

ANÁLISIS DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA EN LAS EXPLOTACIONES LECHERAS GALLEGAS

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

The Galician dairy industry has a dynamism that aims to improve the systems of production, management, quality genetics and livestock feed. In this context we have studied these developments from different considerations, both from the improvement of plant design and relationship of interdependence between the use and quality of life of farms.

The facilities for dairy farms evolved substantially over the past 20 years as a result of sharp increase and the change in emphasis since ceased to be given to worker comfort, to be transferred to the comfort of the animals. Considering that the larger farms and the necessary reduction in labor force to design and refurbish the accommodation and facilities in a functional, effective and efficient.

This evolution requires a new dynamic which is essential to find the best designs for new farms, as the competitive situation existing in the optimal performance requires investment costs and operating optimized as possible. This requires that the formulation of new construction is done by applying the techniques of engineering design.

Key words: *Dairy farms, plant layout, design, efficiency*

Resumen

El sector lácteo Gallego presenta un dinamismo que persigue la mejora en los sistemas de producción, de manejo, en la calidad genética y en la alimentación del ganado. En este contexto se ha estudiado esta evolución desde diferentes consideraciones, tanto desde la mejora del diseño de las instalaciones como de las relaciones de interdependencia entre la explotación y la calidad de vida de los ganaderos.

Las instalaciones para ganado vacuno lechero evolucionaron sustancialmente en los últimos 20 años, como resultado del acentuado aumento y de la variación del énfasis que dejó de ser dado al confort del trabajador, para ser trasladada al confort de los animales. Estimando que el mayor tamaño de las explotaciones y la necesaria disminución de la mano de obra obligará a diseñar y remodelar los alojamientos e instalaciones de manera funcional, eficaces y eficientes.

Esta evolución necesita una nueva dinámica en la cual es imprescindible buscar los mejores diseños para las nuevas explotaciones, dado que en la situación competitiva existente la rentabilidad óptima exige costes de inversión y de explotación lo más optimizados posibles. Para ello es imprescindible que la formulación de las nuevas construcciones se realice aplicando las técnicas de ingeniería de diseño.

Palabras clave: *Explotaciones lecheras; distribución en planta; diseño; eficiencia*

1. Introducción

Galicia, región situada en el Noroeste de España, centra su principal sector económico en la agricultura, siendo la ganadería el que posee más peso dentro del mismo.

A lo largo de las últimas dos décadas, el subsector ganadero gallego, y concretamente el dedicado a la producción láctea, ha experimentado un proceso de reconversión con dos características principales.

Como se observa en la tabla 1, se ha producido una reducción dramática tanto en el número de explotaciones, como en el número de cabezas de ganado vacuno lechero.

Tabla 1: Distribución de explotaciones de ganado vacuno lechero en Galicia en 1993 y 2007(IGE 2004 e INE 2007).

Rangos	1993		2007	
	Nº explot.	Nº vacas lecheras	Nº explot.	Nº vacas lecheras
1-2	28.200	39.840	986	1.543
2-4	12.693	42,96	2.338	9.811
5-9	17.230	114.009	4.715	42.182
10-19	12.383	163.791	5.931	120.699
20-29	3204	74.527	2.555	78.548
30-49	1502	51.142	1.766	79.024
>50	193	15.352	596	45.445
Total	75.405	501.621	18.887	377.252

Por otro lado, pese a la reducción anteriormente citada, se observa una tendencia prácticamente horizontal cuando se analiza el volumen de producción de leche de la comunidad, dando como resultado un ligero descenso del mismo, como se indica en la tabla 2.

Tabla 2: Análisis de la producción láctea en Galicia en 1993 y 2007(IGE 2004 e INE 2007).

Nº vacas lecheras	1993	2007
	Producción de leche (miles litros)	
1-2	2.948,40	3.111,30
2-4	9.299,00	4.403,90
5-9	56.817,20	31.928,60
10-19	132.863,30	106.073,00
20-29	125.200,90	102.671,00
30-49	125.449,00	138.852,10
>= 50	57.073,20	94.086,90
TOTAL	509.651,20	481.126,00

Esta evolución puede ser fácilmente explicada cuando se comparan los sistemas de estabulación de los animales. De hecho basta con comparar el sistema de estabulación libre cubierta con el sistema de estabulación trabada para darse cuenta de que el primer sistema, más moderno, permite concentrar un mayor número de animales en un mismo espacio, aumentar el bienestar de los animales y disminuir la necesidad de mano de obra (Debido a los sistemas de asociados a la explotación, como la alimentación y la gestión de residuos), siendo indiscutible su mayor funcionalidad, eficacia y eficiencia.

Es necesaria una nueva dinámica en la cual es imprescindible buscar los mejores diseños para las nuevas explotaciones, dado que en la situación competitiva existente la rentabilidad óptima exige costes de inversión y de explotación lo más optimizados posibles (Pereira, et al., 2005). Para ello es imprescindible que la formulación de las nuevas construcciones se realice aplicando las técnicas de ingeniería de diseño (Álvarez et al., 1995).

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 trabajo realizado en la presente investigación será la comparación de las diferentes dimensiones propuestas por diversos autores con los obtenidos en la realidad a través de encuestas realizadas en Galicia, observando sus posibles variaciones.

El objetivo final es establecer un puntote partida de cara a futuras investigaciones relacionadas con la distribución en planta y su relación con variables técnicas.

3. Metodología

Para realizar el estudio, se realizaron encuestas en explotaciones de vacuno lechero de Galicia. Para determinar el tamaño muestral se utilizó la metodología propuesta en el año 2009 por Irimia & Resch.

Obteniéndose un tamaño muestral de 44 explotaciones, y encuestando a 50 seleccionadas aleatoriamente, donde se realizó el trabajo de campo, muestra en la que se incluyeron las distintas tipologías de manejo, que hay 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.

A partir de esos datos se caracterizó 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.

Se procedió al análisis de los croquis realizados en campo, caracterizando cada unas de las zonas que conforman la explotación y cuantificando su superficie para su comparación con estándares comúnmente aceptados.

Las publicaciones utilizadas, que definen estos estándares son:

- Manual de instalaciones para explotaciones lecheras (Arana et al., 2002)
- Alojamientos para ganado vacuno de leche (Carreira, 1997).
- Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas (M.A.P.A., 1989).
- Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas (Sanz et al., 1988).
- Diseño y construcción de alojamientos ganaderos (García-Vaquero, 1979).
- Del mismo modo se utilizaran otras publicaciones específicas de las distintas zonas objeto del estudio y sus recomendaciones y artículos de interés (Carreira et al., 2009; Pereira et al., 2003 y 2005; Álvarez, 1994; entre otros).

A efectos de este trabajo consideraremos 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. Recomendaciones

Tabla 3: Recomendaciones Zona de Reposo.

ZONA DE REPOSO			
FUENTE	TIPO	S (m ² /animal)	DIMENSIÓN CUBÍCULO
Manual de instalaciones para explotaciones lecheras	colectiva	7	
	individual	2,88	2,4m x 1,2m.
Alojamientos para ganado vacuno de leche	colectiva	Entre 8 y 10	
	individual	3	2,5m x 1,2m.
Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas	colectiva	Entre 8 y 10	
	individual	Entre 2,1 y 3,3	Entre 1,0 a 1,5m de ancho y 2,1 a 2,2m de largo
Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas	colectiva		
	individual	2,42-2,88	Entre 2,2-2,4m de largo y 1,1-1,2m de ancho
Diseño y construcción de alojamientos ganaderos	colectiva		
	individual	5	Entre 2,1-2,2m de largo y entre 1,1 y 1,25m de ancho

- Patio de ejercicio. Recomendaciones

Tabla 4: Recomendaciones Patio de Ejercicio

PATIO DE EJERCICIO	
FUENTE	S (m ² /animal)
Manual de instalaciones para explotaciones lecheras	10
Alojamientos para ganado vacuno de leche	Entre 2,5 y 3,5
Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas	No realiza recomendación
Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas	Fija una anchura de 6m.
Diseño y construcción de alojamientos ganaderos	Entre 6 y 7

- Sala de espera al ordeño. Recomendaciones

Tabla 5: Recomendaciones Sala de Espera Ordeño.

SALA DE ESPERA AL ORDEÑO		
FUENTE	S (m ² /animal)	RECOMENDACIONES
Manual de instalaciones para explotaciones lecheras	Entre 1,2 y 1,5	Capacidad para albergar 2 o 3 tandas de ordeño
Alojamientos para ganado vacuno de leche	Entre 1,2 y 1,5	Anchura comprendida entre 2,5 y 4m.
Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas	Entre 1,2 y 1,5	
Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas	Entre 1 y 1,2	Anchura comprendida entre 2,5 y 4m.
Diseño y construcción de alojamientos ganaderos	1,5	Considerando el lote de mayor de mayor tamaño

- Sala de ordeño. Recomendaciones

Para esta dependencia seguiremos el criterio expuesto por Álvarez, (1994) en su tesis doctoral que estima una superficie por animal y por tipología de sala de:

Tabla 6: Recomendaciones Sala de Ordeño.

SALA ORDEÑO			
FUENTE	TIPO	S (m ² /animal)	RECOMENDACIONES
Validación de modelos de diseño de distribución en planta asistidos por ordenador aplicados a alojamientos de vacuno lechero en Galicia	Paralelo	1,46	Estimación para 30 animales
	Espina	Entre 0,76 y 0,91	Estimación para 60 y 90 animales

- Zona de partos. Recomendaciones

Tabla 7: Recomendaciones Sala de Partos.

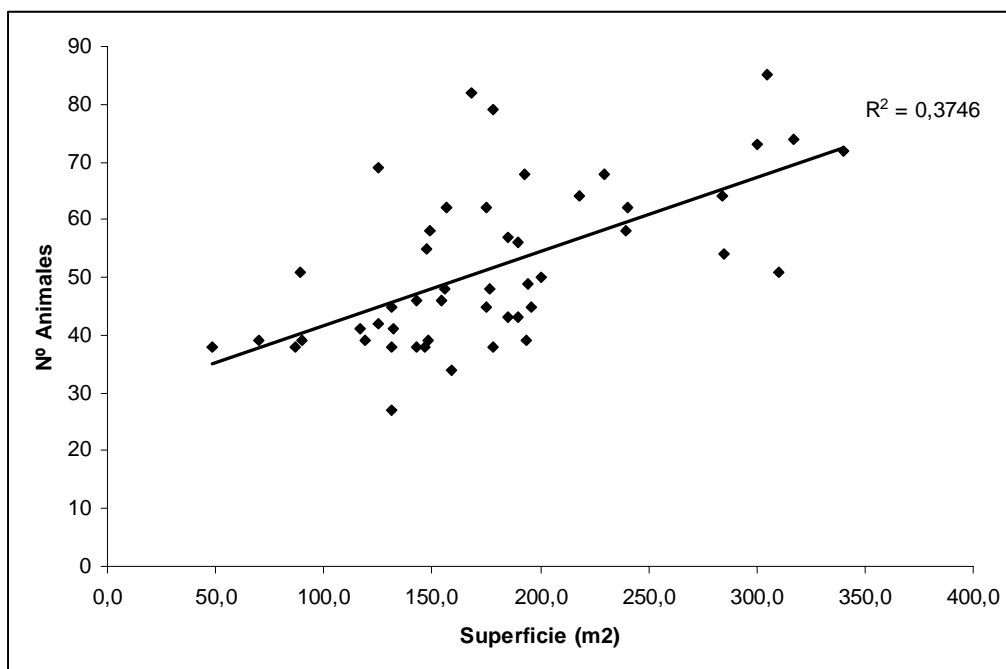
SALA DE PARTOS		
FUENTE	S (m ²)	RECOMENDACIONES
Manual de instalaciones para explotaciones lecheras	Entre 10 y 15	Cada 35 animales.
Alojamientos para ganado vacuno de leche	Entre 9 y 16	Con lados de entre 3 y 4 metros.
Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas	Sin referencia	
Bases para el diseño de alojamientos e instalaciones ganaderas	Sin referencia	1box por cada 20 animales.
Diseño y construcción de alojamientos ganaderos	13	Boxes de 3,5 x 3,5 metros.

4. Resultados y discusión

4.1. Zona de reposo

Como se observa en el gráfico 1 el grueso de las explotaciones analizadas, se centra en explotaciones con un número de cabezas de ganado de entre 30 y 40 animales con una amplitud en cuanto a la superficie que abarca desde 50 a 200m² útiles, que remarca la variabilidad de la medida.

Gráfico 1: Relación Superficie zona de reposo – Animales de la explotación



El análisis de los estadísticos descriptivos de la zona de reposo por animal, arroja los valores expuestos en la tabla 3.

Tabla 8: Estadísticos descriptivos S reposo/animal

<i>Estadísticos descriptivos Szona reposo/animal</i>	
Media	3,47
Error típico	0,14
Mediana	3,46
Desviación estándar	0,96
Varianza de la muestra	0,92
Curtosis	-0,52
Coficiente de asimetría	-0,28
Rango	4,01
Mínimo	1,26
Máximo	5,27
Suma	156,24
Cuenta	45

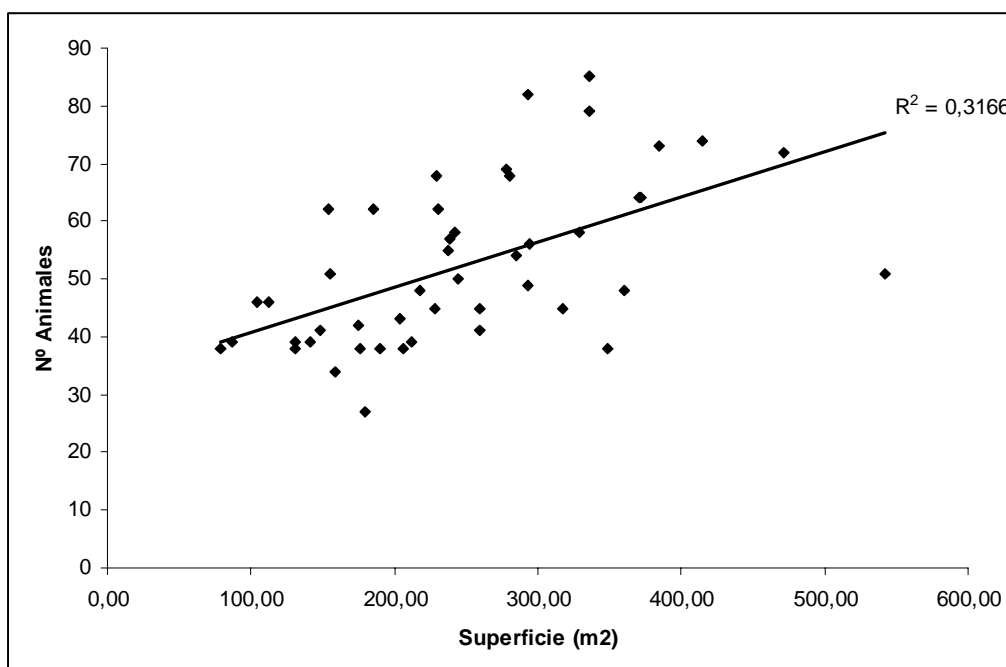
Observando los valores máximos y mínimos de la superficie disponible por animal dentro de la muestra, pone de manifiesto la gran variabilidad anteriormente mencionada.

La superficie media utilizada por animal de $3,67\text{m}^2$, es ligeramente superior a la superficie recomendada por la mayoría de los autores (Entre $2,1$ y 3m^2). Sin embargo la bibliografía más moderna recomienda superficies superiores a 5m^2 hasta los 9m^2 que sugiere Phillips (2003). Esta discrepancia en cuanto a la superficie necesaria por animal viene dada por la definición de la zona de reposo que utilizan los distintos autores y la consideración de los pasillos que dan acceso a los mismos dentro de dicha zona o no.

Los $3,67\text{m}^2$ concuerdan con la estimación de la superficie necesaria propuesta por aquellos autores que no consideran los pasillos de acceso a los cubículos superiores a $1,5\text{m}$.

4.2. Patio de ejercicio

Gráfico 2: Relación Superficie patio de ejercicio – Animales de la explotación



De nuevo se presente una gran amplitud en cuanto a la superficie ocupada para un mismo número de animales, mucho más marcada que en el caso anterior. Observándose superficies de 350m^2 para explotaciones con 45 animales y más de 80.

Tabla 9: Estadísticos descriptivos S ejercicio/animal

<i>Estadísticos descriptivos Szona ejercicio/animal</i>	
Media	4,74
Error típico	0,23
Mediana	4,67
Desviación estándar	1,48
Varianza de la muestra	2,19
Curtosis	0,75
Coefficiente de asimetría	0,51
Rango	7,10
Mínimo	2,08
Máximo	9,18
Suma	203,62
Cuenta	45

La superficie media ocupada por animal es de $4,74\text{m}^2$, situándose la mayoría de las explotaciones entre 4 y 6m^2 .

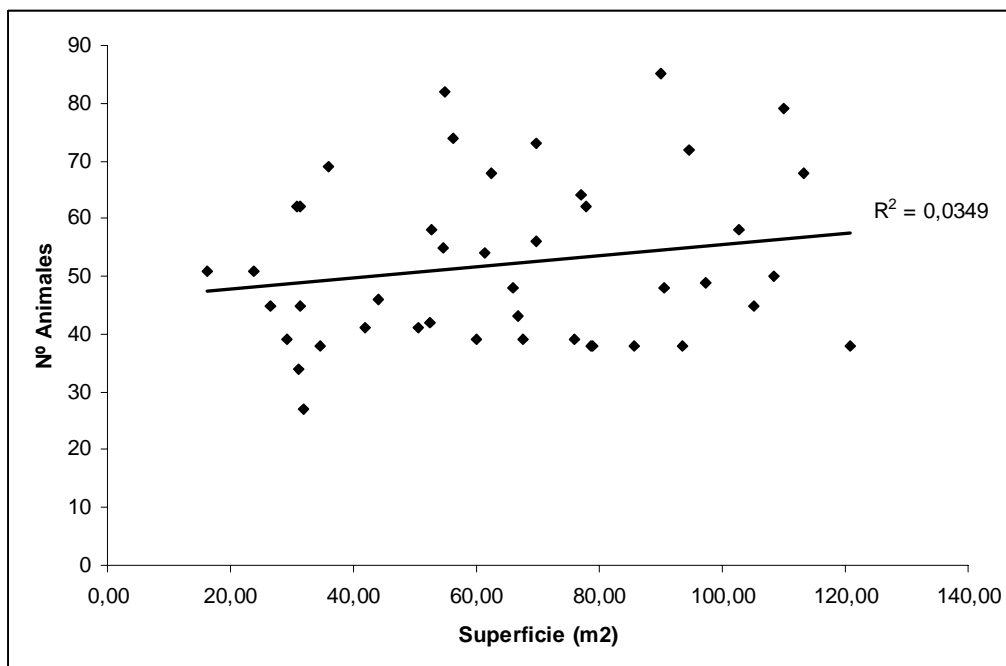
Pese a la amplitud de la muestra (el rango es 7,10) la mayoría de los datos de la muestra se encuentran en la zona central de las medidas y esto no nos va a desvirtuar mucho la media.

El valor medio se aleja de las superficies propuestas en la bibliografía de referencia (De 6 a 10m^2), destacando que el 16% de las explotaciones se encuentra dentro de estos estándares. Esta diferencia es debida a la definición tomada por la mayoría de los autores que consideran esta superficie como una zona anexa a la nave principal donde los animales pueden caminar libremente. Mientras que en este estudio se ha tomado dicha superficie como la ocupada por los pasillos de alimentación y los pasillos que dan acceso a los cubículos que permiten el paso de dos animales en paralelo (anchura mayor a 1,5m.).

La superficie media obtenida es ligeramente superior a la propuesta por Carreira (1997), que usa la misma definición que la utilizada en el estudio para definir la zona de ejercicio.

4.3. Sala de espera al ordeño

Gráfico 3: Relación Superficie sala espera – Animales de la explotación



En el análisis de la sala de espera al ordeño se trató todo el rebaño como un único lote, ya que durante la realización de las encuestas, no se encontró ningún ganadero que realizara un manejo de los animales en lotes separados.

Tabla 10: Estadísticos descriptivos S espera/animal

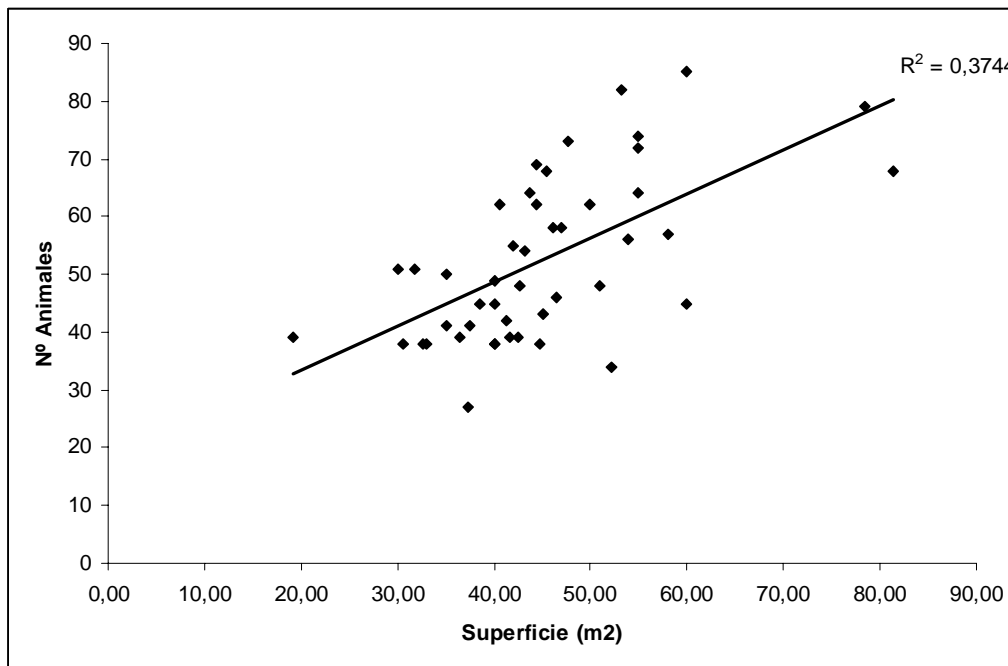
<i>Estadísticos descriptivos Ssala espera/animal</i>	
Media	1,48
Error típico	0,12
Mediana	1,26
Desviación estándar	0,78
Varianza de la muestra	0,61
Curtosis	2,35
Coficiente de asimetría	1,30
Rango	3,71
Mínimo	0,47
Máximo	4,18
Suma	63,55
Cuenta	45

La superficie media de la muestra analizada se sitúa muy cercana a la mayoría de las recomendaciones consultadas en la bibliografía, que estiman dicho tamaño entre los 1,2 y 1,5 m². El rango elevado y la cola alargada a la derecha del histograma, hacen que ese valor medio de superficie ocupada por animal en la sala de ordeño se encuentre un poco desvirtuado.

La mayoría de las muestras se concentran en dos clases con superficies por animal de hasta 1,70 m². Pese a la buena adaptación mostrada por el rango de datos analizados, un 31% de los datos se aleja peligrosamente de los 1,5 m².

4.4. Sala de ordeño

Gráfico 4: Relación Superficie sala ordeño – Animales de la explotación



En el análisis de la sala de ordeño nos centramos exclusivamente en las salas de ordeño en espina de pescado ya que su tamaño muestral es más amplio.

Tabla 11: Estadísticos descriptivos S ordeño/animal

<i>Estadísticos descriptivos Ssala ordeño/animal</i>	
Media	0,82
Error típico	0,02
Mediana	0,82
Desviación estándar	0,13
Varianza de la muestra	0,02
Curtosis	-0,22
Coficiente de asimetría	-0,19
Rango	0,56
Mínimo	0,49
Máximo	1,05
Suma	30,46
Cuenta	37

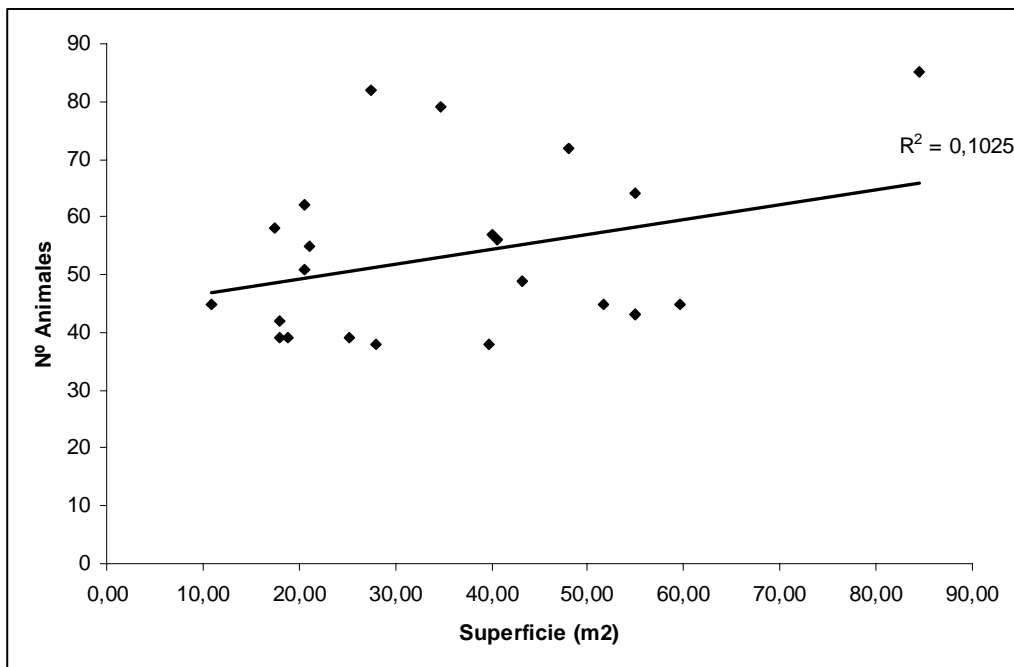
La superficie media de la muestra analizada se sitúa muy próxima a las recomendaciones propuestas por Álvarez, (1994) que estimó dicho tamaño entre los 0,73 y 0,91 m² en función del número de animales.

La mayoría de las muestras se concentran en dos clases con superficies por animal de entre 0,68 y 0,87 m², lo que posiciona la media de los datos muy próxima a los valores recomendados, del mismo modo se observa una pequeña amplitud en cuanto a la superficie utilizada por animal, por lo que parece una opción adecuada de cara a al análisis de la distribución en planta.

Esta cercanía se hace más evidente al analizar la superficie asignada a cada animal para los tamaños de los rebaños propuestos. La superficie de la sala de ordeño en espina de pescado para rebaños de entre 58 y 64 animales se sitúa en 0,75m².

4.5. Zona de partos

Gráfico 5: Relación Superficie sala ordeño – Animales de la explotación



La zona de partos es la zona menos representativa dentro de la muestra, solamente 22 de las 50 explotaciones analizadas disponen de este alojamiento como tal.

La mayoría de los autores cifran la superficie recomendada entre 10 y 15 m² por cada 35 animales, lo que supone una superficie por cabeza de ganado entre 0,28 y 0,42 m². El gráfico anterior muestra a simple vista que la superficie utilizada para la zona de partos es superior a las recomendaciones consultadas.

Tabla 12: Estadísticos descriptivos S ordeño/animal

<i>Estadísticos descriptivos Ssala partos/animal</i>	
Media	0,72
Error típico	0,07
Mediana	0,68
Moda	1,28
Desviación estándar	0,34
Varianza de la muestra	0,12
Curtosis	-1,02
Coficiente de asimetría	0,45
Rango	1,08
Mínimo	0,24
Máximo	1,32
Suma	15,76
Cuenta	22

El análisis de los estadísticos descriptivos, arroja un valor medio de 0,72m², muy superior a las recomendaciones calculadas.

Los datos obtenidos se sitúan en un valor cercano a la máxima recomendación consultada, pero la elongación de los mismos desplaza el valor medio alejándolo de la optimización.

5. Conclusiones

La problemática de los análisis de la distribución en planta y la utilización de superficies no se ha abordado de forma sistemática en la literatura especializada, proponiendo diseños y soluciones para casos y situaciones muy específicas pero mostrando opiniones dispares o incluso contradicciones entre ellos.

Independientemente de que las recomendaciones aportadas a la hora de diseñar las explotaciones de vacuno de leche se basan en la experiencia de los autores y de zonas geográficas concretas lo que provoca su gran variabilidad, las recomendaciones específicas de Galicia son indiscutibles.

A partir de ellas quedan claro dos características fundamentales de las explotaciones gallegas:

- Primero; su superficie es claramente inferior a las recomendaciones.
- Segundo; existe una gran variabilidad entre ellas.

Esto puede justificarse debido a que las explotaciones no son un primer diseño, sino que por el contrario, suele corresponderse con explotaciones ampliadas. Todo ello dificulta nuestro estudio, dado que dificulta la correlación entre los factores analizados e incluso la aplicación de fórmulas de diseño.

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

- Álvarez, C. J. 1994. Validación de modelos de diseño de distribución en planta asistidos por ordenador aplicados a alojamientos de vacuno lechero en Galicia. Tesis Doctoral. Madrid, Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Proyectos y Planificación Rural.
- Álvarez, C.J., Marco, J.L., & González, J.A., 1995. Ingeniería del Diseño: una aproximación a la distribución en planta. Fundación General de la U.P.M. Madrid, España
- Arana M.J., 2002. Manual de instalaciones para explotaciones lecheras. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, pp. 51-135.
- Carreira, X.C., 1997. Alojamientos 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.
- García-Vaquero, E., 1979. Diseño y construcción de alojamientos ganaderos. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. pp. 91-152
- IGE. 2004. Encuesta de explotaciones de vacuno en Galicia. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Instituto Gallego de Estadística.

- INE.2007. Encuesta sobre la Estructura de las Explotaciones Agrícolas.2005-2007 Madrid, España. Instituto Nacional de Estadística.
- Irimia, S. & Resch, C., 2009. Neural network analysis of dairy farm efficiency in Galicia. Spanish Journal of Rural Development, pp 71-77.
- Irimia, S., Resch, C., & Álvarez C.J., 2008. XII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos. Zaragoza, Julio 2009, pp 103-114.
- M.A.P.A., 1989. Fichas técnicas sobre explotaciones ganaderas. Servicio de Extensión agraria. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. pp. 106-286.
- Marco, J.L., Cuesta, T.S., Resch, C.J., Álvarez, C.J., 2008. Analysis of Layout Design 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
- Pereira, J.M.; Álvarez, C.J & Barrasa, M., 2003. Prediction of Dairy Housing Construction Costs. Journal of Dairy Science, vol 86(11), pp. 3536-3541.
- Pereira, J.M; Barrasa, M.; Álvarez, C.J. & Bueno, J., 2005. Prediction of dairy cattle housing cost with different cleaning systems. Transactions of the Asabe, vol 48(1), pp. 307-314.
- 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.

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