

ENERGÍA

ARTÍCULO ORIGINAL



<http://opn.to/a/iQ69f>

Propuesta de estrategia energética para abasto de agua en la ganadería

Proposal of energy strategy for water supply in livestock

Dr.C. Camilo Bonet-Pérez^{II}, MSc. Abelardo Abad-Caballero^{II}, MSc. Pedro Guerrero-Posada^I, MSc. Dania Rodríguez-Correa^I, MSc. Bárbara Mola-Fines^I, Téc. Gerónimo Avilés-Martínez^I

^I Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba.

^{II} Empresa Pecuaria Triángulo Tres. GEGAN, Camagüey, Cuba.

RESUMEN. Los impactos del cambio climático en el sector agropecuario, principalmente las manifestaciones de sequía, cada día más fuertes y frecuentes, obligan a lograr el uso más eficiente posible del agua disponible. En la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Genética Los Pinos” de la Empresa Pecuaria Triángulo Tres de la provincia Camagüey la disponibilidad de agua superficial y subterránea es limitada, lo cual limita la producción agropecuaria de esta UEB. Esta situación ha obligado a utilizar soluciones alternativas tales como el suministro de agua en pipas, con alto consumo de combustible diesel y de energía eléctrica, lo cual además constituye una solución que no satisface las necesidades. Con el objetivo de lograr un uso eficiente del agua y la energía para el abasto a los animales se realizó un estudio integral que permitió conocer la situación específica de cada una de las fuentes de abasto existentes y las posibilidades de lograr un mayor nivel de uso del agua a partir de una estrategia integral que prioriza el empleo de fuentes renovables de energía. Los resultados indican que existe la posibilidad potencial de mejorar el nivel de satisfacción de las necesidades de agua para el abasto al ganado desde el 20% al 80%, en tanto el uso de las fuentes renovables de energía se incrementa del 38% al 79%, lo cual requerirá de la ejecución de acciones que incluyen inversiones y medidas organizativas relacionadas con el uso racional de la energía.

Palabras clave: energía eólica, energía solar, uso del agua, consumo de agua por los animales.

ABSTRACT. The impacts of the climatic change in the agricultural sector, mainly the manifestations of stronger and more frequent drought, force to achieve the most efficient use of the available water. In the Managerial Base Unit (UEB) “Genetics Los Pinos” of the Cattle Company Triángulo Tres in Camagüey province the readiness of superficial and underground water is limited, which limits the agricultural production of this UEB. This situation has forced to use such alternative solutions as the supply of water in pipes, with high consumption of diesel fuel and electric power, which also constitutes a solution that doesn’t satisfy the necessities. With the objective of achieving an efficient use of the water and the energy for the supply to the animals was carried out an integral study that allows to know the specific situation of each of the existent supply sources and the possibilities of achieving a more efficient level of use of the water starting from an integral strategy that prioritizes the employment of renewable sources of energy. The results indicate that exists the potential possibility of improving the level of satisfaction of the necessities of water for the supply to the livestock from 20% to 80%, as long as the use of the renewable sources of energy is increased of 38% to 79%, which will require actions that include investments and organizational measures related with the rational use of the energy.

Keywords: wind energy, solar energy, water use, water consumption by animals.

INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos que han de abordar los países de una sociedad más sostenible, lo constituyen las grandes transformaciones que se experimentan en el ámbito energético en los próximos años, en función de las actuales tendencias

*Autor para correspondencia: Camilo Bonet Pérez, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Recibido: 26/01/2018.

Aprobado: 31/05/2019.

y ambiental, situación particularmente importante en las condiciones que impone el cambio climático (Barbero y Rodríguez, 2012, citados por (Macias *et al.*, 2015). Hasta el día de hoy y desafortunadamente, de un futuro no tan cercano, el 80% de las necesidades energéticas de nuestro planeta son satisfechas con la utilización de combustibles fósiles (petróleo, gas, carbón), todos ellos extinguidos, fuertemente contaminantes y utilizados en forma ineficiente, por el interés predominante de la producción de energía sobre el de sus efectos ecológicos (Villarino y Ríos, 2013). La importancia de reducir el consumo de estas fuentes primarias se ha transformado de un problema económico a un problema vital, y de un problema vital del futuro a uno de los mayores accidentes que ya padecemos en el desarrollo de la humanidad. Hasta el momento, el problema de explotar el recurso eficiencia energética se ha visto de una forma muy limitada, fundamentalmente mediante la realización de diagnósticos energéticos para detectar las fuentes y niveles de pérdidas, y posteriormente definir proyectos de ahorro para la conservación de la energía; esta vía, además de obviar parte de las causas que provocan baja eficiencia energética, generalmente tiene una reducida efectividad por realizarse sin la integralidad, los procedimientos y el equipamiento requerido, todo ello por limitaciones financieras para aplicar los proyectos, pero sobre todo, por no contar con la cultura ni con las capacidades técnico administrativas necesarias para realizar el seguimiento, control y lograr un adecuado nivel de consolidación de las medidas aplicadas (de la Rosa Andino, 2017).

En Cuba existen diferentes tendencias para gestionar y controlar los portadores energéticos, por lo cual existen disímiles criterios de evaluación de la efectividad de los resultados, aunque, en ocasiones, no se definan los requisitos que integralmente avalan la eficiencia y eficacia en la gestión de los recursos. La propuesta de solución a los problemas planteados es realizable buscando una mejora continua en la utilización y control de los costos de la producción y los servicios, fomentando el ahorro y la eficiencia energética (Benítez *et al.*, 2014; Martínez y Martínez, 2014).

El desarrollo económico del país establece entre sus prioridades el logro del uso eficiente de la energía, para lo cual se han elaborado programas que consideran el incremento del empleo de fuentes renovables tales como la energía eólica, hidráulica y solar. Unido al tema del uso eficiente de la energía se debe considerar el aprovechamiento de los recursos naturales Wark y Warmer (1994), entre los cuales el agua constituye uno de los eslabones fundamentales.

Según Herrera (2011), la Política Nacional del Agua en Cuba, elaborada como respuesta al proceso de implementación de los lineamientos y especialmente los referidos a los Recursos Hidráulicos establece entre las prioridades estratégicas el uso racional y productivo del agua disponible y el uso eficiente de la estructura construida, al mismo tiempo, se brinda especial atención al uso eficiente de la energía.

Señalan Muñoz *et al.* (2012), que las áreas productivas han sufrido durante varios años las consecuencias de los problemas económicos que atraviesa el país, así como los eventos extremos que se producen debido al cambio climático, por lo que sus áreas

e instalaciones, así como los resultados pecuarios se han visto afectados en gran medida, observándose un deterioro de los agro ecosistemas. Las causas de la degradación general están dadas por la incidencia de diversos factores tanto naturales como vinculados a la acción del hombre; un aspecto importante es el clima, teniendo en cuenta los dos períodos fundamentales que existen en el país, el período lluvioso y el período poco lluvioso, durante los cuales la sequía se ha extendido con reiteración, lo que ha provocado nefastas consecuencias para la agricultura, por lo que se hace necesario preparar las áreas y garantizar las condiciones para el uso eficiente del agua disponible (Sager, 2000).

Durante los últimos años la UEB Los Pinos de la Empresa Pecuaria Triángulo Tres ha atravesado una crítica situación en relación al abastecimiento de agua al ganado que ha provocado deterioro en los indicadores productivos y muertes de animales, por lo cual ha sido necesario utilizar medidas alternativas tales como el tiro de agua en pipas y la construcción de tranques, lo cual ha conllevado al uso excesivo de combustible para estos fines, a pesar de lo cual no se logra garantizar la demanda de agua de los animales.

Objetivo: Proponer una estrategia que permita lograr eficiencia energética en la actividad de abasto de agua al ganado de la UEB Genética Los Pinos, garantizando incrementar el nivel de aseguramiento de la demanda de agua de los animales.

MÉTODOS

La UEB Genética los Pinos se encuentra al sur de la Empresa Pecuaria Triángulo Tres en la provincia Camagüey, Cuba, y cuenta con una extensión de 1079,15 ha divididas en 14 unidades destinadas en su totalidad a la reproducción y cría de animales raciales de las especies vacunas, equinas, ovinos y caprinas.

El trabajo se desarrolla según el siguiente procedimiento: estudio diagnóstico de la disponibilidad de agua superficial y subterránea para el abasto a la ganadería, valoración de la situación del abasto de agua a la ganadería en las condiciones actuales, cálculo del consumo de energía y el nivel de abastecimiento de agua en las condiciones actuales, recopilación de información de apoyo al estudio, propuesta de estrategia integral para el abasto de agua y valoración del consumo de energía y nivel de abastecimiento de agua en la estrategia propuesta.

Para la ejecución del estudio se realizó la georeferenciación de las áreas de la UEB así como de las fuentes de abasto de agua disponibles.

Para el desarrollo de la investigación se utilizan los siguientes medios: water level (Toscano Portable PLS 100) para medir el nivel del agua en los pozos, GPS (Garmin GPS Map 62-STC) para determinar la ubicación georeferenciada de las fuentes de abasto de agua y otros puntos de interés, cinta métrica de 50 m con precisión de 1 cm para medir las distancias, cámara fotográfica (Kodak Easy Share CS10) para toma de evidencias gráficas.

Ecuaciones utilizadas:

$$Vd=q \times Nh \times 3600 \quad (1)$$

donde: Vd. Volumen de agua aportado por molinos a viento o bombas con paneles solares (L/día); q. Caudal

del molino o bomba con panel solar (L/s); Nh. Número de horas de bombeo al día

$$Pea = \frac{1}{2} \rho \cdot A \cdot v \cdot Cp \tag{2}$$

donde: Pea. Potencia eólica aprovechable (W); ρ. Densidad del aire (kg/m³); A. Área de la máquina eólica (m²); v. Velocidad del viento (m/s); Cp. Coeficiente de potencia, es función de la velocidad del viento, Cp = f(v). Cp es un coeficiente que teóricamente depende del tipo de rotor; su valor es de 0,45 para rotores hélices de alta velocidad y de 0,30 para rotores múltiples de baja velocidad (molino de viento para bombeo, tipo americano).

$$Ps = HT \times t \tag{3}$$

donde: P. Potencia solar (W); HT. Potencia promedio diaria del Panel Solar Fotovoltaico (W/m²/h); t. Tiempo de radiación solar aprovechable (h)

$$Vc = Ac \cdot Ll \cdot Kc \tag{4}$$

donde: Vc. Volumen de captación (L); Ac. Área de captación (m²); Ll. Lluvia (mm); Kc Coeficiente de corrección (0,85 – 0,95)

$$Emci = \frac{\delta \times g \times Q \times H \times t}{\eta m \times 1000} \tag{5}$$

$$Ee = \frac{\delta \times g \times Q \times H \times t}{\eta m \times \eta e \times 1000} \tag{6}$$

donde: Emci. Energía consumida por el motor de combustión interna (kWh/año); δ. Densidad del agua (1,00 g/cm³); g. Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²); Q. Caudal de bombeo (L/s); H. Carga de bombeo (m); t. Tiempo de bombeo en el año (h); ηm. Coeficiente de rendimiento mecánico (0,45 – 0,80) Ee. Energía eléctrica consumida por el motor eléctrico (kWh/año); ηe. Coeficiente de rendimiento eléctrico (0,75 – 0,95).

$$Gei = Ee \times 0.75 \tag{7}$$

donde: Gei. Gases de efecto invernadero (t de CO₂); Ee. Electricidad estimada (MWh); 0,75: Índice equivalente de energía en emisión de CO₂

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se efectuó la georreferenciación del área y las fuentes de abasto disponibles como herramienta fundamental para la interpretación del estado actual de la problemática estudiada (Ponvert y Lau, 2013). El estudio realizado indica que la zona de estudio no dispone de importantes cuencas de agua superficial, estando el área atravesada por pequeños arroyos que son activos solo durante periodos de grandes precipitaciones, en tanto la disponibilidad de agua subterránea presenta gastos inferiores a 3,0 L/s.

TABLA 1. Estado actual de la infraestructura para el abasto de agua

Tranques	Pozos	Molinos	Tanques	Motobomba	Electrobomba Bomba + Panel Solar
16	15	13	11	4	3 1

Energía eólica. Los pozos aparecen generalmente localizados cerca de las vaquerías, asociados a molinos a viento y tanques de almacenamiento, en este sentido la principal limitación está en el mal estado técnico de la red hidráulica que impide utilizar los tanques, de manera que la mayoría de los molinos bombean directamente a las canoas, por lo cual se desaprovecha el agua y la energía utilizada en el bombeo; unido a esto, estas instalaciones solo suministran agua a los animales en la propia vaquería, quedando desprotegidos durante su permanencia en los potreros durante la mayor parte del día. En el caso de los tranques, además de ser insuficientes, constituyen solo un apoyo al suministro de agua a los animales en el campo pero no se deben contabilizar como parte de la solución del problema, debido a que los mismos solo almacenan agua como promedio durante el 40% del tiempo cada año. Para reducir el efecto de esa situación se utiliza como alternativa el tiro de agua en pipas.

El volumen de agua aportado por los molinos y bombas con paneles solares se determina por la ecuación 1. Según las observaciones realizadas se estima que alrededor del 50% del volumen bombeado se pierde por falta de condiciones de almacenamiento, y otro 10% se utiliza para otros usos como la limpieza de las vaquerías; a partir de estas consideraciones, el volumen de agua garantizado asciende a 63 720 L/día, este aporte representa como promedio sólo el 20% de la necesidad.

Los resultados de estudios realizados por el Instituto de Meteorología en Camagüey para la zona de estudio (INSMET, 2017) indican los mayores valores de velocidad del viento en el periodo de noviembre a abril, los menores valores en los meses de septiembre y octubre. Respecto al comportamiento en diferentes horarios, se observa que los mayores valores se manifiestan entre las 10 am y las 4 pm (Tabla 2), periodo en el que los animales permanecen en los potreros.

TABLA 2. Comparación de la velocidad media del viento a diferentes alturas y horarios (m/s)

Altura (m)	Horario								Media
	1am	4 am	7 am	10 am	1 pm	4 pm	7 pm	10 pm	
6	1,93	1,73	2,05	4,57	4,43	4,63	3,13	2,22	3,09
9	2,07	1,88	2,20	4,93	4,67	5,02	3,36	2,41	3,32
12	2,18	1,98	2,33	5,18	4,92	5,29	3,54	2,54	3,28

Fuente: (INSMET, 2017).

El incremento de la velocidad del viento entre las alturas de 9 y 12 m oscila en el rango entre 0,10 y 0,27 m/s, valores que no resultan significativos para los efectos del empleo de los molinos a viento, por lo cual no se justifica el empleo en esta zona de molinos con alturas superiores a los 9 m. Los mayores valores de velocidad del viento se reflejan en el horario comprendido entre las 10 am y las 4 pm; para efectos prácticos se asume el funcionamiento de los molinos en una media de 6 horas/día.

A partir de la ecuación 2 se puede determinar el potencial eólico de la zona; en este caso se utiliza el valor de velocidad del viento de 4,5 m/s que es un valor medio que se alcanza en el transcurso del día incluso en los meses de menor viento; la densidad del aire es de 1,20 kg/m³ a 25°C y se asume un valor de Coeficiente de Potencia de 0,30.

En todos los molinos el radio es similar (1,215 m), de lo que resulta que el área de la máquina es de 4,64 m² y la potencia eólica instalada en cada caso es de 3,76 W.

TABLA 3. Radiación solar en la UEB Los Pinos

Mes	I	II	III	IV	V	VI
RS (W/m ² /día)	311,7	326,5	406,4	436,5	432,9	476,0
Mes	VII	VIII	IX	X	XI	XII
RS (W/m ² /día)	390,1	458,6	399,8	312,0	342,5	336,8

Fuente: (INSMET, 2017).

Energía solar. Los resultados indican la factibilidad del empleo de la tecnología de bombas con paneles solares como alternativa que combinada con los molinos a viento puede contribuir a garantizar el abasto de agua a los animales, siempre que las bombas seleccionadas estén en correspondencia con los gastos disponibles en la zona.

Los mayores valores de radiación solar a lo largo del día se presentan en el horario del mediodía, situación típica de los países tropicales (Romero, 2011, citado por Verdecia *et al.* (2017). en tanto a lo largo del año los mayores valores se encuentran en el periodo de marzo a septiembre con picos en los meses de abril hasta agosto, lo cual indica que el empleo de esta tecnología puede contribuir a complementar el uso de los molinos a viento, ya que el mayor potencial de radiación solar se concentra generalmente durante los meses de menor velocidad del viento; según INSMET (2017), en el área de estudio la velocidad media del viento medida a 9 m de altura cada 3 horas durante el día

es de 3,22 m/s, mientras que los meses de junio, septiembre, octubre y mayo muestran los menores valores (2,45; 2,59; 2,82 y 3,15 m/s respectivamente).

La generación solar promedio que recibe Cuba durante un año es de unas 1 820 horas de 1 kW/m², o sea, un promedio de unas 5 horas diarias de 1 kW/m². Debido a las pérdidas originadas por distintos factores, se hace necesario disminuir dicho número de horas, para la radiación solar de Cuba un Sistema Fotovoltaico (SFV) debe generar como promedio aproximadamente unas 1 500 horas al año según Stolik (2014), lo que equivaldría a 300 días.

Con empleo de la ecuación 3 se determina el potencial de energía solar disponible. El tiempo total de radiación solar en la provincia Camagüey se mantiene en parámetros entre 7 y 9 horas diarias según se refleja en la figura 1, sin embargo, para los efectos de la generación de energía solo se considera aprovechable alrededor del 50% (Stolik, 2014).

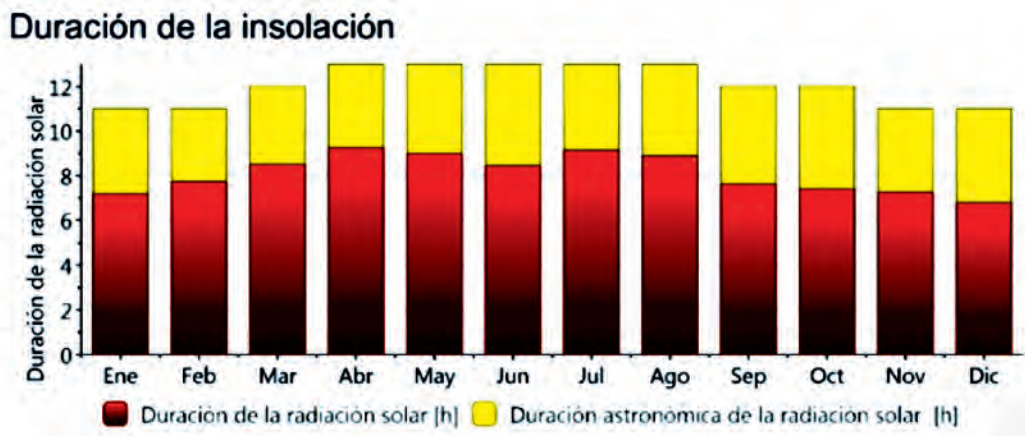


FIGURA 1. Comportamiento de la radiación solar en la provincia Camagüey en el periodo 2001 – 2010. Fuente: INSMET (2017).

Tomando como referencia los SFV SQFlex adquiridos en Cuba para el suministro de agua a la ganadería, estos tienen una potencia promedio diaria de 6 kWh/m²/h según GRUNDFOS (2017), por lo tanto, en nuestras condiciones este sistema tiene la capacidad potencial de producir 9000 kW anualmente.

Se ha considerado que esta tecnología puede emplearse para la solución del agua en los potreros en las unidades que lo requieran, vinculando la tecnología con tuberías conductoras y tanques que permitan el acceso de los animales, lo cual facilitaría el consumo de

agua durante las horas del día en que los animales permanecen en los potreros y no solo durante el horario en que se encuentran en las vaquerías como sucede en la actualidad; estos tanques se deben instalar preferiblemente en condiciones de sombra para conservar la calidad del agua y proteger la salud animal.

Captación de agua de lluvia. La captación de agua de lluvia en las condiciones del área de estudio puede realizarse a través de las cubiertas de instalaciones y de tanques de almacenamiento de agua.

El uso de los tranques no llega a constituir una solución importante debido a la no existencia en el área de estudio de grandes cuencas que posibiliten niveles de escurrimiento superficial del agua considerables, además, debido a las altas temperaturas predominantes durante la mayor parte del año los niveles de evaporación son considerables Hudson (1997), sin embargo, no deben desecharse como una alternativa más que puede contribuir a facilitar el acceso del agua a los animales durante las horas del día en las que se encuentran en los potreros, fundamentalmente durante el periodo lluvioso del año.

La concepción de empleo de los tranques debe cambiarse, pues la práctica habitual de permitir el acceso directo de los animales a los mismos atenta contra la salud la masa vacuna, además del efecto perjudicial que puede provocar por la contaminación secundaria del agua subterránea (Oficina Nacional de Normalización, 2014). Para evitar esto se propone cercar los mismos e instalar a su alrededor bombas vaqueras que posibilitan el acceso al agua sin comprometer su calidad.

Considerando los valores de lluvia media en la zona se ha calculado la lluvia para una probabilidad del 75%; se obtuvo el valor de 1026 mm de lluvia, con este valor se calculó el agua posible a captar a partir de las cubiertas de las vaquerías utilizando la ecuación 4.

Se asumió un valor de $K_c = 0,90$; con esto se ha estimado el volumen de agua de lluvia posible a captar de 16 887 134 L/año en 11 unidades, el cual se dedicará a la limpieza de la unidad y otros usos, quedando por tanto el agua extraída mediante molinos y bombas con paneles solares para el consumo de los animales.

Otras soluciones para el abasto de agua. Las motobombas y electrobombas horizontales disponibles se emplean de manera combinada con otras tecnologías para el rebombeo de agua a las unidades desde cisternas; la energía consumida por motores de combustión interna y por motores eléctricos se determina a partir de las ecuaciones 5 y 6.

Los coeficientes de rendimiento mecánico y eléctrico se asumen en valores de 0,60 y 0,80 respectivamente, considerando las características técnicas de los equipos disponibles y un tiempo de bombeo de 4 horas/día, la energía consumida resulta de 13,08 y 16,35 Kwh/día para las motobombas y las electrobombas respectivamente.

TABLA 4. Comparación de la situación actual con la estrategia propuesta

	1	2	3	4	5	6	7
Situación actual	13	11	1	16	0	0	1
Estrategia propuesta	13	13	3	16	32	11	1
Diferencia	0	2	2	0	32	11	0

Molino a viento; 2. Tanques de almacenamiento; 3. Bombas con Paneles solares; 4. Tranques; 5. Bombas Vaqueras; 6. Módulo de captación de agua de lluvia; 7. Pipa

Como solución alternativa en el caso de situaciones críticas o de extrema sequía se prevé el empleo de pipas para el tiro de agua. Para los efectos de este estudio se asumió un número de días medio de tiro de agua con pipa durante la campaña según el comportamiento en los últimos años.

Estrategia propuesta. En la estrategia propuesta se plantea recuperar los 11 tanques de almacenamiento a partir de la reparación de la red hidráulica e incrementar los 2 que se requieren, incrementar las bombas con paneles solares reduciendo el bombeo con motobombas y electrobombas, introducir el empleo de bombas vaqueras y módulos de captación de agua de lluvia, se mantiene la necesidad de empleo de la pipa pero al comparar la estrategia propuesta con la situación actual se produce una reducción en el trayecto a recorrer y en el número de días a considerar para el empleo de las pipas al año, de lo cual resulta una reducción de la demanda de combustible.

La estrategia propuesta permite el incremento del volumen de agua aportado a los animales a pesar de las limitaciones existentes en las fuentes de abasto, alcanzándose aproximadamente un 80% de satisfacción de las necesidades estimadas.

TABLA 5. Comparación de uso de la energía para el abasto de agua en un año

Energía	Actual (%)	Perspectiva (%)
Eólica	14,5	33,0
Solar	23,3	45,7
Eléctrica	46,6	11,2
Combustión Interna	15,6	10,1

La Tabla 5 indica que se produce un cambio significativo en el cual las fuentes renovables de energía pasan a ocupar el rol fundamental en el consumo de energía para el abasto de agua, incrementándose desde el 37,8 al 78,7%.

Como aspecto adicional se debe mencionar el beneficio ambiental que se logra al disminuir el aporte de CO_2 a la atmósfera. Utilizando la ecuación 7 se determina que como resultado de la estrategia propuesta se reduce el consumo de combustible fósil en alrededor de 10 000 L anuales por el menor empleo de las pipas y la sustitución de motobombas por bombas con paneles solares; considerando que el consumo específico de petróleo equivalente para generar un kWh de energía en el Sistema Electroenergético Nacional es de 300 – 350 g (Puente, 2014) se obtiene un total de 20 t de CO_2 dejadas de emitir a la atmósfera cada año, lo cual implica un alto beneficio ambiental.

CONCLUSIONES

- Hay insuficiente agua disponible para el abasto a la ganadería en la UEB Los Pinos, no disponiendo de agua superficial, el agua subterránea está limitada a gastos inferiores a 3,0 L/s.
- Existe un potencial de energía eólica y solar que no se utiliza eficientemente y que puede contribuir significativamente al incremento del aporte de agua a la ganadería.

- La estrategia propuesta permite mejorar el aporte de agua a los animales, incrementándose el nivel de satisfacción de la necesidad desde el 20% al 80%, lo cual se logra con un empleo más eficiente de las fuentes de energía, incrementándose el empleo de las fuentes renovables desde el 38 al 79% y disminuyendo en 20 t la producción de CO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENÍTEZ, L.; VENTURA, L.; JEREZ, P.R.; POMPA, C.Y.; TAMAYO, S.M.; DE LA ROSA, A.A.: “Aplicación de una herramienta de ayuda a la planificación energética en comunidades rurales aisladas. Caso de aplicación Las Peladas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(2): 70-75, 2014, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- DE LA ROSA ANDINO, A.A.: “Evaluación energética de la fábrica de conservas de frutas y vegetales del municipio Yara de la provincia de Granma”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(2): 49-54, 2017, ISSN: 2227-8761.
- GRUNDFOS: *Sistemas de suministro de agua basados en energías renovables*, ser. Catálogo Grundfos, Inst. Grundfos, España, 20 p., 2017.
- HERRERA, P.J.: “El uso del agua en la agricultura en Cuba”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 1(2): 1-7, 2011, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- HUDSON, N.W.: *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*, Ed. Food & Agriculture Org., vol. Boletín de Suelos de la FAO 68, Roma, Italia, 1997, ISBN: 92-5-303406-8.
- INSMET: *Caracterización Climática Especializada*, Inst. Centro Meteorológico Provincial Camagüey, UEB Los Pinos. Empresa Pecuaria Camagüey, 2017.
- MACIAS, S.I.; GASKIN, E.B.G.; ROSA, A.A.A. de la; RAMOS, Z.J.L.; PACHECO, G.R.F.: “Análisis del consumo energético en camiones cisternas pertenecientes a la empresa comercializadora de combustibles Granma”, *Ingeniería Agrícola*, 5(1): 34-38, 2015, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- MARTÍNEZ, P.R.; MARTÍNEZ, P.F.: “Requisitos para la evaluación de la Gestión de los Portadores Energéticos”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(3): 44-50, 2014, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- MUÑOZ, C.D.; GUERRERO, P.; BONET, C.; KAIDA, M.A.: “Producción de forrajes con riego para la ceiba bovina en la provincia de Camagüey”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 2(2): 23-28, 2012, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: “Higiene comunal; fuentes de abastecimiento de agua: calidad y protección sanitaria”, En: *Norma cubana NC 1021-2014*, Ed. Comité Estatal de Normalización, vol. 93, La Habana, Cuba, 2014.
- PONVERT, D.D.; LAU, Q.A.: “Uso de las imágenes de satélites y los SIG en el campo de la Ingeniería Agrícola”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(4): 75-80, 2013, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054.
- SAGER, R.L.: “Agua para bebida de bovinos”, *Reedición de la Serie técnica*, ser. INTA E.E.A San Luis. Reedición de la Serie Técnica, (126), 2000, Disponible en: www.produccion-animal.com.ar, [Consulta: 15 de junio de 2017].
- STOLIK, N.D.: “La energía FV: oportunidad y necesidad para Cuba”, *Economía y Desarrollo*, 152(2): 69-86, 2014, ISSN: 0252-8584.
- VERDECIA-TORRES, T.D.; DE LA ROSA, A.A.A. de la; PACHECO-GAMBOA, G.R.F.; SÁNCHEZ, G.E.; GASKIN, E.B.: “Evaluación de la Eficiencia Energética en la Empresa de Transporte de la Construcción de Granma”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(2): 51-60, 2017, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- VILLARINO, F.L.; RÍOS, H.A.: “Fundamentación de fuentes energéticas de baja potencia en casas de cultivos protegidos”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 3(2): 3-10, 2013, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761.
- WARK, K.; WARMER, C.F.: *Contaminación del aire: origen y control*, Ed. Limusa, 1994, ISBN: 0-7002-2534-X.

Camilo Bonet-Pérez, Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Filial Camagüey, Cuba, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Abelardo Abad-Caballero, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Pedro Guerrero-Posada, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Dania Rodríguez-Correa, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Bárbara Mola-Fines, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Gerónimo Avilés-Martínez, e-mail: esp.riego.iagric@dlg.cmg.minag.gob.cu

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.