</sub>) y agua (FAO, 2019). La producción de biogás depende de factores claves que garantizan el funcionamiento de un biodigestor, entre los cuales está el tipo de materia prima, temperatura y pH (FAO, 2011).

En este sentido, el distrito de Santa Rosa de Quives (Canta, Perú) presenta una temperatura promedio de 25 °C, el cual se encuentra dentro del rango de temperatura óptima para el proceso de digestión anaerobia (25 °C-35 °C) (FAO, 2011). Además, en este mismo distrito se encuentran dos sustratos con excelentes componentes para la producción de biogás: el suero salado de queserías y el estiércol de cuy.

El porcentaje de sólidos totales del suero de quesería oscila entre 3 y 7% y del metano entre el 60 y 80% (Hernandez, 2015). Es una materia con elevadas cantidades de lactosa, proteínas (lactoalbúmina y lactoglobulina) y aminoácidos (leucina y lisina), que lo convierte en un sustrato con alta biodegradabilidad (Guereca, Cenzano del Castillo y Madrid, 2014; Hernandez, 2015; Gómez Soto y Sánchez Toro, 2019). Por lo que su composición permite que pueda ser utilizado para la producción de biogás (Tobón, 2016). Al respecto, Zambrano (2016), en pruebas de laboratorio, muestra que el suero de quesería produce 5,65 L de biogás en un tiempo de 15 días; no obstante, no especificó el nivel de presión utilizado.

En 100 g de estiércol de cuy existen 1,90 g de nitrógeno, 0,80 g de fósforo y 0,90 g de potasio, que muestran valores superiores a los de caballo, vaca, aves y cerdo; además de ser una materia que posee baja humedad (Montes, 2015). Estas características permiten que sea considerado como una buena materia para la producción de biogás (Servicios Educativos Promoción y Apoyo Rural, 2013). Según los datos obtenidos por Terán (2017), el volumen de producción de biogás utilizando estiércol de cuy (proporción de 1:3) oscila entre 16 y 34 L en un tiempo de retención entre 2 meses y 21 días, y 3 meses y 17 días, y con valores de presión que oscilan entre 0,0058 y 0,0725 PSI, respectivamente.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el potencial de producción de biogás a partir de dos fuentes orgánicas (suero salado y estiércol de cuy) como posible solución frente a la falta de acceso de energía en el distrito de Santa Rosa de Quives (Canta, Perú).

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en el distrito de Santa Rosa de Quives, provincia de Canta, departamento de Lima, Perú. La zona se destaca por sus actividades agrícolas y pecuarias. El promedio de la producción de queso en la provincia de Canta es aproximadamente 100 kg/día, y por cada kg de queso se genera de 5 a 7 L de suero (Ramón, comunicación personal, 16 de agosto de 2022). De este modo, la región Lima contribuye con gran parte de la producción de quesos a nivel nacional (Caretas, 2021).

La investigación se llevó a cabo en el Fundo Agroecológico HECOSAN, localizado en el Centro Poblado Santa Rosa de Macas, en el valle del río Chillón (Lima) y a una altitud de 750 m s. n. m. Santa Rosa de Macas pertenece a la zona de vida yunga; presenta una temperatura promedio de 25 °C y precipitaciones pluviales esporádicas en febrero (Gomero, 2018). En la época de verano, entre enero y marzo, la temperatura oscila entre los 27 °C y 30 °C.

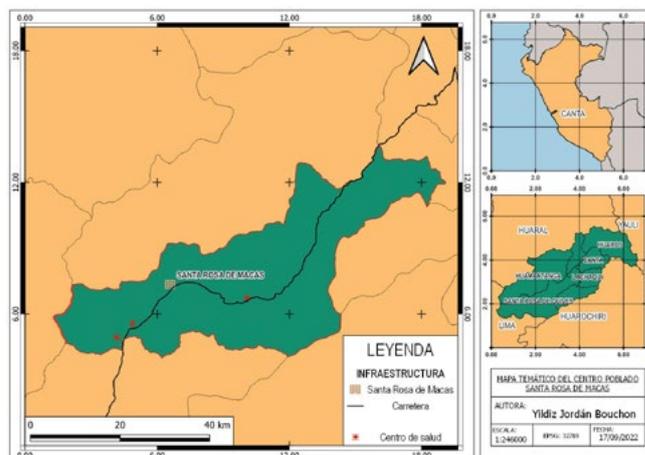


Figura 1. Ubicación del Centro Poblado Santa Rosa de Macas.

### Volumen de carga, duración y parámetros analizados

Para la evaluación de la producción de biogás se contó con suero salado de quesería y estiércol de cuy como fuentes orgánicas para alimentar a los digestores. En la tabla 1, se muestra las cantidades utilizadas de estos sustratos para cada tratamiento, además de indicar sus valores de sólidos totales y relación carbono/nitrógeno (C/N). Estos valores fueron medidos mediante Análisis de C/N y de materia orgánica líquida en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes (LASPAF) de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú).

**Tabla 1.** Características de los tratamientos.

Tratamiento	Volumen de carga	Sólidos totales (g/L)	C/N
A	50 L de suero salado y 50 L de agua	64,54	15,72
B	45 L de suero salado, 5 L de estiércol de cuy y 50 L de agua	12,29	18,59
C	40 L de suero salado, 10 L de estiércol de cuy y 50 L de agua	14,79	18,71
D	35 L de suero salado, 15 L de estiércol de cuy y 50 L de agua	16,12	15,78
E	30 L de suero salado, 20 L de estiércol de cuy y 50 L de agua	17,16	16,07

Se utilizó suero salado en lugar de suero dulce (suero no salado), debido a que en la localidad de Macas el suero dulce es valorizado para la elaboración de requesón y alimento para cerdos. El suero salado no está valorizado debido a su alto contenido de sales, lo cual conlleva que los pobladores viertan esta materia en el río Chillón, generando contaminación en el área. Al respecto, debido a la baja cantidad de generación de suero salado, se adquirió suero dulce para luego agregarle sal. De esta manera, se recolectó 680 L de suero dulce, al cual se le añadió sal para llegar a una concentración aproximada de sales del suero salado, hasta obtener un valor de 18,77 mS/cm. El estudio tuvo como variable limitante la adquisición de una alta cantidad de suero salado, el cual podría impedir que la producción de biogás generada a partir de este sustrato pueda ser sostenible en el tiempo.

Se realizaron 4 tratamientos (B, C, D y E) y un control (A), con 3 repeticiones cada uno, y se tuvo en total 15 biodigestores. El tratamiento control sirvió como parámetro de comparación, por lo que no tuvo presencia de estiércol de cuy. Se siguió el modelo de biodigestor planteado por Castillo (2012), de tipo Batch, régimen discontinuo y con una capacidad de 120 L. El volumen operacional fue de 100 L. Para esta investigación no se midió el pH del suero salado, debido a que los valores fueron tomados de acuerdo con cada tratamiento.

Se varió la cantidad de mezcla dependiente al estiércol de cuy y suero salado. El agua utilizada presentó valores de 0,5 mS/cm de conductividad eléctrica (CE) y 7,6 de pH. Además, el pH del estiércol de cuy utilizado en las mezclas fue de 8,8. Se contó con 8 semanas para la evaluación de la producción de biogás y no se utilizaron inóculos en la investigación. La relación de mezcla fue volumen/volumen.

Durante la fermentación, se midió pH y CE. Para ambos parámetros, la medición inició al realizar la mezcla (Lectura 1), lo que permitió conocer la medición

al empezar la investigación. La frecuencia de medición de los dos parámetros fue de tres veces por semana durante las tres primeras semanas de investigación; las semanas siguientes, fue de dos veces por semana. La decisión del cambio de frecuencia de medición se debió a no presentar variaciones significativas en las mediciones.

Para medir el volumen de biogás, se usó un gasómetro artesanal, que permitió medir el volumen de biogás acumulado en cada tratamiento. La medición fue realizada una vez por semana. No se tomó mediciones de presión.

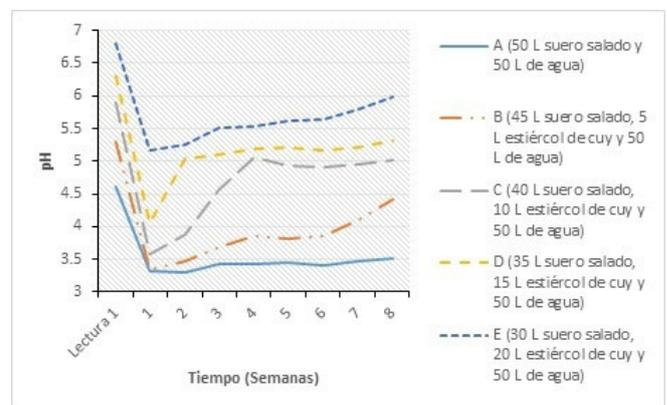
### Análisis estadístico

Se utilizó el programa SPSS 25 para evaluar los análisis estadísticos de los parámetros. Se realizó la prueba Kruskal-Wallis, la cual es una prueba estadística no paramétrica usada para evaluar la diferencia entre tres o más grupos de muestras independientes en una sola variable continua que no se distribuye normalmente. Un uso típico de la prueba de Kruskal-Wallis es evaluar si tres o más grupos difieren en una sola variable que no cumple con el supuesto de normalidad de ANOVA. Debido a que la variable de interés no cumple con la normalidad, esta prueba compara rangos (Weinery Craighead, 2010). Valores de H de Kruskal-Wallis inferiores al nivel de significación indican que hay diferencias significativas en al menos dos grupos de entre los comparados. En ese sentido, se utilizó Kruskal-Wallis para pH y CE. Para el volumen de biogás generado, se usó el análisis de frecuencias acumulado según la materia orgánica cargada.

## Resultados

### Resultados de pH

El tratamiento E mostró los valores de pH menos ácidos en todo el proceso de fermentación; mientras que los tratamientos A, B y C mostraron valores más ácidos (figura 2). En estos últimos tratamientos, su volumen de carga estuvo sujeto a mayores cantidades de suero salado. En todos los tratamientos se observó una disminución del pH en la primera semana.

**Figura 2.** Comportamiento del pH semanal de los tratamientos.

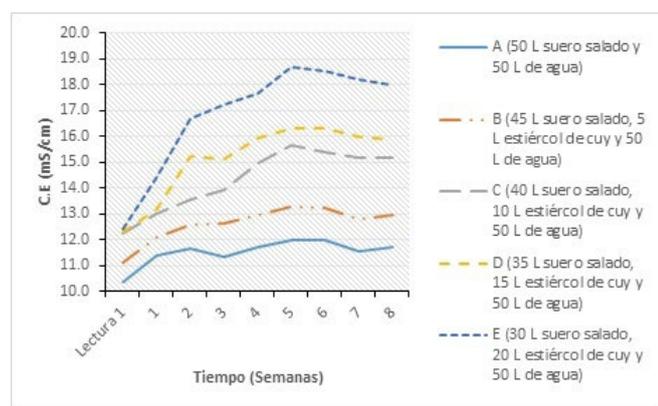
De acuerdo con la prueba de Kruskal-Wallis, se encontraron diferencias entre los tratamientos (H de Kruskal-Wallis = 31,975;  $p = 0,000$ ). Los análisis estadísticos indicaron diferencias significativas entre los tratamientos A - D ( $p = 0,002$ ), A - E ( $p = 0,00$ ) y B - E ( $p = 0,001$ ), las cuales se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2.** Prueba Kruskal-Wallis para pH.

Muestra 1 - Muestra 2	Sig	Sig ajust.
A - B	0,192	1,000
A - C	0,009	0,087
A - D	0,000	0,002
A - E	0,000	0,000
B - C	0,186	1,000
B - D	0,015	0,152
B - E	0,000	0,001
C - D	0,269	1,000
C - E	0,013	0,131
D - E	0,169	1,000

### Resultados de CE

En la figura 3 se presenta el comportamiento de la CE durante la fermentación y se observa que los valores del tratamiento E en las últimas tres semanas de evaluación fueron 18,6 mS/cm, 18,2 mS/cm y 18,0 mS/cm; mostraron los más altos valores en comparación con los demás tratamientos. Por el contrario, los tratamientos A, B y C mostraron los valores más bajos de CE en todo el proceso, hasta alcanzar valores de 11,4 mS/cm, 13,0 mS/cm y 15,2 mS/cm, respectivamente, en la semana 8.



**Figura 3.** Comportamiento de la CE semanal de los tratamientos.

Los resultados, según la prueba de Kruskal-Wallis, indicaron que existen diferencias significativas entre los tratamientos (H de Kruskal-Wallis = 31,353;  $p = 0,000$ ). En la tabla 3 se muestran las diferencias evidenciadas en los tratamientos: A - C ( $p = 0,021$ ), A - D ( $p = 0,001$ ), A - E ( $p = 0,000$ ) y B - E ( $p = 0,002$ ).

**Tabla 3.** Prueba Kruskal-Wallis para CE.

Muestra 1 - Muestra 2	Sig	Sig ajust.
A - B	0,140	1,000
A - C	0,002	0,021
A - D	0,000	0,001
A - E	0,000	0,000
B - C	0,108	1,000
B - D	0,015	0,147
B - E	0,000	0,002
C - D	0,404	1,000
C - E	0,032	0,324
D - E	0,192	1,000

### Producción de biogás

En la tabla 4 se presenta los valores de potencial de producción de biogás semanal y promedio acumulado. El potencial de producción de biogás semanal fue superior en el tratamiento B, al indicar 3,01 L biogás/semana; por su parte, se registró el valor más bajo en el tratamiento D (1,57 L biogás/semana). En cuanto al comportamiento de la producción de biogás promedio acumulada, se observó que estuvo sujeta de la siguiente manera:  $D < A < C < E < B$ , y obtuvo valores de 11 L; 11,16 L; 15,76 L; 19,76 L y 21,04 L, respectivamente. Los resultados mostraron mayores cantidades de biogás en tratamientos con proporciones altas de suero, a excepción del tratamiento E. Las mediciones se realizaron en condiciones de presión normales.

**Tabla 4.** Producción de biogás.

Tratamiento	Volumen de carga	Biogás	
		L biogás/semana	L biogás acumulado
A	50 L de suero salado	1,59	11,16
B	45 L de suero salado y 5 L de estiércol de cuy	3,01	21,04
C	40 L de suero salado y 10 L de estiércol de cuy	2,25	15,76
D	35 L de suero salado y 15 L de estiércol de cuy	1,57	11,00
E	30 L de suero salado y 20 L de estiércol de cuy	2,82	19,76

### Discusión

#### Variación de pH

Los resultados mostraron que los valores de pH disminuyeron en la primera semana en los cinco tratamientos. Esta disminución es un proceso propio de la digestión anaerobia, principalmente de la etapa de acidogénesis, donde la producción de ácidos grasos

volátiles produce la acidificación del medio (Paucar y Quispe, 2015).

Por otro lado, los valores mínimos de pH en los tratamientos con mayor cantidad de suero salado (A, B y C) indican que la acidificación del suero se inicia rápidamente debido a la presencia de la lactosa, la cual es fácilmente degradada en ácidos orgánicos por microorganismos anaeróbicos. Ello hace que se genere un medio ácido en los tratamientos (Ghaly, 1996).

Es importante mencionar que la codigestión es una alternativa para evitar problemas con la acidez; las excretas de los animales son un buen sustrato para el caso del suero (Hernandez, 2015 y Fernández Rodríguez *et al.*, 2016). Esta posición se evidenció en los resultados obtenidos, con los valores de pH de los tratamientos con presencia de estiércol de cuy (B, C, D y E) superiores al tratamiento A.

### **Producción de biogás**

Los resultados obtenidos se asemejan a los presentados por Barrena *et al.* (2017), que obtuvieron mayores producciones de biogás al usar mayor proporción de suero lácteo, al combinarlo con estiércol bovino y chips de totora. Los investigadores sostienen que la producción de biogás se encontró estrechamente ligada a los niveles de lactosuero. Esto se debe a que el suero es considerado un sustrato con alta biodegradabilidad por estar compuesto por lactosa y proteína (Hernandez, 2015). Una vez que es expuesto al proceso de digestión anaerobia, las bacterias acidogénicas comienzan a consumir el alimento altamente digestible, se reproducen rápidamente y liberan en poco tiempo grandes cantidades de ácidos al medio. De acuerdo con ello, las bacterias metanogénicas comienzan a consumir el ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono y producen biogás (FAO, 2019).

Por otro lado, la FAO (2019) menciona que el valor óptimo de C/N para el proceso de digestión va de 20:1 a 30:1. El valor más cercano al rango óptimo fue presentado en el tratamiento B, mientras que los más bajos, en A y D. Estos valores coinciden con las mayores y menores producciones de biogás en los tratamientos.

Según la FAO (2011), los parámetros como la naturaleza de la materia prima, C/N, temperatura, tiempo de retención hidráulica (TRH), velocidad de carga orgánica, pH, nutrientes, potencial redox, inhibidores y agitación, pueden afectar la producción de biogás. De acuerdo con ello, la diferencia en la producción de biogás en los 5 tratamientos puede asignarse al parámetro de C/N, el cual no cumplió con los valores óptimos para el proceso de digestión.

### **Conclusiones**

El mayor potencial de producción de biogás semanal usando suero salado de quesería y estiércol de cuy fue de 3,01 L biogás/semana, registrado en el tratamiento B (45 L de suero salado, 5 L de estiércol de cuy y 50 L de agua). A su vez, el menor potencial de producción de biogás semanal fue evidenciado en el tratamiento D (35 L de suero salado, 15 L de estiércol de cuy y 50 L de agua), que obtuvo 1,57 L biogás/semana.

La producción de biogás a partir de suero salado de quesería y estiércol de cuy fue superior en el tratamiento B (45 L de suero salado, 5 L de estiércol de cuy y 50 L de agua), que registró un volumen acumulado de 21,04 L en un periodo de 8 semanas.

El estudio evidencia que la zona de Santa Rosa de Quives (Lima), podría reducir sus problemas relacionados con el acceso de electricidad mediante el uso de suero salado de quesería y estiércol de cuy, para obtener biogás y disminuir el costo de su energía eléctrica. Sin embargo, se recomienda extender la investigación y realizar otros estudios sobre la calidad del biogás generado, utilizando aparatos aptos para la medición de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S, los cuales permitirían conocer el potencial energético de la mezcla de suero salado y estiércol de cuy.

### **Agradecimientos y fuentes de financiación**

Al ingeniero Luis Gomero Osorio, de la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú), por la asesoría y dedicación en la presente investigación. A los trabajadores y practicantes del Fundo Agroecológico HECOSAN, por permitir que la investigación pueda llevarse a cabo en este lugar y en momentos difíciles debido a la emergencia sanitaria por la pandemia por el covid-19; y por su invaluable colaboración durante la investigación y apoyo en la recolección del estiércol de cuy. Asimismo, a las familias Flores Villanueva, Villanueva León y Villasante Román, por su invaluable colaboración para la recolección del suero de quesería.

### **Fuente de financiamiento**

La investigación fue autofinanciada.

### **Contribución de autoría**

YJB fue responsable de la toma de datos, el análisis de datos y la redacción del artículo.

### **Conflictos de interés**

La autora declara que no existe ningún conflicto de interés.



## Referencias bibliográficas

- Barrena, M., Gamarra, O., Milla, M., Fellenberg, T. y Ordinola, C. (2017).** «Optimización de la producción de biogás a escala de laboratorio a partir de estiércol de bovino, lactosuero y totora (*Scirpus californicus*)». *INDES. Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 3(2), pp. 60-66. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/209>
- Carrasco, J. L. (2015).** *Planta de biogás para autoabastecimiento energético: una estrategia para diferentes contextos*. Tesis de Ingeniería Civil en Biotecnología. Universidad de Chile.
- Castillo, G. (2012).** *Evaluación de codornaza y gallinaza de granjas avícolas para la producción de biogás y abono mediante digestión anaerobia*. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Fernández Rodríguez, C., Martínez, E., Morán, A. y Gómez, X. (2016).** «Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. Revisión bibliográfica». *Revista Investigación, Optimización y Nuevos Procesos en Ingeniería*, 29(1), pp. 47-62. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/5623>
- Ghaly, A. E. (1996).** «A comparative study of anaerobic digestion of acid cheese whey and dairy manure in a two-stage reactor». *Bioresource Technology*, 58(1), pp. 61-72. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852496001058?via%3Dihub>
- Gomero, L. (2018).** «La lucha biológica en HECOSAN: una experiencia de manejo ecológico de plagas». *LEISA Revista de Agroecología*, 34(1), pp. 22-23.
- Gómez Soto, J. A. y Sánchez Toro, Ó. J. (2019).** «Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión». *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), pp. 129-158. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.1.637>
- Guereca, L., Cenzano del Castillo, E. y Madrid, A. (2014)** *Queserías. Nuevo manual técnico*. Madrid: AMV.
- Hernandez, F. (2015).** *Producción de biogás con suero de queso*. Disponible en: <https://n9.cl/zzoqa>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. (S. f.).** *Energías renovables*. Disponible en: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables>
- Montes, T. (2015).** *Asistencia técnica dirigida en crianza tecnificada de cuyes*. Agrobanco. Disponible en: [https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/ASISTENCIA\\_TECNICA\\_EN\\_CRIANZA\\_TECNIFICADA\\_DE\\_CUYES.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/ASISTENCIA_TECNICA_EN_CRIANZA_TECNIFICADA_DE_CUYES.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (2011).** *Manual del biogás*. Santiago de Chile: FAO. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (2019).** *Guía teórico-práctica sobre el biogás y los biodigestores*. Buenos Aires: FAO. Disponible en: [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/GuiaDeBiogasyBiodigestores-19-07-10.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/GuiaDeBiogasyBiodigestores-19-07-10.pdf)
- Paucar, L. y Quispe, M. (2015).** *Producción y evaluación de la calidad del biogás y biol en un biodigestor usando estiércol de codorniz de la granja V.A Velebit S.A.C ubicada en el distrito de Lurigancho-Chosica*. Tesis de Ingeniería Ambiental. Universidad Agraria La Molina.
- Caretas. (2021).** *Productos peruanos de queso artesanal serán capacitados por especialistas internacionales*. Disponible en: <https://www.cooperacionsuiza.pe/revista-caretas-productores-peruanos-de-queso-artesanal-seran-capacitados-por-especialistas-internacionales/>
- Schmerler Vainstein, D. et al. (2019).** *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética*. Lima: Osinergmin.
- Servicios Educativos Promoción y Apoyo Rural. (2013).** *Procu y Wanka. Una experiencia de desarrollo sostenible en el valle del Mantaro*. Lima: Goyoc Editores.
- Terán, J. (2017).** *Efecto del tiempo de fermentación en volumen y presión de biogás en un biodigestor con excretas de cuy, Bambamarca*. Tesis de Ingeniería Mecánica Electricista. Universidad César Vallejo.
- Tobón, O. (2016).** *Manual de producción y consumo sostenible. Gestión del recurso hídrico. Sector lácteo*. Corantioquia. Disponible en: <https://cutt.ly/5LuHr5i>
- Weiner, I. y Craighead, W. E. (2010).** *The Corsini Encyclopedia of Psychology*. Nueva York: John Wiley & Sons.
- Zambrano, M. (2016).** *Rendimiento de biogás a partir de mezclas entre estiércol de vacuno y suero de quesería mediante digestión anaeróbica*. Tesis de maestría. Universidad Nacional Agraria La Molina.