

LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EXPLOTACIONES DE VACUNO LECHERO EN GALICIA (ESPAÑA)

Sonia Irimia Fernández

Carlos Escudero Roldós

Carlos José Álvarez López

GI- 1716 - Proyectos y Planificación

Dpto de Ingeniería Agroforestal - Universidad de Santiago de Compostela

Abstract

Within a research project on engineering efficiency in dairy cattle farms, has conducted a survey to 158 farms in Galicia (NW Spain), to determine its total annual energy consumption. Energy sources on farms are electricity, diesel and butane, for facilities and machinery of production systems of exploitation.

The uses of energy are distributed mainly in lighting, and milking, cleaning and feeding the farm. In this work we have measured the different consumption, reaching a total set in kWh/year for each farm. This value has been transformed into comparable indicators as "energy consumption per kilogram of milk produced on each farm," expressed in kWh/kg, or "dairy cow energy", expressed in kwh/cow, which allows us to characterize more farms efficient energy point of view.

From the above mentioned farms, and references available from different countries around us, we will discuss production systems more energy efficient, compared with other indicators of engineering efficiency (facilities design and work routines) obtained from the abovementioned farms

Keywords: *Dairy farms; energy consumption; engineering efficiency*

Resumen

Dentro de un proyecto de investigación sobre eficiencia ingenieril en las explotaciones de vacuno lechero, se ha realizado una encuesta, a 158 explotaciones de Galicia (Noroeste de España), para determinar su consumo de energía total anual. Las fuentes de energía en las explotaciones son la energía eléctrica, el gasóleo y el butano, para las instalaciones y maquinarias de los sistemas productivos de la explotación.

Los usos de energía se distribuyen principalmente en iluminación, y los sistemas de ordeño, limpieza y alimentación de la explotación. En este trabajo se han medido los diferentes consumos, llegando a establecer un total en kwh/año para cada explotación. Ese valor ha sido transformado en indicadores comparables como "consumo energético por kilogramo de leche producido en cada explotación", expresado en kwh/kg, o "consumo energético por vaca lechera", expresado en kwh/vaca, que nos permite caracterizar las explotaciones mas eficientes desde el punta de vista energético.

A partir de la información anterior, y las referencias existentes de diferentes países de nuestro entorno, discutiremos los sistemas productivos de mejor eficiencia energética, comparándolos con otros indicadores de eficiencia ingenieril (diseño de instalaciones y rutinas de trabajo) obtenidos de las referidas explotaciones.

Palabras clave: *Explotaciones de vacuno lechero; consumos energéticos; eficiencia ingenieril*

1. Introducción

En noviembre de 2011 dentro de la jornada técnica sobre la “Eficiencia energética en las explotaciones lecheras” celebrada en la delegación territorial de la Xunta de Galicia en Lugo, se planteó que el consumo energético en las explotaciones lecheras creció gradualmente en los últimos 20 años motivado por el aumento de tamaño de las instalaciones y la generalización del uso de equipos automatizados. Indicándose que diversos estudios ponen de manifiesto que la electricidad es un coste importante para este sector al suponer aproximadamente el 8% de los costes fijos. La contribución al coste total de la energía eléctrica de las distintas actividades que se desarrollan en una explotación lechera, según información difundida (Xunta de Galicia, 2011), corresponde en un 32% a la refrigeración de la leche, en un 27% al calentamiento del agua, en un 19% a las bombas de vacío, un 18% a la iluminación y el resto un 4% a otros usos.

Los datos aportados sitúan en términos de consumo de electricidad por vaca ordeñada cifras que pueden variar entre los 3,8 y los 6,7 Kwh por vaca, cada semana, es decir de 197,6 a 348,8 Kwh/año y vaca en ordeño.

Independientemente de la consideración de los datos y estudios anteriores y su significación, podemos establecer la misma prevención que Kraatz y Berg (2008), la literatura publicada sobre el uso de energía en las explotaciones lecheras es difícilmente aprovechable debido a los diferentes sistemas de producción que utilizan, el uso de aproximaciones para el cálculo que los hacen inconsistente y que no incluyen el total de la energía utilizada dentro de la explotación.

Concretamente en esta comunicación se plantea el estudio de la eficiencia energética de una serie de explotaciones que tenemos monitorizadas desde hace tres años, y relacionarla con la eficiencia de las mismas. Con ello pretendemos dos cosas, por un lado determinar el consumo energético de una explotación de ganado vacuno lechero de Galicia, y por otro, relacionarlo con la eficiencia organizativa de las explotaciones.

Conviene advertir que en nuestro caso, nos encontramos con diferentes problemas para conseguir la información, podemos indicar que disponemos de información, totalizada anualmente del consumo de electricidad, del butano usado para calentar agua y la utilización de gasoil (tipo C), para el mismo fin. Lamentablemente no disponemos de discriminación de los usos de energía en las diferentes actividades y zonas de una explotación, y por otro lado tampoco tenemos consumos energéticos medidos directamente en las actividades de limpieza (dado que puede ser realizada por una arrobadera accionada por un motor eléctrico, manualmente o por un tractor) o de alimentación. Como veremos adelante solucionaremos estos problemas, gracias a nuestro conocimiento de los tiempos ocupados en las actividades, y en consecuencia las horas de tractor o de otros elementos de la maquinaria que se utilizan.

Por último también es destacable que nosotros no consideramos en este trabajo la totalidad de la energía consumida en la explotación, es decir, no se tienen presentes las actividades agrícolas de cultivo de las tierras de la explotación, nuestro trabajo se dirige a las instalaciones ganaderas propiamente dichas. Esto lo indicamos para decir que los datos que obtengamos, una vez totalizados deberán utilizarse con la debida precaución, así como las conclusiones sobre los mismos.

El trabajo mas reciente que hemos encontrado sobre el tema, dirigido solo al consumo en la

explotación ganadera, (Capareda, et al., 2010), estudia el consumo de energía en 14 explotaciones de Texas y California (USA), obteniendo un rango de valores entre los 464 kwh/cabeza y año y los 1637 kwh/cabeza y año. La particularidad de las 14 explotaciones anteriores parte de su rango de dimensional que se sitúa entre 180 vacas de ordeño para la más pequeña y 7000 vacas lecheras para la más grande. Lo anterior aporta una media para las explotaciones de 2190 vacas, es decir, totalmente fuera del rango de actividad de las explotaciones gallegas. Lo interesante del trabajo es que para el cálculo del consumo energético han utilizado el consumo eléctrico, y de combustibles derivados del petróleo (gasolina, gasoil, butano y propano).

Otros autores (Kratz y Berg, 2007) han establecido unos ratios para determinar la energía por unidad de peso que permite calcular rápidamente la demanda de energía. Así establece que incluyendo en la energía directa considerada las fuentes de energía provenientes de combustibles y de electricidad un valor entre 0,050 y 0,062 Kwh/Kg leche para sistemas de ordeño convencionales, mientras que para sistemas de ordeño automático aporta unos valores entre 0,005 y 0,010 kwh/kg de leche. Para realizar la comparativa con nuestros datos es necesario tener presente que la producción anual por vaca en Estados Unidos para el año 2007 estaba en 9932 litros/vaca, mientras que la media de las explotaciones usadas en nuestro estudio alcanzaba los 7580 litros/vaca, por lo que los valores son diferentes.

Edens et al. (2003) realizaron un análisis del uso de la energía, solo en las operaciones de ordeño, en una explotación de vacuno lechero de 160 cabezas en una instalación de estación experimental en Tennessee, Estados Unidos, para lo que contaban con datos de 14 años de consumo de energía eléctrica relacionados con las operaciones de ordeño. Concluyeron que el uso de energía se debe considerar por kg. de leche producida en lugar de por animal, ya que sus análisis de regresión mostraron que la energía utilizada para las operaciones de ordeño se correlaciona con la masa en lugar de con el recuento del número de vacas en ordeño. El valor total que indican para el uso de energía fue 0.061 kwh/kg de leche. Este valor incluye el consumo de energía eléctrica para el bombeo y refrigeración de la leche y el calentamiento de agua de calefacción. Para convertir el dato en kwh/cabeza y año se consideró la producción promedio de leche de las vacas en Estados Unidos, con su evolución desde los 4.500 kg año/cabeza en 1971 a cerca de 7.300 kg año/cabeza en el año 2000 (Nennich et al. 2003), periodo para los que tenían datos. Con lo que utilizando la estimación de producción de leche actualizada, la energía utilizada en el ordeño sería aproximadamente de 475 kwh/cabeza y año.

Minott y Scott (2001) muestran el consumo de combustible en una explotación lechera de 500 vacas, en estabulación libre en el estado de Nueva York, Estados Unidos. El análisis se llevó a cabo como parte de un estudio de factibilidad para la implementación de un sistema para la conversión de la energía utilizando biogás como fuente de combustible. Se consideró la electricidad y el consumo de propano realizado anualmente. El consumo total de electricidad fue 413.869 kwh, que transformado nos da un valor de consumo de energía eléctrica por año y cabeza de 828 kwh/cabeza y año. El desglose principal de este consumo en la explotación fue el siguiente: 27% para los ventiladores, 26% la bomba de vacío para el ordeño, y el 17,11% para la refrigeración de la leche. En cuanto al consumo anual de propano se cifró en 18.570 litros, que aporta una energía equivalente a 214 kwh/cabeza y año. En general, el consumo de electricidad fue de casi el 80% de la energía total utilizada en la instalación. El gas propano se utiliza para calentar el agua y el edificio. Es necesario tener presente que este estudio, se realizó en la zona Norte de Estados Unidos, donde las condiciones climáticas son significativamente diferentes de otras zonas del país.

Mencionamos el estudio pionero de Ryan y Tiffany (1998) que estimaron el consumo de energía en las lecherías de Minnesota, Estados Unidos, para determinar el impacto de las emisiones de dióxido de carbono en las explotaciones. Se determinó el consumo anual de gasóleo, electricidad, gas propano y de gasolina en el indicador de 100 libras de peso de

combustible por kg de leche producido(CWT), lo cual junto con una producción de leche media de 6.820 kg de leche al año (kg /cabeza y año) y teniendo presente el tamaño del rebaño permite la conversión a otras unidades. Con lo que los gastos anuales de energía se estimaron en 740 kwh/cabeza y año para el gasoil, de 600 kwh/cabeza y año de electricidad, 442 kwh/cabeza y año para el propano, y 110 kwh/cabeza y año de gasolina. Aunque el trabajo no contenía una discusión sobre los usos de las diferentes fuentes de energía en la explotación, los autores indican que las estimaciones eran específicamente para el uso de energía en las explotaciones lecheras. Sin embargo, podemos suponer que el consumo de gasoil, excepcionalmente alto, indica que algunas operaciones agrícolas pueden haber sido incluidos en la totalización. El consumo de electricidad en general se supone que fue para las operaciones de ordeño, incluyendo enfriamiento de la leche. El principal uso del propano era para calentar edificios y agua, lo que se supone que es un requisito significativamente mayor para las explotaciones de vacuno lechero en el clima frío del estado de Minnesota.

Por último indicar que la variación de clima tiene incidencia tanto en la cantidad como en el tipo de combustible usado. Así tenemos que en Norte América la media del uso de energía para las granjas de Texas y California (Capareda, et al., 2010) se distribuye en un 47,6% de electricidad (558 kwh/cabeza y año), combustibles líquidos con un 41,6% (487 kwh/cabeza y año), y combustibles gaseosos 10,8% (127 kwh/cabeza y año), siendo el uso de calefacción despreciable. Mientras que por otro lado las granjas en el Noroeste (concretamente el estado de New York) tienden a consumir un 80% de electricidad; mientras que en Nueva Escocia (Canadá) los usos de combustibles líquidos (gasoil) y electricidad son los más significativos (Bailey, 2008).

2. Material y Métodos

El material de trabajo se compone de una muestra representativa de explotaciones de vacuno lechero, elegida aleatoriamente entre las que tienen más de 30 vacas en producción, consideramos un universo de 3447 explotaciones. Para determinar el tamaño muestral de una muestra finita, al no conocer la varianza de la población, se procedió a determinar una muestra piloto, estableciendo un error relativo de muestreo del 5 % y un intervalo de confianza del 95%, aplicando la ecuación:

Lo que nos aporta un valor de 142,9 explotaciones a entrevistar. Al final la muestra alcanzó 158 explotaciones (por lo que el error de muestreo real es de 3,71%).

Se ha realizado un cuestionario general, del que hemos recogido la siguiente información:

- Vacas lecheras (animales paridos) y leche de vaca (litros), como elemento de referencia para obtener los indicadores de consumo de energía, por vaca y por litro (o kilogramo) de leche.
- En cuanto al “Suministro energético en la explotación” se plantearon las diferentes fuentes de energía. Para la eléctrica se determino, el término de potencia o potencia eléctrica contratada, medida en Kw, el consumo anual medido en Kwh, y si existía discriminación horario (lo cual resulto negativo en todas las explotaciones). También se midió la potencia instalada para lo cual se consideró la iluminación del alojamiento ganadero, la iluminación en la sala de ordeño, la refrigeración de la leche, el equipo de ordeño, los sistemas de limpieza, los sistemas de ventilación, la bomba de agua, el calentamiento de agua y otros usos (desafortunadamente los datos obtenidos, dada su limitación, no nos permitirán realizar ningún análisis discriminatorio).
- También se midieron los consumos anuales de bombonas de gas butano de las explotaciones que las empleaban, lo mismo se realizó en dos explotaciones que utilizaba

gas propano. En este caso se pasó del número de bombonas a los kg de gas (las bombonas de butano contienen de 12,5 Kg, mientras que las de propano, una de las explotaciones usaba bombonas de 35,0 kg, y otra de 11,0 kg.). A partir del valor de kg de gas se realizó el cálculo de equivalencia a Kwh, (1 kg de butano equivale a 12,7 kwh, y 1 kg de propano equivale a 14 kwh).

- Por otro lado también se contabilizó el uso de gasoil (litros/año), haciendo una cuantificación del utilizado para calentar agua caliente y el utilizado para el accionamiento de la maquinaria de la explotación (básicamente el tractor o el autocargador). También se realizó la equivalencia de litro de gasoil a Kwh (1 litro de gasoil equivale a 0,845 kg de gasoil, y 1 kg de gasoil equivale a 10,1 kwh).
- Como hemos comentado el estudio solo contabiliza las operaciones llevadas a cabo en la explotación ganadera por lo cual el gasóleo de agua caliente se contabiliza directamente. En cuanto aquellas explotaciones que tienen la limpieza y/ o alimentación realizada por medios mecánicos (tractor con arrobadera incorporada para la limpieza, tractos para repartir la alimentación en los comederos,...), se utilizó la medida del tiempo de duración de la actividad. A partir de este tiempo se determinó el consumo de la maquinaria utilizada, realizando su conversión en Kwh.
- También se determinó el uso de energías alternativas en las explotaciones, básicamente solar y/o eólica.
- Duración de la rutina de limpieza y sistema de limpieza (automática, manual, mecánica,...). Como forma de determinar para el caso de la limpieza mecánica el tiempo empleado y el consecuente consumo de gasoil por el tractor.
- Duración y sistema (manual, carro mezclador arrastrado, autopropulsado,...) de la rutina de alimentación. Como forma de determinar para el caso de la alimentación el tiempo empleado y el consecuente consumo de gasoil por el tractor, en el caso de carro arrastrado o del carro autopropulsado. Hay que resaltar para el caso de la alimentación que no se contabilizaron los tiempos de transporte entre el silo y la explotación.

3. Resultados

En cuanto al consumo de energía plantearemos independientemente el consumo de energía eléctrica, el consumo de combustibles líquidos (gasoil) y de combustibles gaseosos (butano y propano).

3.1 Energía Eléctrica

Se ha estudiado la energía eléctrica consumida con carácter anual, medida en kwh en las explotaciones de vacuno lechero de la muestra seleccionada, en la tabla 1 podemos ver los valores obtenidos.

Estos valores medios parten de la muestra trabajada, en la cual la media de vacas por explotación se sitúa en 51 y la producción media de leche por explotación en 329.703 litros, es decir 7.546 litros de leche por vaca.

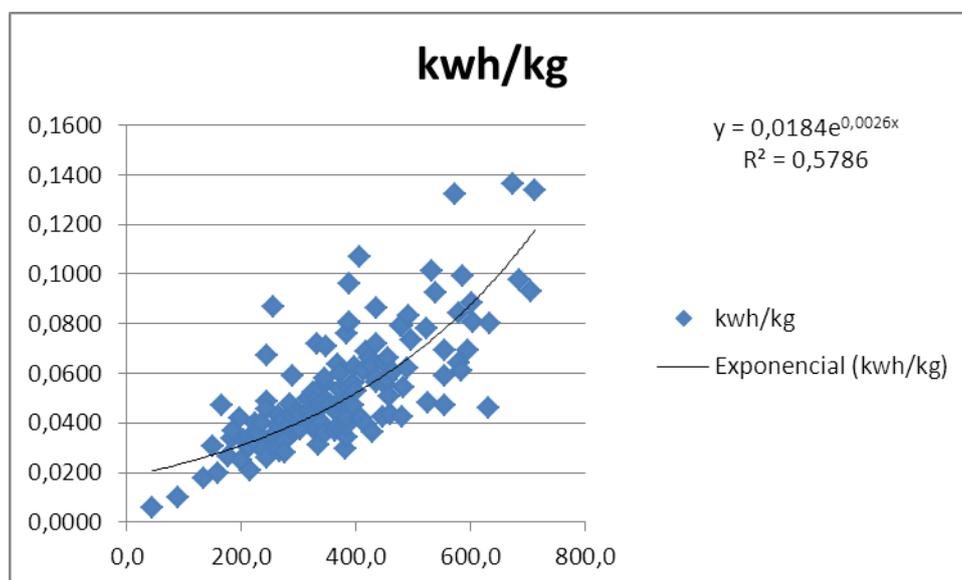
Los kwh de energía eléctrica consumidos por vaca y los kwh consumidos por litro y el tamaño de las explotaciones no presenta correlación debido a que la muestra tiene una desviación típica muy grande.

Tabla 1. Valores del término de energía

	Te(kwh/año)	kwh/vaca	kwh/kg leche
-Media	18.296	385,6	0,0562
-Máximo	73.365	1152,3	0,3803
-Mínimo	2.446	43,9	0,0059
-Des. Tip.	11.506	156,6	0,0357

Por el contrario como vemos en la Figura 1 las variables kwh/vaca y kwh/kg de leche están altamente correlacionadas entre ellas, con un coeficiente de correlación de 0,5786.

Figura 1: Variación de la energía eléctrica consumida (kwh/vaca) con la energía eléctrica consumida (kwh/kg de leche producida)



3.2 Energía de Combustible Líquidos

El combustible líquido que utilizan las explotaciones ganadera de la muestra estudiada es el gasoil, el cual como veremos se utiliza de dos formas, para el calentamiento del agua y para el accionamiento de la maquinaria.

Tabla 2. Valores de consumo de combustibles líquidos (gasoil) utilizados para el agua caliente.

	Te(kwh/año)	kwh/vaca	kwh/kg leche
-Media	16.680	286,2	0,0365
-Máximo	59.742	836,7	0,1267
-Mínimo	2.976	78,3	0,0097
-Des. Tip.	12.384	196,4	0,0261

Las explotaciones que utilizan gasoil para calentar son 38 del total de la muestra, es decir, representan el 24,1% del total de explotaciones. En la tabla 2 observamos los consumos que realizan expresados en kwh.

Indicar que estas 38 explotaciones presentan como media de vacas 64, y como producción media de 8.241 litros de leche por vaca. Lo anterior significa que estas explotaciones son de mayor dimensión y capacidad productiva que el conjunto de toda la muestra.

En la tabla 3, observamos el gasoil utilizado por las explotaciones en la labor de alimentación.

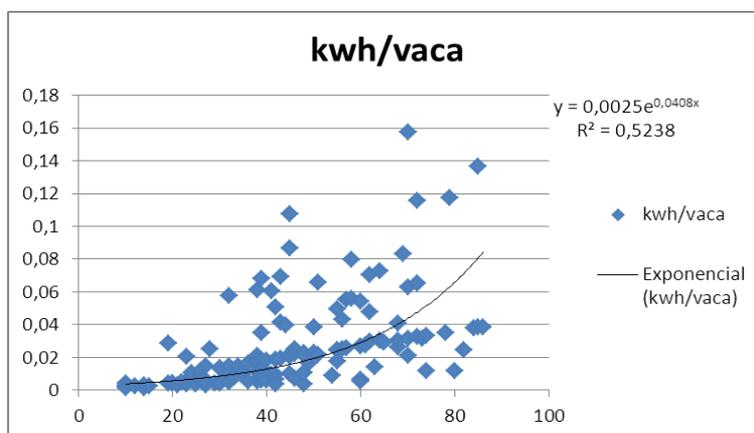
Tabla 3. Valores de consumo de combustibles líquidos (gasoil) utilizado en la alimentación

	Te(kwh/año)	kwh/vaca	kwh/kg leche
-Media	3.346	107,6	0,0183
-Máximo	12.426	713,2,8	0,1479
-Mínimo	418	4,4	0,0006
-Des. Tip.	2.364	121,4	0,0256

Todas las explotaciones utilizan el gasoil como combustible de accionamiento de la maquinaria utilizada para realizar la labor de alimentación. Por ello el número medio de vacas por explotación y la producción media por explotación y vaca son análogas a las establecidas para el consumo de electricidad. Es decir la media de vacas por explotación se sitúa en 51 y la producción media de leche por explotación en 329.703 litros, es decir 7.546 litros de leche.

En la Figura 2 se aprecia una correlación significativa entre los kwh/vaca consumidos de gasoil en la operación de limpieza y el tamaño de la explotación. Esto es un resultado lógico ya que en este caso dado que a mayor número de vacas necesitamos más gasoil para ejecutar las tareas de alimentación.

Figura 2: Variación de la energía eléctrica consumida (kwh/vaca) en alimentación (usando gasoil como combustible) con el número de vacas de la explotación



Del total de explotaciones de la muestras solamente 12 realizan la limpieza de la explotación a partir de una arrobadera o pala adaptada a un tractor, lo que representa un 7,6 % de la muestra, el resto de sistemas de limpieza son los que utilizan la arrobadera automática que funciona con energía eléctrica con un 40,8 % de explotaciones, el manual con un 42,7 %, donde también existen ayudas específicas como la existencias de parrillas o enrejados en el 5,1 %, o la utilización del sistema de ola o descarga con agua en el 3,8% del total de explotaciones.

Tabla 4. Valores de consumo de combustibles líquidos (gasoil) utilizado en la limpieza.

	Te(kwh/año)	kwh/vaca	kwh/kg leche
-Media	6.985	133,1	0,0202
-Máximo	14.497	211,3	0,0343
-Mínimo	1.775	45,5	0,0033
-Des. Tip.	4.134	53,2	0,0111

Por último en esta apartado, como vemos en la tabla 4 resumimos el consumo de las explotaciones con sistema de limpieza con tractor.

Estas 12 explotaciones tienen una media de 49 vacas, con una media de producción situada en 7.029 litros de leche, es decir, son de dimensiones medias menores que la totalidad de la muestra estudiada. En cuanto a la comparación energética, es imposible con las de energía eléctrica, dado que no la podemos descomponer el consumo eléctrico total, mientras que con los otros sistemas de limpieza, manual, rejillas, ola,.. resulta desfavorable al no contabilizarse la energía que usan.

3.3 Energía de Combustible Gaseosos

Del total de explotaciones de la muestra, 97 tenían una instalación de gas para el calentamiento del agua, lo cual significa el 61,4% de la muestra total, de ellas todas usaban bombonas comerciales de gas butano (12,5 kg), mientras que solo dos (2,1% de instalaciones utilizan combustible gaseoso, lo que representa el 1,3% del total de las explotaciones) utilizaban gas propano, una de ellas con bombonas comerciales de 35 kg y otras con bombonas de 11 kg.

Tabla 5. Valores de consumo de combustibles gaseosos (butano y propano) utilizados para el agua caliente

	Te(kwh/año)	kwh/vaca	kwh/kg leche
-Media	4.393	113,0	0,0175
-Máximo	15.092	330,8	0,0624
-Mínimo	445	19,3	0,0024
-Des. Tip.	2.415	56,0	0,0107

En la tabla 5 podemos apreciar estos consumos expresados en kwh/año, kwh/vaca y kwh/kg de leche. Las explotaciones que utilizan combustible gaseoso, aunque no es significativo estadísticamente, presentan una dimensión media de 47 vacas con una producción media de 7.241 litros por vaca, es decir, menor que el global de las explotaciones.

Debido a la forma en que se tomó la información no se pueden comparar los consumos de calefacción con energía eléctrica, pero en cambio la comparación esta servida entre los combustibles de gasoil y gas (tablas 2 y 5). Podemos apreciar que el consumo por vaca (Kwh/vaca) se ha establecido en 282,2 para la calefacción de gasoil, mientras que la que utiliza gas se sitúa en menos de la mitad, es decir, 113,0. La comparación entre butano y propano no presenta relevancia al existir solamente dos explotaciones con propano.

3.4 Energía Total

En cuanto al consumo total de las explotaciones de la muestra, lo primero que podemos señalar es que la energía eléctrica representa el 61,6% del consumo total, seguida por 17,2% para el gasoil, y por último los combustibles gaseosos, butano y propano, con un 11,2%.

En cuanto al consumo medio por vaca y año, de 641,4 kwh, si consideramos solo el debido a la energía eléctrica (61,6%), que da un valor de 395,1 kwh/vaca es superior a las referencias introductorias aportadas en las Jornadas de Eficiencia energética en las explotaciones lecheras, 2011, donde quedaban reducidas a un abanico entre 197,6 y 348,9 kwh/vaca y año

También podemos señalar que un consumo de 641,4 kwh/vaca y año nos encontramos dentro del abanico planteado por Campareda, et al., 2010 situado entre 464 y 1637 kwh/vaca y año, pero normalmente debajo de las consideraciones de otros autores esto también se debe a que ellos consideran mas actividades de la explotación).

En cuanto a los consumos por kg, de leche producida, nuestro valor medio se sitúa en 0,093 kwh/kg, que es similar a los que aportan Kraatz y Berg, 2007, y Edens et al. , 2002, aunque sus valores entre 0.050 y 0.061 se refieren únicamente al ordeño.

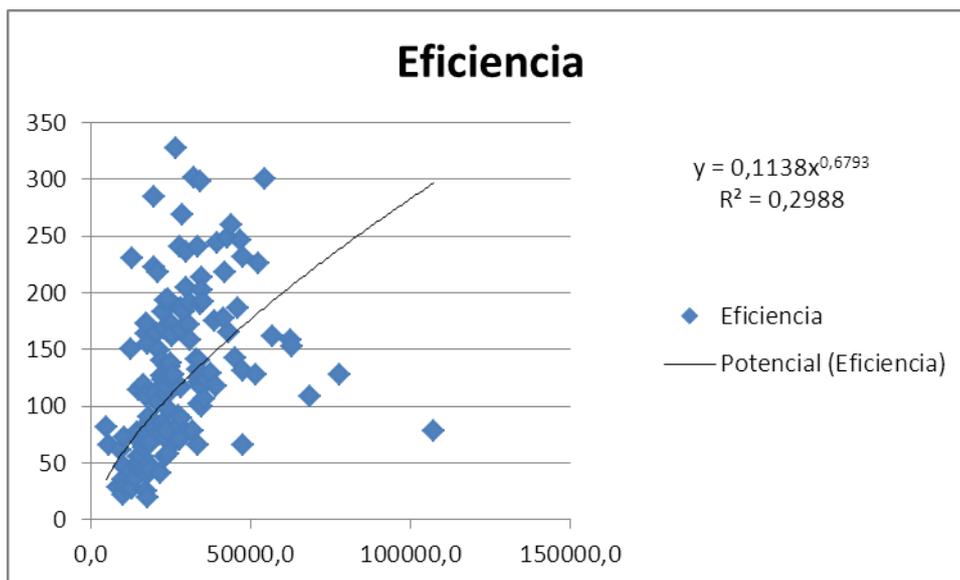
Por último hacemos, de forma tentativa, con las limitaciones que hemos venido señalando, la división de los consumos de energía medios de forma porcentual de las explotaciones. La partida resto con un 62% es la más elevada, en ella se incluyen los gastos de iluminación y ordeño (obviamente se incluyen también los gastos de calentamiento de agua y limpieza en las explotaciones que cuentan con estos sistemas). La segunda partida con un 21% recoge a las explotaciones con calentamiento de agua con sistemas de butano, propano y gasoil. Le sigue la alimentación con un 16% donde, y por último un 1% para la limpieza, que recogen las explotaciones que la realizan con un apero adaptado al tractor de la explotación.

3.5 Relación entre la Energía Total y la Eficiencia

En este último apartado relacionamos la variable eficiencia, medida en kg de leche producida/ horas de trabajo para todas las explotaciones de la muestra estudiada, obviamente referida a las actividades de la explotación ganadera (ordeño, limpieza y alimentación) con el consumo total de energía.

Como se observar en la Figura 3, y teniendo presente la variabilidad comentada a lo largo del trabajo, podemos afirmar que existe una relación entre la eficiencia y el consumo de energía, dada por una función exponencial donde se muestra que el coeficiente de correlación es limitado. Esta relación es positiva donde se supone que a mayor consumo energético, mas eficiente es la explotación.

Figura 3: Relación entre la eficiencia (kg de leche/h de trabajo) y energía consumida (kwh)



Los resultados son los esperables dado que como se demuestra en estudios anteriores (Irimia y Alvarez, 2010) la eficiencia de las explotaciones se incrementa con la dimensión de las mismas, ocurriendo lo mismo con el consumo eléctrico de la explotación.

4. Conclusiones

En primer lugar interesa destacar que pese a que en Galicia podemos considerar que las explotaciones de vacuno lechero presentan una tipología (sistema de producción y localización geográfica) muy similar, de acuerdo con Riveiro et al., 2010, solo plantea tres tipologías de explotaciones influenciadas por el uso de maíz forrajero y la producción de carne. Pero nuestro estudio nos conduce a una gran variabilidad de resultados, pudiendo llegar a afirmarse que no hay criterios claros para la realización del diseño del consumo energético de una explotación.

En cuanto al consumo de energía eléctrica nos situamos en valores medio de 18.289 kWh/año, lo que equivale a 385 kWh/vaca y año o 0,0562 kWh/kg de leche y año. Es necesario tener presente que en este valor se incluyen explotaciones donde el calentamiento del agua y/o la limpieza se realiza por medios independientes de los eléctricos.

En cuanto al calentamiento del agua el 61,4% de las explotaciones de vacuno lechero lo realiza con combustible gaseoso (bombonas comerciales de butano y propano), el 24,1% con gasoil, y el resto con energía eléctrica. Es destacable que el consumo por kg. de leche producido con gasoil de calefacción asciende a 0,0365kwh, mientras que el producido con gas disminuye a un 0,0175 kWh. También podemos indicar que el consumo por vaca en combustible gaseoso desciende a medida que se incrementa el tamaño de la explotación.

En cuanto a las tareas de alimentación todas las instalaciones incluyen el uso de maquinaria accionada por gasoil. El consumo calculado medio es de 3.346 kWh al año, lo que equivale a 107,6 kWh/vaca o 0,0183 kWh/kg de leche.

En cuanto a la operación de limpieza el 64% de las explotaciones disponen de arrobadera automática accionada con energía eléctrica, un 47,8% la realiza manualmente, el 7,6% accionada por maquinaria con gasoil, y un 3,8% por descarga de agua.

El consumo de las explotaciones con limpieza realizada por medio mecánicos que consumen gasoil aportan un consumo medio de 6.985 kwh, que equivale a 133,1 kwh/vaca o 0,0202 kwh/kg de leche.

En cuanto al consumo de energía y su relación con la fuente podemos decir que la energía eléctrica suministra el 61,6% de las necesidades (384,1 kwh/vaca), seguida por la energía suministrada por el gasoil con el 17,2% (115,5 kwh/vaca), y por último la energía suministrada por combustibles gaseosos con el 11,2% (71.3 kwh/vaca).

En cuanto a actividades la media de los consumos se dividen en un 16% para la alimentación, un 1% para la limpieza, un 21% para el calentamiento de agua, y un 62% en el resto de actividades donde destacan principalmente el ordeño.

Por último significar que las explotaciones más eficientes, tienen un mayor consumo de energía, esto se debe a la realización de operaciones mas automatizadas (por ejemplo a la limpieza), y a que los rebaños de las explotaciones más eficientes son mayores. Pero de todas formas es indiscutible que el reto esta en reducir los consumos y en obtener la energía de fuentes alternativas.

La conclusión final de este trabajo tiene dos vertientes por un lado la variabilidad de los resultados debido a la heterogeneidad de las explotaciones analizadas, y por otro lado la necesidad de continuar con estudios de este tipo para establecer indicaciones claras para el diseño y operación de las explotaciones de vacuno lechero en Galicia

5.- Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría Xeral de I+D de la Xunta de Galicia, por la financiación de esta investigación a través del proyecto "Modelos de Ordenación Productiva Agraria para implementar la eficiencia de las explotaciones lácteas" con referencia PGIDIT09RU015291PR.

6. Referencias

Capareda S. C.; Mukhtar S.; Engler C.; Goodrich L.B. (2010). Energy usage survey of dairies in the Southwestern United States. APPLIED ENG. IN AGRIC. 26(4): 667-675

Bailey, J. A. 2008. Energy conservation on Nova Scotia farms: Baseline energy data. ENERGY 33(7): 1144-1154.

Edens, W. C., L. O. Pordesimo, L. R. Wilhelm, and R. T. Burns. 2003. Energy use analysis of major milking center components at a dairy experiment station. APPLIED ENG. IN AGRIC. 19(6): 711-716.

INE-Censo. Base de microdatos del Censo Agrario de 2009. In: <<http://www.ine.es>> (Accessed: March 23, 2012)

Irimia, S., Álvarez, C.J. 2010. Analysis of the efficiency of dairy farms feeding systems in Galicia. International Conference on Agricultural Engineering, 6 al 8 de septiembre de 2010, Clermont-Ferrand (France).

Kraatz, S., and W. Berg. 2008. Energy efficiency in livestock husbandry: Development of a method of energy balancing illustrated by dairy farming. In Proc. of AgEng-2008 - the Intl. Conf. on Agric. Eng.and Ind. Exhibition. Proceedings CD published by International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), Hokkaido, Japan.

Kraatz, S., and W. E. Berg. 2007. Energy demand for milking dairy cows. ASABE Paper No. 074175. St. Joseph, Mich.: ASABE.

Minott, S. J., and N. R. Scott. 2001. Feasibility of fuel cells for energy conversion on dairy. ASAE Paper No. 017015. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Nennich, T., J. H. Harrison, D. Meyer, W. P. Weiss, A. J. Heinrichs, R. L. Kincaid, W. J. Powers, R. K. Koelsch, and P. E. Wright. 2003. Development of standard methods to estimate manure production and nutrient characteristics from dairy cattle. In Proc. on the 9th Intl. Animal Agricultural and Food Processing Wastes Symposium. ASAE. Robert T. Burns, ed. St. Joseph, Mich.: ASAE.

Riveiro JA, Marey-Perez MF, Diaz-Varela ER, Álvarez, CJ. 2010. A methodology for the analysis of the relationships between farms and their physical environment JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCE Volume: 148 Pages: 101-116

Ryan, B., and D. G. Tiffany. 1998. Minnesota Agricultural Energy Use and the Incidence of a Carbon Tax. Minneapolis, Minn.: Institute for Local Self Reliance.

Xunta de Galicia. 2011. Eficiencia energética en las explotaciones lecheras. Jornadas Técnicas en la Delegación provincial de Lugo. DX de Producción Agropecuaria, Consellería do Medio Rural.

Correspondencia

Sonia Irimia Fernández. G I - 1716 (Proyectos y Planificación)

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Santiago de Compostela.

Departamento de Ingeniería Agroforestal.

Campus Universitario s/n, 27002, Lugo, Spain.

Phone: +34 9828(23323)

Fax: + 34 982285926

E-mail: sonia.irimia@usc.es