

LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE EXPLOTACIONES LECHERAS DE GALICIA Y SU RELACIÓN CON LA EFICIENCIA

Carlos Escudero Roldós

Sonia Irimia Fernández

Carlos José Álvarez López

GI- 1716 - Proyectos y Planificación

Dpto de Ingeniería Agroforestal - Universidad de Santiago de Compostela

Abstract

In any manufacturing facility that seeks to accommodate a production process design considerations should include elements that allow us to obtain more efficient results possible.

Analyzing the plant design in dairy farms in Galicia, it is intended that the level of work efficiency approaching European standards. It is imperative that the geometric design of the different units, characterized by a shape and a surface, and the consequent relationship between them to generate the building is a design process that will allow us to achieve optimum results.

From the study of plant distributions in a sample of 50 dairy cattle farms in Galicia randomly selected related to indices of shape and surface, total and the different agencies will attempt to determine the most efficient solutions.

The plant layout design brings clear, first, to reduce the area required for operation, and other functionality that is more appropriate. Therefore these geometric studies, which often can be performed at a level of detail of layout, provide an improvement in the efficiency of these farms minimizing investment and operating costs.

Key words: *Plant Layout, dairy farms and production efficiency*

Resumen

En cualquier instalación productiva que pretenda albergar un proceso productivo las consideraciones sobre su diseño deben contener elementos que nos permiten obtener los resultados más eficientes posibles.

Analizando el diseño en planta de las explotaciones de vacuno lechero en Galicia, se pretende que su nivel de eficiencia en el trabajo se aproxime a los estándares europeos. Es imprescindible tener en cuenta que el diseño geométrico de las diferentes dependencias, caracterizadas por una forma y una superficie, y la consecuente relación entre las mismas para generar el edificio, es un proceso de diseño que nos permitirá alcanzar resultados más óptimos.

A partir del estudio de las distribuciones en planta de una muestra de 50 explotaciones de vacuno lechero de Galicia seleccionadas aleatoriamente relacionándolo con índices de forma y superficie, totales y de las diferentes dependencias, se intentará determinar cuáles son las soluciones más eficientes.

El diseño de distribución en planta contribuye claramente, por un lado, a disminuir la superficie necesaria para la explotación, y por otro a que su funcionalidad sea más adecuada. Por ello estos estudios geométricos, que muchas veces se pueden realizar a un nivel de detalle de boceto, aportan una mejora en la eficiencia de estas explotaciones minimizando costes de inversión y explotación.

Palabras clave: *Diseño en planta, Vacuno lechero y eficiencia productiva*

1. Introducción

El sector primario en Galicia se encuentra a la cabeza del entramado económico de la comunidad, siendo la producción láctea el subsector con mayor peso específico dentro de él. Gran cantidad de factores han marcado su evolución en los últimos años, el envejecimiento de la población y los movimientos demográficos hacia las ciudades, entre otros, han supuesto el cierre de gran cantidad de explotaciones (casi un 75% en los últimos 20 años) por falta de relevo generacional en las mismas. Pero no menos importante ha sido la variación sufrida por los costes de producción soportados por los agricultores, que han dejado en muchos casos, sin posibilidad de respuesta a los mismos abocando a gran cantidad de explotaciones a su cierre.

Si analizamos la variación del precio de la leche en los últimos años nos encontramos que el precio de la leche pagada al productor en Galicia se estima alrededor de 30 euros por cada 100 litros en los últimos años, con una media de 29,7 euros para los años 2002 a 2006. Alcanzando valores superiores desde la mitad de 2007 en adelante, cuando llegó a los 46 euros a finales de 2007, comenzando un vertiginoso descenso hasta situarse en los 30 euros por cada 100 litros mencionados. (IGE, Consellería Medio Rural, MARM y DG VI, 2008).

Por otro lado la producción de leche vendida en el año 2008 en Galicia para su transformación industrial fue de unos 2.074 millones de litros. Liderando Galicia de modo destacado la producción en España y aporta un 38% de las ventas de leche a las industrias y tiene un 56% de los productores españoles.

Esto implica la necesidad de profundizar en aquellos aspectos que mejoren el manejo y reduzcan tanto las inversiones como el coste de funcionamiento (Carreira, 1997). Aspecto que en este trabajo se dirige a analizar la adecuación de la distribución en planta y de las superficies ocupadas por las distintas zonas de las instalaciones productivas para obtener los resultados más eficientes. En contraposición a la búsqueda de un diseño único y óptimo, es fundamental la comparación de las distintas opciones de diseño, y por tanto su funcionalidad y sus costes de inversión (Álvarez et al., 1996).

Continuando con la tendencia descrita por Irimia & Resch en 2009, se utilizará el concepto de eficiencia productiva medida en Kg de leche por hora de trabajo para caracterizar una muestra representativa de las explotaciones lácteas gallegas, debido a que independientemente de otros factores que influyen en la eficiencia de una explotación ganadera (mejora animal, empleo de forrajes, concentración de producciones, entre otros) en los que Galicia se encuentra en niveles similares al resto de países de la Unión Europea, la mejora de la productividad del trabajo y consecuentemente la eficiencia de la explotación, es un factor totalmente determinante.

Podemos decir que una decisión equivocada en el diseño de la explotación puede provocar graves problemas financieros, pudiendo resultar la explotación económicamente no viables (Palmer, 1999).

2. Objetivos

El objetivo inicial será la definición clara de cada una de las zonas utilizadas para caracterizar la explotación, debido a la ambigüedad en las definiciones aportadas por diversos autores, así como la utilización de los valores de eficiencia técnica (kg de leche/hora de trabajo) de las referidas explotaciones, intentando determinar las distribuciones en planta más recomendables.

El objetivo final es realizar propuestas generales para el conjunto del sector lácteo gallego, y concretas para cada clase de explotación, que propongan diseños y procesos productivos más eficientes.

3. Metodología

Para realizar el estudio, se realizaron encuestas en explotaciones de vacuno lechero de Galicia. Para determinar el tamaño muestral necesario para obtener una muestra representativa de la realidad del sector, se utilizó la metodología propuesta en el año 2009 por Irimia & Resch.

Tras la determinación del número mínimo de explotaciones necesarias se efectuó una encuesta a 50 seleccionadas aleatoriamente incluyéndose todas las tipologías de manejo existentes en Galicia.

Se realizaron entrevistas recopilando toda la información relativa a la distribución en planta de la explotación y se realizándose planos a escala de cada una, caracterizándose el diseño de la explotación, en cuanto a las dependencias de las que dispone, la distancia que hay entre ellas, la superficie de las mismas, la forma, entre otros datos reflejados.

A efectos de este trabajo se consideraron las explotaciones definidas a través de sus áreas funcionales.

Como soporte de esta elección atenderemos a lo descrito por Phillips (2003) quien considera que los elementos más importantes de cualquier alojamiento de ganado vacuno lechero son la zona de reposo, la zona de alimentación y la sala de ordeño. Asimismo se tendrán presentes las áreas funcionales enumeradas por Marco et al. (2008) que establecen como principales elementos que afectan a la distribución en planta de los alojamientos de vacuno lechero la zona de reposo, el patio de ejercicio, la sala de espera al ordeño, la sala de ordeño y la sala de partos.

Zona de reposo. Definición

Según Phillips (2003) el ganado vacuno pasa cerca de un tercio de su vida acostado y descansando. Descansar es importante para los animales ya que les proporciona tiempo para descansar y para digerir su alimento (Metz, 1985, citado en Phillips (2003)). Por otro lado los productores saben que las vacas que se sienten cómodas producen más leche (House et al., 2005).

En estabulaciones trabadas, esta zona se reduce a la plaza asignada al cada animal dentro de la explotación (Sanz et al., 1988). En las estabulaciones libres en cubículos, la zona de reposo está constituida por los cubículos y los pasillos de circulación que dan acceso a los mismos, mientras que en los sistemas de estabulación libre en cama caliente, consiste en la superficie común para todos los animales con solera terriza o pavimentada sobre la que estará la cama (Arana et al., 2002).

Patio de ejercicio. Definición

En esta dependencia consideramos conjuntamente la zona de ejercicio propiamente dicha, los bebederos, los comederos y los pasillos de alimentación (Marco et al., 2008) siempre y cuando estas sean cubiertas y protejan a los animales de la lluvia y la radiación solar directa (Callejo y Jimeno, 1998).

Sala de espera al ordeño. Definición

Es una dependencia asociada a la sala de ordeño (González, 2002). La existencia de dicha sala en un fenómeno relativamente reciente en España apareciendo en un 96,7% de las nuevas explotaciones y de las ampliaciones de las ya existentes (Serras De Oliveira, 2008), lo que representa un aumento significativo con respecto a la

década de los 90, donde la zona de espera aparecía asociada al 32% de las explotaciones gallegas (Carreira et al., 2009).

La sala de espera es una dependencia donde las vacas esperan para ser ordeñadas, la cual puede ser independiente de la zona de ejercicio o bien utilizando esta última para este propósito. Su diseño debe permitir mantener las vacas juntas y tranquilas para que entren rápidamente en la sala de ordeño (Acillona, 1995) y según Alonso (2002) su forma debe de ser circular o rectangular.

Sala de ordeño. Definición

De acuerdo con Buxadé (2002) es el lugar donde a través de una serie de rutinas adecuadas y con la ayuda de una máquina se extrae la mayor cantidad de leche posible respetando en todo momento las características anatómicas y fisiológicas de las vacas. Y la zona más importante del centro de ordeño de una explotación (Callejo y Díaz, 1998).

Existe una gran gama de salas de ordeño, amplia tipología, etc., así como opiniones contrapuestas entre diversos autores respecto a sus adecuaciones, rendimientos, dimensiones, etc.

Zona de partos. Definición

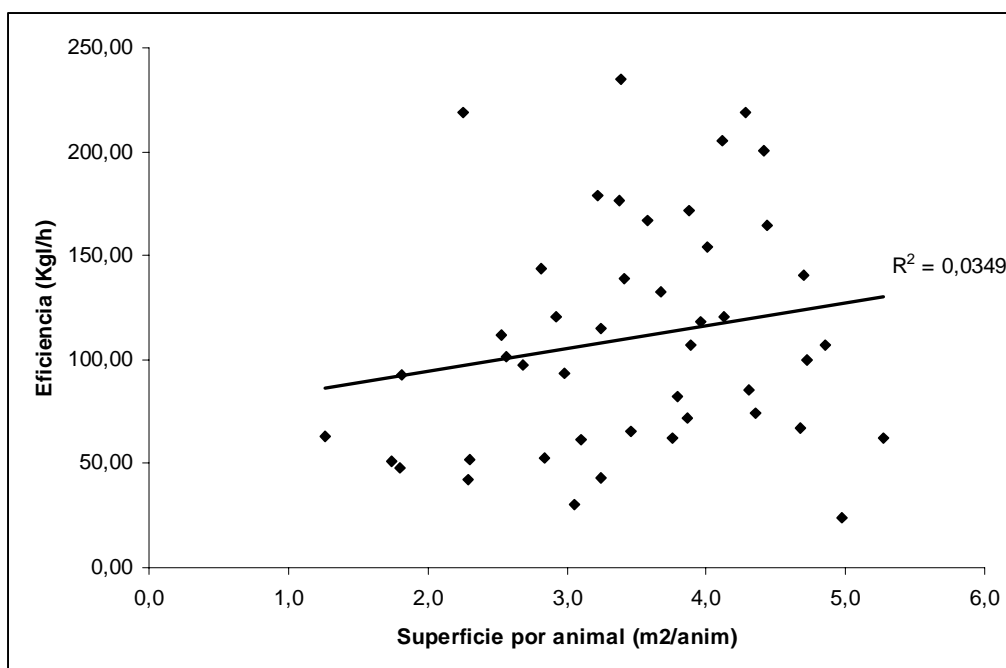
Es la zona dentro de la explotación diseñada para que las hembras alumbren a las crías de manera individualizada, constituida por boxes cuadrados o rectangulares, preferiblemente cercana a la zona de reposo, de tal modo que la circulación de las vacas a punto de parir no sea muy compleja (Carreira et al., 2009).

4. Resultados y discusión

4.1. Zona de reposo

El análisis de superficie ocupada por cada animal en relación con la eficiencia arroja el resultado reflejado en la figura 1, sin encontrar una correlación clara en el conjunto de los datos.

Figura 1: Regresión Superficie de reposo por animal - Eficiencia



A la vista de los estadísticos descriptivos de la zona se observa una gran variabilidad dentro de las variables analizadas, lo que explica la falta de relación entre las variables analizadas.

Tabla 1: Estadísticos descriptivos. Zona de reposo

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Largo (m)	50	6,1	74,8	32,7	14,3
Ancho (m)	50	2,0	26,4	6,4	4,3
Superficie (m ²)	50	48,0	340,0	178,4	66,6
Perímetro (m)	50	48,0	258,2	109,2	45,6
l forma	50	0,0	0,1	0,0	0,0
l elongación	50	0,0	2,5	0,3	0,5
Vlecheras	50	27,0	85,0	51,8	13,9
Leche Kg	50	218032,0	755000,0	431753,1	146744,9
Ordeño	50	1108,2	3700,7	1974,2	665,5
Alimentación	50	0,0	5360,0	958,2	954,2
Limpieza	50	194,3	2215,8	725,5	421,2
Tiempo total tareas(h)	50	1918,1	7127,8	3658,0	1196,0
Eficiencia (Kg leche/h)	50	33,9	279,6	130,8	60,9

El estudio de la matriz de correlación de Pearson en la zona de reposo muestra una ligera correlación al comparar la eficiencia con la superficie de la misma.

La comparación de estas dos variables nos permite establecer un óptimo relacional en los 180 m². Esta medida y su entorno se relaciona con eficiencias próximas a los 180 Kg leche/hora de trabajo.

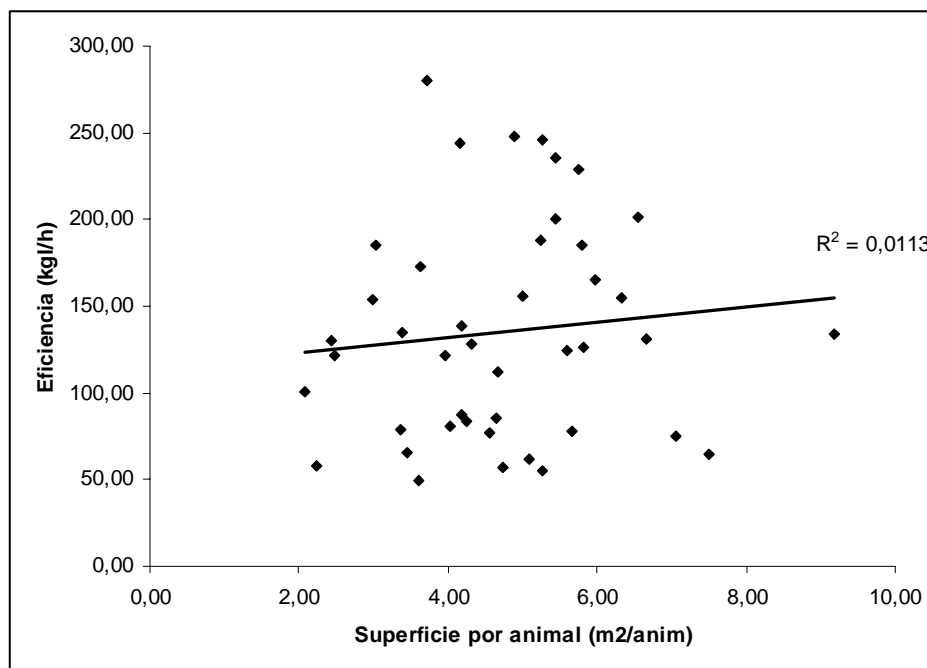
Tabla 2: Matriz correlación (Pearson). Zona de reposo

	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m2)	Perímetro (m)	I forma	I elongación	Vlecheras	Leche Kg	Tiempo total tareas (h)	Eficiencia (Kg leche/h)
Largo (m)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ancho (m)	0,484	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Superficie (m2)	0,377	0,313	1	-	-	-	-	-	-	-
Perímetro (m)	0,487	0,164	0,641	1	-	-	-	-	-	-
I forma	0,274	0,100	0,206	0,759	1	-	-	-	-	-
I elongación	0,593	0,820	0,041	0,013	0,113	1	-	-	-	-
Vlecheras	0,030	0,327	0,612	0,250	0,089	- 0,06	8	1	-	-
Leche Kg	0,167	0,300	0,693	0,385	0,124	- 0,02	8	8	1	-
Tiempo total tareas (h)	-	-	-	-	-	0,14	0,06	-	-	-
Eficiencia (Kg leche/h)	0,020	0,035	0,056	0,063	0,110	6	3	0,105	1	-
	0,109	0,247	0,523	0,215	0,027	8	4	0,749	0,654	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

4.2. Patio Ejercicio

Figura 2: Regresión Superficie de ejercicio por animal - Eficiencia



A la vista de los resultados obtenidos en la comparación entre la superficie ocupada por animal con respecto a la eficiencia, volvemos a observar una falta total de

correlación entre las variables. Pese a ello, podemos establecer un valor de superficie entre 4-6 m² por animal obtienen los mejores valores de eficiencia.

Tabla 3: Estadísticos descriptivos. Patio de ejercicio

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Largo (m)	50	16,10	65,30	35,28	10,48
Ancho (m)	50	3,10	13,50	7,68	2,89
Superficie (m ²)	50	79,00	541,99	247,35	101,07
Perímetro (m)	50	55,00	335,20	150,43	61,05
l forma	50	0,00	0,03	0,01	0,01
l elongación	50	0,09	0,48	0,23	0,10
Vlecheras	50	27,00	85,00	52,30	14,02
Leche Kg	50	236019,00	755000,00	437218,45	146309,12
Tiempo total (h)	50	1918,10	7127,80	3595,98	1149,47
Eficiencia (Kg leite/h)	50	48,94	279,64	133,45	60,31

La variabilidad muestral se pone de nuevo de manifiesto al estudiar los estadísticos descriptivos de las variables.

Los coeficientes de Pearson muestra ligeras correlaciones tanto con el largo como con la superficie de la zona. Los valores de eficiencia óptimos se obtienen para longitudes cercanas a los 40m y superficies de 300m².

Tabla 4: Matriz correlación (Pearson). Patio de ejercicio

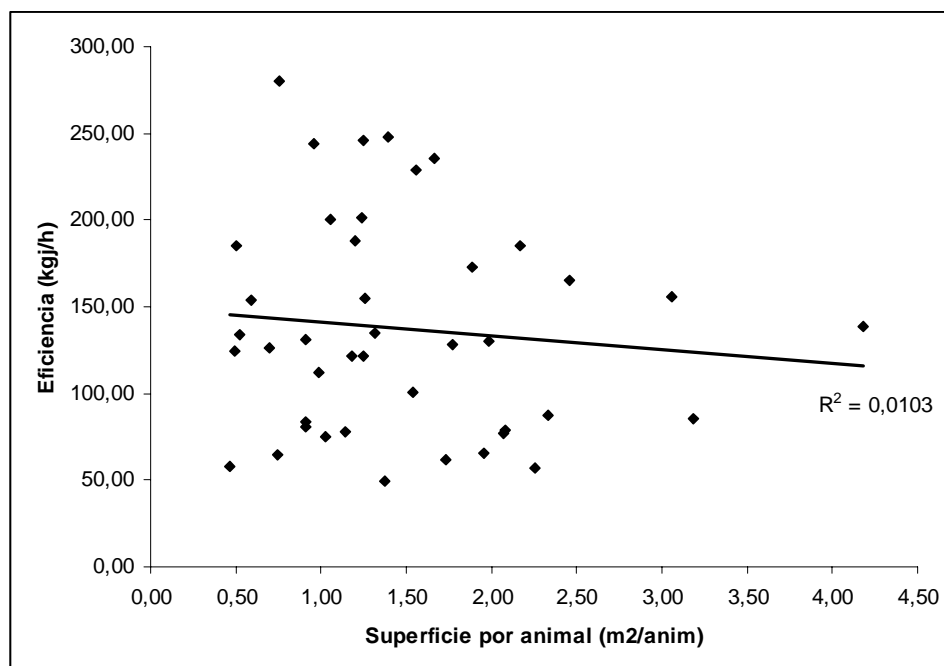
	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	l forma	l elongación	Vlecheras	Leche Kg	Tiempo total tareas (h)	Eficiencia (Kg leite/h)
Largo (m)	1									
Ancho (m)	0,089	1								
Superficie (m ²)	0,817	0,372	1							
Perímetro (m)	0,527	0,347	0,682	1						
l forma	-0,135	-0,331	-0,277	-0,778	1					
l elongación	-0,436	0,835	-0,121	0,007	-0,226	1				
Vlecheras	0,457	0,030	0,563	0,360	-0,040	-0,238	1			
Leche Kg	0,622	0,145	0,702	0,418	-0,130	-0,224	0,857	1		
Tiempo total tareas (h)	-0,145	-0,059	-0,031	-0,081	0,159	0,027	0,119	-0,035	1	
Eficiencia (Kg leite/h)	0,544	0,135	0,511	0,355	-0,206	-0,181	0,549	0,736	-0,629	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

4.3. Sala de Espera al ordeño

Pese a la ausencia de correlación observada en la figura 3, se distingue claramente un entorno cercano a los 1,5m² donde se alcanzan unas eficiencias próximas a los 250 Kg leche/hora de trabajo.

Figura 3: Regresión Superficie de espera por animal – Eficiencia



La variabilidad obtenida en las variables analizadas no hace más que remarcar la tendencia obtenida en las zonas ya analizadas y continua dicha tendencia en la zona de espera al reposo.

Tabla 5: Estadísticos descriptivos. Sala de espera

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Largo (m)	46	4,00	42,00	15,05	9,96
Ancho (m)	46	1,60	10,30	5,02	1,86
Superficie (m2)	46	16,17	238,25	71,47	41,90
Perímetro (m)	46	16,40	91,01	41,47	18,87
l forma	46	0,01	0,09	0,05	0,02
l elongación	46	0,05	1,13	0,48	0,29
Vlecheras	46	27,00	85,00	52,43	14,14
Leche Kg	46	236019,00	755000,00	440425,33	146246,24
Tiempo total (h)	46	1918,10	7127,80	3559,67	1134,61
Eficiencia (Kg leche/h)	46	48,94	279,64	135,16	59,82

Los coeficientes de correlación de las variables muestra una ligera correlación entre la eficiencia y el ancho de dicha zona que nos permiten establecer unas eficiencias relevantes de media superior a los 150 kg leche/hora de trabajo con anchos de zona entre 4,5-5m².

Tabla 6: Matriz correlación (Pearson). Sala de espera

	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m2)	Perímetro (m)	I forma	I elongación	Vlecheras	Leche Kg	Tiempo total tareas (h)	Eficiencia (Kg leite/h)
Largo (m)	1									
Ancho (m)	-0,375	1								
Superficie (m2)	0,725	0,261	1							
Perímetro (m)	0,898	-0,160	0,848	1						
I forma	-0,774	0,548	-0,426	-0,802	1					
I elongación	-0,797	0,654	-0,379	-0,657	0,786	1				
Vlecheras	-0,016	0,371	0,208	0,036	0,171	0,151	1			
Leche Kg	0,022	0,430	0,265	0,065	0,171	0,174	0,859	1		
Tiempo total tareas (h)	0,042	-0,223	-0,043	0,067	-0,164	-0,121	0,137	-0,002	1	
Eficiencia (Kg leite/h)	-0,073	0,546	0,192	-0,054	0,308	0,267	0,548	0,729	-0,613	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

4.4. Sala de ordeño

Como se ha venido demostrando en los cálculos anteriores, en la sala de ordeño se vuelve a observar una falta de correlación entre la superficie por animal y la eficiencia. Este caso es fácilmente explicable debido a la complejidad de dichas salas, así como las distintas tipologías existentes para las mismas que dificulta su comparación entre ellas.

Figura 4: Regresión Superficie de ordeño por animal – Eficiencia

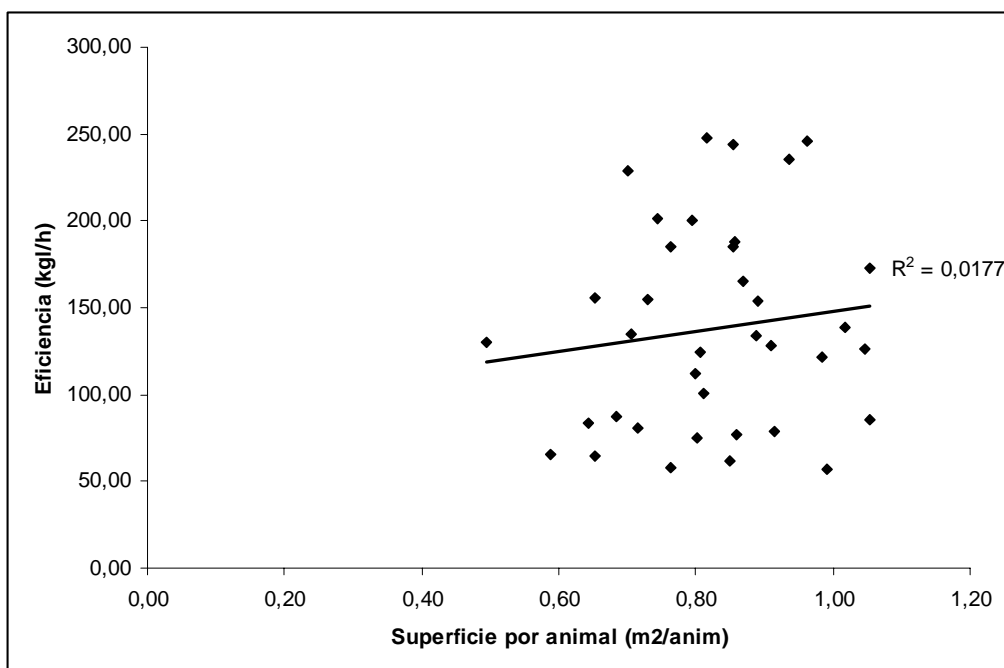


Tabla 7: Estadísticos descriptivos. Sala de ordeño

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Largo (m)	46	4,20	11,70	8,40	1,52
Ancho (m)	46	3,90	7,50	5,30	0,78
Superficie (m2)	46	19,25	81,40	44,98	11,35
Perímetro (m)	46	17,70	36,80	27,47	3,51
I forma	46	0,05	0,06	0,06	0,00
I elongación	46	0,45	1,33	0,65	0,16
Vlecheras	46	27,00	85,00	52,43	14,14
Leche Kg	46	236019,00	755000,00	440425,33	146246,24
Tiempo total (h)	46	1918,10	7127,80	3559,67	1134,61
Eficiencia (Kg leche/h)	46	48,94	279,64	135,16	59,82

A la vista de los resultados obtenidos, podemos indicar que los entornos cercanos a 0,9 m² de superficie de sala de ordeño por animal genera las máximas potencialidades de eficiencia técnica en las explotaciones.

Pese a la ligera correlación de otras variables como largo y ancho de la sala, estos dos valores influyen menos en el conjunto debido a la existencia de distintas tipologías de sala de ordeño.

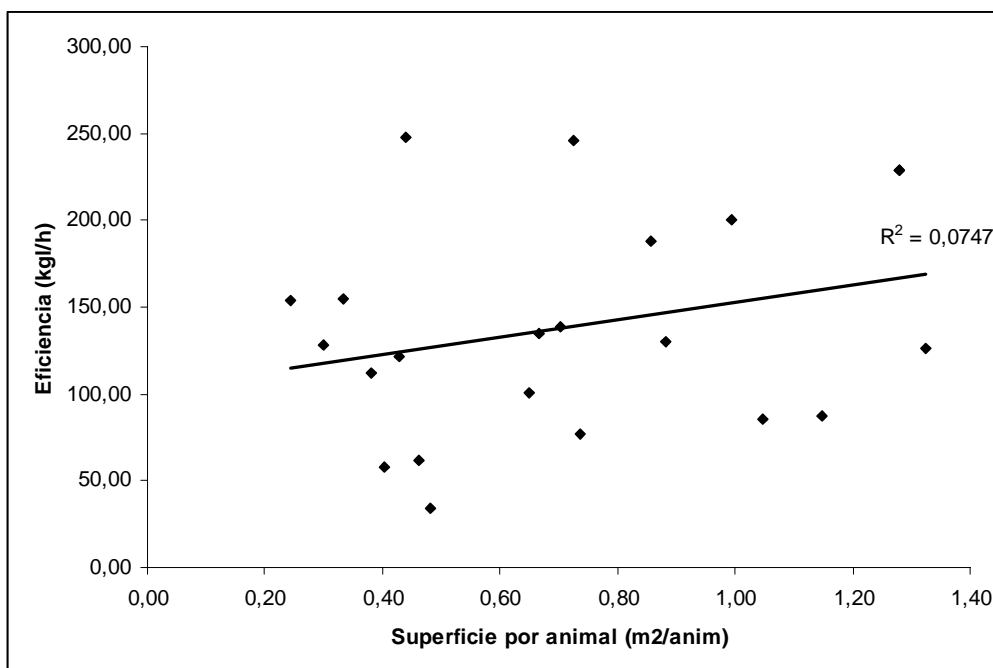
Tabla 8: Matriz correlación (Pearson). Sala de ordeño

	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m2)	Perímetro (m)	I forma	I elongación	Vlecheras	Leche Kg	Tiempo total tareas (h)	Eficiencia (Kg leite/h)
Largo (m)	1									
Ancho (m)	0,237	1								
Superficie (m2)	0,768	0,741	1							
Perímetro (m)	0,854	0,639	0,978	1						
I forma	0,583	0,402	0,100	0,279	1					
I elongación	0,724	0,434	0,164	0,290	0,692	1				
Vlecheras	0,548	0,524	0,612	0,626	0,191	0,137	1			
Leche Kg	0,433	0,516	0,548	0,556	0,067	0,018	0,85	1		
Tiempo total tareas (h)	-	-	-	-	-	-	0,13	-	1	
Eficiencia (Kg leite/h)	0,428	0,453	0,555	0,551	0,079	0,037	0,54	0,729	0,613	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

4.5. Sala de partos

Figura 5: Regresión Superficie de partos por animal – Eficiencia



La sala de partos es la zona que presenta un análisis más difícil, debido a que no existe como tal en la mayoría de las explotaciones.

Los datos obtenidos muestra la variabilidad típica de las variables y correlaciones bajas de variables. Parece indicar que su existencia facilitar el trabajo a la hora de gestionar los partos de la explotación y su beneficio higiénico-sanitario influye en la cuenta resultados de la explotación más que la eficiencia técnica.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos. Sala de partos

Variable	Observaciones	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Largo (m)	23	3,70	13,00	7,15	2,63
Ancho (m)	23	3,00	6,50	4,73	1,01
Superficie (m2)	23	10,95	84,50	36,21	18,27
Perímetro (m)	23	13,30	43,84	24,73	7,71
l forma	23	0,03	0,06	0,06	0,01
l elongación	23	0,30	0,91	0,71	0,18
Vlecheras	23	38,00	85,00	53,30	14,66
Leche Kg	23	218032,00	751316,00	442025,00	148097,75
Tiempo total (h)	23	2084,43	6904,50	3624,22	1264,86
Eficiencia (Kg leche/h)	23	33,91	248,15	136,19	61,83

Tabla 10: Matriz correlación (Pearson). Sala de partos

	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m ²)	Perímetro (m)	l forma	l elongación	Vlecheras	Leche Kg	Tiempo total tareas (h)	Eficiencia (Kg leite/h)
Largo (m)	1									
Ancho (m)	0,502	1								
Superficie (m ²)	0,849	0,742	1							
Perímetro (m)	0,755	0,601	0,942	1						
l forma	-	-	-	-	1					
l elongación	0,380	0,040	0,487	0,732		1				
Vlecheras	0,814	0,045	0,504	0,489	0,463		1			
Leche Kg	0,235	0,426	0,320	0,198	0,107	0,004	0,84			
Tiempo total tareas (h)	0,492	0,601	0,569	0,428	0,011	0,162	9	1		
Eficiencia (Kg leite/h)	-	-	-	-	-	-	0,19	-		
	0,234	0,041	0,217	0,244	0,230	0,240	3	0,074	1	
							0,40			
	0,477	0,414	0,494	0,412	0,102	0,257	2	0,688	0,689	1

Los valores en negrita son diferentes de 0 con un nivel de significación alfa=0,05

5. Conclusiones

Las recomendaciones aportadas a la hora de diseñar las explotaciones de vacuno de leche y de las distintas zonas dentro de ellas, han de tomarse con cautela debido a la gran variabilidad de las variables analizadas.

El estudio se ha basado en la comparación entre pares de variables enfrentándolas y analizando sus correlaciones, sirve para situar las características de las zonas de forma generalizada y abre la puerta de cara al análisis multivariable de las correlaciones, teniendo en cuenta el peso específico de las variables conjugadas.

A la vista de los resultados, parece claro que los mayores valores de eficiencia, medida como (kilos de leche/ hora de trabajo) son debidos a la forma de ejecutar las tareas y el peso de la distribución en planta de la explotación influye en menor manera.

Lo que queda claro es la necesidad de profundizar en el procedimiento para asesorar en el diseño de nuevas explotaciones, estudiar las zonas de forma individualizada que relacionándolas con temas específicas de eficiencia determinada.

6. Referencias

- Acillona, J.J., 1995. Los alojamientos en el ganado vacuno de leche. En Producción vacuna de leche y carne, Buxadé, C., Coordinador y Director, Ediciones Mundi-Prensa, pp 173-191.
- Alonso, M., 2002. Detalles constructivos en las salas de ordeño. En El ordeño en el ganado vacuno: aspectos claves. Buxadé, C., Coordinador, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 311-341.
- Álvarez, C. J., Marco J. L., & González J. A., 1996. Diseño de distribución en planta asistido por ordenador. Inform. Tech. 7(3): 79-86.

- Arana M.J., 2002. Manual de instalaciones para explotaciones lecheras. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, pp. 51-135.
- Buxadé, C., 2002. Introducción al ordeño mecánico en el ganado vacuno. En Ordeño en el ganado vacuno: aspectos claves. Buxadé, C., Coordinador, ediciones Mundi-Prensa, pp. 29-50.
- Callejo, A., & Jimeno, V., 1998. Alojamiento para vacas lecheras. En Alojamiento e instalaciones (II), Buxadé, C., Coordinador y Director, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 115-159.
- Callejo, A., & Díaz, V., 1998. Alojamiento para vacas lecheras. En Alojamiento e instalaciones (II), Buxadé, C., Coordinador y Director, Ediciones Mundi-Prensa, pp. 161-191.
- Carreira, X.C., 1997. Alojamiento para gando vacún de leite. Xunta de Galicia. Santiago de Compostela. España.
- Carreira, X.C.; Fernández, M.E. & Mariño, R.A., 2009. Índices for estimation of dairy free-stall occupancy applied animal behaviour science 119 (1-2), pp. 23-31.
- González J.M.P., 2002. Tipologías de diseño en explotaciones de ganado vacuno lechero: análisis de costes de inversión. USC, Santiago de Compostela.
- House, H., Rodenburg, J., & Anderson, N., 2005. Desing for Cow Comfort in Tie Stall Barns. En <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/dairy/herd/house/index.html>.
- Irimia, S. & Resch, C., 2009. Neural network analysis of dairy farm efficiency in Galicia. Spanish Journal of Rural Development, pp 71-77.
- Marco, J.L., Cuesta, T.S., Resch, C.J., Álvarez, C.J., 2008. Analysis of Layout Desing Models using a Multi-Criteria Function: Dairy Housing in Galicia (NW Spain).Transaction of ASABE 51(6): 2105-2111.
- Palmer, W.R., 1999. Modernization Options. Cooperative Extension for Iowa State University, U. of Illinois, U. of Minnesota, and U. of Wisconsin. USA.
- Phillips, C.J.C., 2003. Principios de la producción bobina. Editorial Acribia, Zaragoza, 341 pp.
- Sanz E., Callejo, A., & Buxadé, C., 1988. Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas. Asociación de Ingenieros Agrónomos de Cataluña, Barcelona. pp. 195-247.
- Serras de Oliveira, J.M., 2008. Organizacao do trabalho nos estábulos de gando bovino leiteiro da regioa da beira litoral de Portugal. Desenho, organización e engharia do centro de ordenha. Tesis doctoral, Lugo. Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Ingeniería Agroforestal.

7. 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.

8. Contacto

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