

MÁSTER INTERUNIVERSITARIO EN MEJORA GENÉTICA ANIMAL Y BIOTECNOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN



“ANÁLISIS DE LA INTERACCIÓN GENOTIPO X AMBIENTE ENTRE SISTEMAS DE ALOJAMIENTO Y RAZAS DE GALLINAS PONEDORAS PARA INDICADORES DE BIENESTAR Y CALIDAD DE HUEVO”

Tesis de Máster
Valencia, Septiembre, 2011

Ronald R. Cabezas Congo

Director:
José L. Campo Chavarri

DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL

Universidad Politécnica de Valencia

**“ANALISIS DE LA INTERACCION GENOTIPO X AMBIENTE
ENTRE SISTEMAS DE ALOJAMIENTO Y RAZAS DE
GALLINAS PONEDORAS PARA INDICADORES DE
BIENESTAR Y CALIDAD DE HUEVO”**

Autor:

Ronald R. Cabezas Congo
Ing. Zootecnista.

Director:

José L. Campo Chavarri
Dr. Ing. Agrónomo.

Valencia, 2011

AGRADECIMIENTOS

Al culminar este trabajo quisiera expresar mi reconocimiento a todos aquellos que de un modo u otro contribuyeron a hacerlo posible.

Al Dr. José Luís Campo Chavarri, por su confianza, apoyo y por todos los conocimientos transmitidos en el transcurso de esta tesis.

Al INIA por la colaboración prestada en la ejecución de este trabajo.

A las Dras María García Gil, Sara García Dávila, y María Teresa Prieto por haber sido dispuestas siempre con mucha amabilidad a enriquecer este trabajo.

A las personas del grupo avícola: Gregorio Martínez, Antonio Martínez, Antonio López, Mercedes Borlaff, Ángel Puerta, Tamara Ruíz y Mariano Fernández, por su colaboración y ayuda durante esta investigación. Muy especial a Olga Torres, por su amistad, dedicación y gran apoyo prestado durante el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Luis Ayerbe por su participación en el reconocimiento y clasificación de los pastos utilizados en este trabajo.

Y sobre todo a mi familia por su apoyo incondicional y por ser el motivo y la inspiración para sobrellevar los momentos difíciles y seguir adelante.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue analizar la interacción genotipo x ambiente en cuatro sistemas de alojamiento (libertad, yacija, parques y jaulas) y cuatro razas españolas de gallinas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada, Castellana Negra y Villafranquina Roja), para dos indicadores de bienestar (cociente heterofilos:linfocitos: H:L y duración de inmovilidad muscular: IM) y diferentes medidas de calidad externa (tamaño y forma del huevo y calidad de cáscara) e interna de huevo (calidad de yema y albumen). Se utilizaron 456 gallinas de 36 semanas de edad, y se recogieron un total de 1512 huevos. Las jaulas eran las mejores desde el punto de vista del miedo, ya que tenían la menor duración de IM. El sistema en libertad era el peor desde el punto de vista del nivel de estrés ya que tenía el mayor cociente H:L. El porcentaje de mortalidad fue mayor en la raza ponedora de huevo crema (Prat Leonada) alojada en libertad. La raza ponedora de huevo crema tenía el huevo significativamente más alargado que las otras razas en todos los sistemas de alojamiento. Las gallinas alojadas en libertad tenían menor gravedad específica en la ponedora de huevo blanco (Castellana Negra) y en la de huevo marrón (Vasca Roja-barrada), mientras que las gallinas alojadas sobre yacija tenían menores valores en la de huevo crema y en la de huevo marrón oscuro (Villafranquina Roja). Los parques tenían significativamente mayores porcentajes de roturas de huevo que las jaulas en las dos razas ponedoras de huevo marrón. Los parques tenían el mayor porcentaje de huevos sucios. Los huevos marrones procedentes de las gallinas enjauladas eran más oscuros que los de las alojadas en libertad, yacija y parques. El porcentaje de huevos rosas era significativamente mayor en los parques y menor en las jaulas. Las unidades Haugh directas eran significativamente mayores en jaulas para las dos ponedoras de huevo marrón y la de huevo crema. La altura de albumen era significativamente mayor en jaulas para las dos ponedoras de huevo marrón. Las gallinas alojadas en libertad tenían el color de yema más oscuro que las gallinas alojadas en los otros tres tipos de alojamientos en las cuatro razas estudiadas. La incidencia de manchas de sangre en la yema del huevo era significativamente menor en parques. El porcentaje de manchas de carne era significativamente menor en las dos razas de huevo marrón.

SUMMARY

The objective of this research was to analyze genotype x environment interaction in four housing systems: free-range, litter, parks (litter with outside access) and cages, and four Spanish breeds of hens (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada, Castellana Negra and Villafranguina Roja) for two welfare indicators (heterophil:lymphocyte ratio: H:L and duration of tonic immobility: IM) and different measures of external egg quality (size and shape, shell quality) and internal quality (yolk and albumen quality). A total of 456 hens 36 weeks old, were sampled and 1512 eggs were collected. The cages were the best system from the point of view of fear, because they had a shorter duration of IM. The free-range system was the worst from the point of view of the stress level, because it had the highest H:L ratio. The mortality rate was higher in the Prat Leonada, layer of cream eggs, housed in free-range. The Prat Leonada had significantly longer eggs than the other breeds in all housing systems. The hens housed in free-range had lower specific gravity in the white egg (Castellana Negra) and the brown egg (Vasca Roja-barrada) layer breeds, while hens housed on litter had lower values in the cream egg and the dark brown egg (Villafranguina Roja) layer breeds. The parks had significantly higher percentages of broken eggs than cages in the two brown egg layer breeds. Parks had the highest percentage of dirty eggs. Brown eggs from caged hens were darker than those of free-range, litter and parks. The percentage of pink eggs was significantly higher in the parks and smaller in the cages. The direct Haugh units were significantly higher in cages for the two brown egg and the cream egg layer breeds. Albumen height was significantly greater in cages for the two brown egg layers. The hens housed in free-range had darker yolk color than those housed in the other three systems in the four breeds. The incidence of blood spots in the egg yolk was significantly lower in parks. The percentage of meat spots was significantly lower in the two brown egg layer breeds.

INDICE

Capitulo	Pag
Índice-----	IV
Número de figuras-----	VIII
Número de tablas-----	XII
I. INTRODUCCION -----	1
Indicadores de bienestar -----	4
Calidad de huevo -----	6
Tamaño y forma del huevo-----	6
Calidad de cáscara-----	7
Calidad interna-----	9
Objetivo -----	11
II. MATERIALES Y MÉTODOS. -----	13
Razas de gallinas -----	16
Sistemas de alojamiento -----	18
Indicadores de bienestar -----	24
Calidad de huevo -----	26
Tamaño y forma del huevo-----	26
Calidad de cáscara-----	26
Calidad interna-----	31
Diseño experimental -----	34
III. RESULTADOS -----	37
Indicadores de bienestar -----	39
Calidad de huevo -----	41
Tamaño y forma del huevo-----	41
Calidad de cáscara-----	44
Calidad interna-----	50
IV. DISCUSION. -----	57

V. CONCLUSIONES -----	73
VI. BIBLIOGRAFIA -----	77
VII. ANEXO -----	87

INDICE FIGURAS

Figuras	Pag
1 Vasca Roja- barrada -----	17
2 Villafranquina Roja-----	17
3 Castellana Negra-----	17
4 Prat Leonada-----	17
5-6 Alojamiento en libertad-----	20
7-8 Alojamiento en yacija-----	21
9-10 Alojamiento en parques-----	22
11-12 Alojamiento en jaulas-----	23
13 Inmovilidad muscular inducida en una gallina-----	25
14 Heterófilos y linfocitos de una muestra de sangre de gallina-----	25
15 Longitud y anchura de huevo-----	28
16 Gravedad Específica-----	28
17 Peso de cáscara-----	29
18 Color de cáscara-----	29
19 Huevos rosas-----	30
20 Manchas de cáscara-----	30
21 Altura de albumen-----	33
22 Peso y color de yema-----	33
23 Manchas de sangre -----	33
23 Medias de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos-----	89

24	Medias de intentos de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	90
25	Medias de intentos de inmovilidad muscular en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	90
26	Medias del cociente de heterófilos: linfocitos en cada uno de los alojamientos-----	91
27	Medias del cociente de heterófilos: linfocitos en cada una de las razas-----	91
28	Medias de heterófilos y linfocitos en cada uno de los alojamientos	92
29	Medias de heterófilos y linfocitos en cada una de las razas-----	92
30	Medias de longitud de huevo en los cuatro alojamientos en cada una de las razas-----	93
31	Medias de longitud de huevo en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos -----	93
32	Medias de ancho de huevo en los cuatro alojamientos en cada una de las razas-----	94
33	Medias de ancho de huevo en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos-----	94
34	Medias de índice de forma en los cuatro alojamientos en cada una de las razas-----	95
35	Medias de índice de forma en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos-----	95
36	Medias de peso de huevo en los cuatro alojamientos en cada una de las razas	96
37	Medias de peso de huevo en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos-----	96
38	Medias de gravedad específica de los cuatro alojamientos en cada una de las razas-----	97

39	Medias de gravedad específica de cuatro razas en cada uno de los alojamientos-----	97
40	Medias de peso de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	98
41	Medias de peso de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	98
42	Medias de peso de cáscara por unidad de superficie en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	99
43	Medias de peso de cáscara por unidad de superficie en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	99
44	Medias de porcentaje de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	100
45	Medias de porcentaje de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	100
46	Porcentajes de huevos rotos en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	101
47	Porcentajes de huevos rotos en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	101
48	Porcentaje de huevos sucios en los cuatro alojamientos-----	102
49	Porcentaje de huevos sucios en cada una de las razas-----	102
50	Medias de color de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas -----	103
51	Medias de color de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	103
-		
52	Porcentajes de huevos rosas y manchas de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	104
53	Porcentajes de huevos rosas y manchas de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	104

54	Medias de peso de albumen en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	105
55	Medias de peso de albumen en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	105
56	Medias de altura de albumen en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	106
57	Medias de altura de albumen en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	106
58	Medias de unidades Haugh directas en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	107
59	Medias de unidades Haugh directas en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	107
60	Medias de unidades Haugh indirecta en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	108
61	Medias de unidades Haugh indirecta en cuatro razas y en cada uno de los alojamiento-----	108
62	Medias de peso yema en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	109
63	Medias de peso yema en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	109
64	Medias de cociente yema:albumen en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	110
65	Medias de cociente yema:albumen en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	110
66	Medias de color de yema en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	111
67	Medias de color de yema en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	111

68	Porcentajes de manchas de sangre en cuatro alojamientos-----	112
69	Porcentajes manchas de carne en cuatro alojamientos y en cada una de las razas-----	113
70	Porcentajes de manchas de carne en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos-----	113

INDICE DE TABLAS

Tablas		Pag
1	Número de huevos en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	15
2	Medias de duración inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	39
3	Intentos de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	40
4	Cociente heterófilos:linfocitos, en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	41
5	Medias de longitud de huevo en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	42
6	Medias de anchura de huevo en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	42
7	Porcentajes de índice de forma en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	43
8	Medias de peso de huevo en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	44
9	Medias de gravedad específica en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	44
10	Medias de peso de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	45
11	Medias de peso de cáscara por unidad de superficie en cuatro	46

	alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	
12	Medias de porcentaje de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	47
13	Porcentaje de huevos rotos en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	47
14	Porcentaje de huevos sucios en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	48
15	Medias de color de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	49
16	Porcentaje de huevos rosas y manchas de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	50
17	Medias de peso de albumen en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	51
18	Medias de altura de albumen en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	51
19	Medias de unidades Haugh directas en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	52
20	Medias de unidades Haugh indirecta en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	53
21	Medias de peso yema en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	53
22	Medias de cociente yema:albumen en alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	54
23	Medias de color yema en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	55
24	Porcentaje de manchas de sangre en alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	55
25	Porcentaje de manchas de carne en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas-----	56

I. INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCION

Los sistemas de alojamiento que incluyen acceso a un parque exterior, con o sin acceso a pasto, están comenzando a ser utilizados en los animales comerciales para mejorar su nivel de bienestar. Los sistemas que incluyen acceso a pasto son cada vez más frecuentes debido a las demandas del consumidor para productos “naturales” (huevos y carne). Estos sistemas recomiendan el uso de razas tradicionales (Van de Weerd y col., 2009).

Por otra parte, en la Unión Europea las jaulas convencionales estarán prohibidas a partir del 1 de enero del 2012, por lo que hacen falta sistemas alternativos de alojamiento (jaulas enriquecidas, acceso a un parque exterior, yacija, o aviarios) y razas adaptadas a estos sistemas alternativos, ya que no todas las razas sirven para todos los sistemas en términos de calidad de producto y bienestar. Cuando se proponen diferentes sistemas de alojamiento siempre hay que considerar la interacción genotipo x ambiente (Singh y col., 2009a).

Ningún sistema de alojamiento es superior a otro cuando se consideran todos los aspectos de bienestar animal (Elson, 2008), o aparece en primer lugar para todos los indicadores de bienestar (estrés, miedo, comportamiento, picaje, problemas en las patas, etc). Los sistemas que consideran jaulas y los que no las consideran tienen puntos fuertes y débiles en términos de su impacto sobre el bienestar animal (Tauson, 2005; Rodenburg y col., 2008; Shimmura y col., 2010) aunque en términos de mortalidad el sistema en libertad suele ser el peor de todos (Elson y Croxall, 2006). Con sistemas alternativos a las jaulas, tanto interiores como exteriores, las aves pueden desarrollar un comportamiento más natural que contribuye a un mayor nivel de su bienestar. Sin embargo, se ven a la vez expuestas a varios factores como enfermedades, interacciones sociales, o condiciones climáticas adversas, que pueden incrementar las reacciones al estrés y al miedo reduciendo por consiguiente su bienestar.

Existen pocos datos científicos comparando el bienestar y la calidad del huevo de las gallinas ponedoras en diferentes sistemas de alojamiento, y la mayoría proceden de muestreos comerciales en diferentes países (Hidalgo y col., 2008; Sossidou y Elson, 2009; Jones y col., 2010). Las referencias indicadas a continuación no incluyen los estudios comparativos con jaulas enriquecidas o con aviarios, ya que ambos sistemas de alojamiento no se estudiaron en nuestro trabajo.

INDICADORES DE BIENESTAR

En relación con los indicadores de bienestar más utilizados en aves, la duración de inmovilidad muscular (IM), y el cociente de heterófilos:linfocitos (H:L), los estudios realizados en diferentes sistemas de alojamiento son contradictorios. Lay y col. (2011) han presentado una excelente revisión sobre el tema.

La duración de la IM es una medida tradicional del miedo en aves y otros animales (Gallup, 1977, 1979), y es un comportamiento típico de las presas que no pueden escapar o combatir con sus predadores. El miedo es una respuesta psico-fisiológica adaptativa para percibir el peligro (Jones, 1996). Igual que sucede con el cociente H:L, la duración de la IM no debe ser muy alta, porque puede resultar en pánico, ni muy baja, porque un cierto nivel de miedo es ventajoso para el animal ya que le permite reaccionar ante un peligro. Puede corregirse o no por el número de intentos necesarios para inducirlo, otro indicador relacionado con el miedo.

Shimmura y col. (2010) encontraron que el alojamiento en libertad tenía menor duración de la IM que el sistema de jaulas, utilizando un cruce no comercial Leghorn Blanca x Rhode Island Red. Usando una prueba diferente a la duración de IM (prueba del objeto nuevo), Graml y col. (2008) encontraron diferentes niveles de miedo en gallinas ponedoras procedentes de un cruce comercial de huevo marrón alojadas en jaulas o en libertad.

Las gallinas Leghorn Blanca alojadas en jaulas eran más miedosas que las alojadas en yacija (Jones y Faure, 1981a; Kujiyat y col., 1983), mostrando una duración de la IM significativamente más larga. Tauson y col. (1999) no encontraron diferencias significativas en la duración de IM, en gallinas de cruces comerciales de huevo blanco y marrón alojadas en jaulas o en yacija.

Aunque Campo y col. (2008) no hallaron diferencias significativas para la duración de IM, encontraron que el efecto del sistema de alojamiento se aproximaba a los niveles de significación estadística para el miedo, siendo la duración de la IM mayor dentro del grupo de gallinas alojadas en yacija que dentro del grupo de gallinas alojadas en libertad. En el estudio con los machos de la raza Leonesa Parda, Campo y Prieto (2009), encontraron diferencias significativas en la duración de la IM entre los gallos alojados en yacija y en libertad, siendo la duración significativamente mayor en el grupo de gallos alojados en yacija. Finalmente, Tuyttens y col. (2008) no encontraron diferencias en la duración de la IM entre los pollos de carne (broilers) criados en yacija o en libertad.

El cociente H:L es el indicador fisiológico más aceptado tanto en aves (Gross y Siegel, 1983) como en otros vertebrados (Davis y col., 2008), debido a que la exposición al estrés provoca incrementos significativos en él. Se considera mejor indicador que los niveles de corticosterona en el plasma para situaciones moderadas de estrés (Maxwell, 1993). Gross y Siegel (1993) sugirieron que los valores de referencia para el cociente son aproximadamente 0.2, 0.5 y 0.8 en niveles de estrés bajos, óptimos y altos, respectivamente.

Shini (2003), utilizando ponedoras procedentes de un cruce comercial de huevo marrón, y Shimmura y col. (2010) indicaron un mayor valor para las gallinas alojadas en jaulas convencionales en comparación con las alojadas en libertad.

Mench y col. (1986) no encontraron diferencias en el cociente H:L cuando comparaban gallinas de una línea experimental alojadas en jaulas

convencionales o en yacija. Similarmente, Singh y col. (2009b) analizaron el cociente H:L en dos estirpes comerciales de huevo blanco, una estirpe de huevo marrón, y un cruce no comercial Rhode Island Red x Barred Plymouth Rock, alojadas en jaulas convencionales o sobre yacija, no encontrando diferencias significativas.

Scholz y col. (2008) tampoco encontraron diferencias significativas para el cociente H:L al comparar gallinas ponedoras procedentes de un cruce comercial de huevo blanco alojadas en libertad o en yacija. Campo y col. (2008) encontraron interacción genotipo x ambiente significativa para el cociente H:L. Ciertas razas de gallinas (Vasca Roja- barrada y Leonesa Parda) exhibían mayor cociente H:L cuando se alojaban en yacija que cuando se alojaban en libertad, mientras que otras razas (Villafranquina Roja, Menorquina Negra, Española Cara Blanca y Leghorn Blanca) tenían cocientes similares en ambos sistemas de alojamiento. Utilizando machos de la raza Leonesa Parda, Campo y Prieto (2009) no encontraron diferencias significativas en el cociente H:L cuando los gallos, se alojaban en yacija o en libertad.

CALIDAD DE HUEVO

Por otra parte, tampoco hay un acuerdo general sobre la superioridad de un sistema de alojamiento sobre otro en relación con la calidad del huevo. Aunque algunos estudios indican que el sistema de alojamiento puede influir en la calidad del huevo, otros estudios no han encontrado efectos significativos. Holt y col. (2011) han presentado una revisión actual sobre este tema.

Tamaño y forma del huevo

Los huevos procedentes de gallinas ponedoras de huevo marrón alojadas en libertad se han mostrado superiores en peso a los de las jaulas convencionales (Hughes y col., 1985; Hidalgo y col., 2008; Jones y col., 2010). Shimmura y col. (2010) no encontraron diferencias significativas en peso de huevo entre gallinas alojadas en jaulas o en libertad, igual que Wang y col.

(2009) analizando la calidad de huevo en ponedoras de una raza china de cáscara azul.

Pistekova y col. (2006) y Singh y col. (2009a) encontraron que en ponedoras alojadas en yacija el peso medio del huevo fue más alto en comparación con las gallinas alojadas en jaulas. Mench y col. (1986) y Tauson y col. (1999) no encontraron diferencias significativas en peso de huevo entre las gallinas alojadas en jaulas o en yacija.

Krawczyk y Gornowicz (2010) encontraron que los huevos de gallinas de un cruce comercial de huevo marrón en libertad tenían menor peso que las gallinas alojadas en yacija.

En el único estudio con tres sistemas de alojamiento, Zemkova y col. (2007) compararon el peso de huevo procedente de gallinas de un cruce comercial de huevo marrón alojadas en jaulas, libertad o yacija, no encontrando diferencias significativas.

Van den Brand y col. (2004) encontraron que las gallinas ponedoras de huevo marrón alojadas en libertad ponían huevos significativamente de mayor anchura que los procedentes de jaulas, aunque Wang y col. (2009) y Krawczyk y Gornowicz (2010) no encontraron diferencias significativas en la forma del huevo.

Calidad de cáscara

Hughes y col. (1985), y Mertens y col. (2006), observaron mayor porcentaje de huevos rotos en gallinas ponedoras de huevo marrón alojadas en jaulas convencionales que en gallinas en libertad, aunque Shimmura y col. (2010) no encontraron diferencias significativas.

Similarmente, Tauson y col. (1999) encontraron mayores porcentajes de huevos rotos en jaulas convencionales que en yacija, en gallinas de cruces comerciales de huevo blanco aunque no en las de huevo marrón. Adicionalmente, estos autores encontraron que las gallinas de huevo blanco alojadas en jaulas convencionales ponían más huevos sucios que las gallinas alojadas en yacija.

Los huevos de gallinas alojadas en libertad tenían cáscara más dura, mayor porcentaje de cáscara, y mayor espesor de cáscara en comparación con las jaulas convencionales (Hughes y col., 1985; Mertens y col., 2006; Hidalgo y col., 2008). Por el contrario, Wang y col. (2009), Jones y col. (2010), y Shimmura y col. (2010) encontraron que los huevos procedentes de gallinas en libertad tenían similar dureza de cáscara, porcentaje de cáscara, y espesor de cáscara que los huevos procedentes de gallinas en jaulas convencionales.

Singh y col. (2009a) indicaron que las gallinas alojadas en yacija tenían mayor peso de cáscara que las alojadas en jaulas. Por el contrario, Pistekova y col. (2006) encontraron que en ponedoras de huevo marrón alojadas en yacija, el peso de cáscara y el porcentaje de cáscara fueron más bajos, en comparación con las gallinas alojadas en jaulas, igual que Tumova y col. (2009) para peso de cáscara y peso de cáscara por unidad de superficie, al estudiar gallinas de dos estirpes comerciales de huevo marrón y la raza Morava. Finalmente, Mench y col. (1986) no encontraron diferencias significativas en dureza de cáscara para las gallinas alojadas en jaulas o en yacija.

Krawczyk y Gornowicz (2010) encontraron que los huevos de gallinas de un cruce comercial de huevo marrón en libertad tenían menor dureza de cáscara que las gallinas alojadas en yacija, aunque el espesor de cáscara, el peso de cáscara y el porcentaje de cáscara no diferían significativamente entre ambos sistemas. Sekeroglu y col. (2008) no encontraron diferencias significativas en la gravedad específica del huevo (estimador del espesor de cáscara) entre las gallinas ponedoras de huevo blanco o marrón alojadas en libertad o en yacija.

Sherwin y col. (2010) indicaron que las gallinas alojadas en yacija tenían proporciones más altas de huevos con manchas en la cáscara que las gallinas alojadas en jaulas o en libertad.

Calidad interna

Hidalgo y col. (2008) encontraron una menor incidencia de manchas de carne en huevos de gallinas en libertad en comparación con las alojadas en jaulas convencionales, aunque Shimmura y col. (2010) no encontraron diferencias significativas.

Mench y col. (1986) encontraron que las manchas de sangre eran más comunes en los huevos procedentes de gallinas enjauladas que en los de las gallinas alojadas en yacija.

Krawczyk y Gornowicz (2010) no encontraron diferencias en porcentaje de manchas de carne ni en el de manchas de sangre al comparar los huevos de gallinas en libertad de los de las alojadas en yacija.

Finalmente, las gallinas alojadas en yacija tenían proporciones más altas de huevos con manchas de sangre que las gallinas alojadas en jaulas o en libertad (Sherwin y col., 2010).

El color de la yema era más oscuro en los huevos de las gallinas de huevo marrón alojadas en libertad que en los de las enjauladas (Van den Brand y col., 2004). Por el contrario, Wang y col. (2009) y Shimmura y col. (2010) no encontraron diferencias significativas en color de yema y porcentaje de yema entre gallinas alojadas en jaulas y libertad.

Las gallinas alojadas en yacija tenían el color de yema más oscuro que las alojadas en jaulas (Pistekova y col., 2006; Singh y col., 2009a), y mayor

peso de yema (Singh y col., 2009a), aunque Pistekova y col. (2006) indicaron que el peso de yema en yacija no difería en comparación con el sistema de jaulas.

Sekeroglu y col. (2008) indicaron que el color de la yema estaba afectado por el sistema de alojamiento (yacija o libertad). Teniendo los huevos de las gallinas en libertad mayor intensidad de color que los de yacija, mientras que Krawczyk y Gornowicz (2010) encontraron que los huevos de gallinas en libertad no diferían significativamente en peso de yema de las gallinas alojadas en yacija.

Hidalgo y col. (2008) y Jones y col. (2010) encontraron que los huevos procedentes de gallinas en jaulas convencionales tenían mayor altura de albumen y unidades Haugh que los huevos procedentes de gallinas en libertad, mientras que Wang y col. (2009) encontraron similar porcentaje de albumen, altura de albumen y unidades Haugh en gallinas alojadas en jaulas o en libertad.

Las gallinas alojadas en yacija tenían mayor peso de albumen y mayor altura de albumen que las alojadas en jaulas (Singh y col., 2009a) aunque Pistekova y col. (2006) encontraron que el peso de albumen no difería en el sistema de yacija en comparación con el sistema de jaulas.

Sekeroglu y col. (2008) y Krawczyk y Gornowicz (2010) encontraron que los huevos de gallinas en libertad no diferían significativamente en peso de albumen, altura de albumen y unidades Haugh de las gallinas alojadas en yacija.

OBJETIVO

El objetivo de este estudio fue analizar la interacción genotipo x ambiente entre cuatro sistemas de alojamiento (libertad, yacija, parques y jaulas) y cuatro razas ponedoras de distinta constitución genética (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada, Castellana Negra y Villafranquina Roja), para dos indicadores de bienestar (cociente H:L y duración de IM) y diferentes medidas de calidad externa (tamaño y forma del huevo y calidad de cáscara) e interna de huevo (calidad de yema y albumen). La literatura previa considera generalmente la comparación entre dos de los anteriores sistemas de alojamiento, utilizando como material genético gallinas de un solo origen, por lo que no es factible el análisis de la interacción genotipo x ambiente.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 456 gallinas de 36 semanas de edad de cuatro razas españolas, dos razas productivas tradicionales (Prat Leonada, Castellana Negra) y dos razas productivas nuevas (Vasca Roja-barrada, Villafranquina Roja). Estas aves se mantienen en el programa de Conservación de Razas de Gallinas Españolas, que se inició en el año 1975 (Campo y Orozco, 1982), en la estación experimental de “El Encín” (Alcalá de Henares, Madrid) perteneciente al Departamento de Mejora Genética Animal del INIA, y han sido descritas con detalle por Campo (1998). Las aves se instalaron en cuatro alojamientos diferentes (libertad, yacija, parques, y jaulas), con un tamaño muestral de 30 gallinas en libertad, yacija y parques y 24 gallinas en jaulas. Se recogieron un total de 1512 huevos de las cuatro razas de gallinas y cuatro alojamientos detallados en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de huevos en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas

Raza	Alojamiento				Total
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas	
Vasca Roja-barrada	68	98	113	80	359
Prat Leonada	116	91	99	106	412
Castellana Negra	86	109	99	97	391
Villafranquina Roja	108	75	107	60	350
Total	378	373	418	343	1512

Las aves se alimentaban con pienso estándar para reproductoras, conteniendo 16% PB, 2.700 kcal EM/kg, 3,5% Ca, y 0,5% P disponible, suministrando pienso y agua ad libitum, siendo la temperatura ambiental de 16-20° C, bajo un régimen de 14 h de luz: 10 h de oscuridad. No se efectuaba corte de pico en ningún momento.

El programa de vacunación era el mínimo imprescindible en este tipo de granjas: enfermedad de Marek (día de nacimiento), bronquitis infecciosa (1 y 15

días de edad), enfermedad de Newcastle (8 y 38 días de edad), y enfermedad de Gumboro (15 días de edad).

RAZAS DE GALLINAS

Se utilizaron cuatro razas españolas de gallinas. La raza Vasca Roja-barrada (Figura 1) y la Villafranquina Roja (Figura 2) son ponedoras de huevo marrón y marrón oscuro respectivamente, la Castellana Negra (Figura 3) es ponedora de huevo blanco, mientras que la Prat Leonada (Figura 4) es ponedora de huevo crema. El color de la cáscara del huevo, caracterizado por la lectura del reflectómetro (Campo y col., 2007), está comprendido entre 20 y 30 (marrón oscuro), 30 y 40 (marrón), 60 y 70 (crema) y 70 y 80 (blanco). Las razas de huevo blanco y huevo crema son ligeras, y las de huevo marrón son semipesadas



Figura 1: Vasca Roja- barrada

Figura 2: Villafranquina Roja



Figura 3: Castellana Negra

Figura 4: Prat Leonada



SISTEMAS DE ALOJAMIENTO

Se emplearon cuatro alojamientos (libertad, yacija, parques y jaulas). Las aves se sometieron a quince días de adaptación antes de iniciar la toma de datos en los sistemas de libertad y jaulas,

En el alojamiento en libertad, las aves se rotaban en el pasto una vez por semana, para proveerles de suficiente alimento y evitar la pérdida total del mismo. El área del pasto fue de 16 m² (4 m² por raza) donde se distribuyeron las cuatro razas de gallinas españolas empleadas. Las gallinas fueron trasladadas diariamente a las 09:00h desde los alojamientos de yacija hasta el exterior y se las devolvía al alojamiento en yacija a la 13:00h. El sistema en libertad estaba compuesto de cuatro compartimentos construidos de paredes metálicas de 2.00 x 2.00 x 1.60 m largo, ancho y alto respectivamente cada uno (Figura 5-6). El pasto natural de las gallinas en libertad estaba formado por una mezcla de las siguientes especies: *Diploaxis erucoides* (jaramago), *Hordeum murinum* (cebadilla), *Cichorium intybus* (achicoria), *Lamium amplexicaula* (ortiga mansa), *Malva sylvestris* (malva), *Senecio vulgaris* (senecio), y *Urtica urens* (ortiga menor).

En el alojamiento en yacija, se utilizaron cuatro alojamientos de 2.50 x 2.20 m, donde se distribuyeron las cuatro razas de gallinas utilizadas, provistas de un comedero tipo canalón de 1.20 x 0.09 m, con suministro mecánico de pienso, cuatro bebederos automáticos, con piso de cemento acondicionado con viruta, con seis nidales metálicos y un foso de deyección. La densidad de aves (6 aves m²) es inferior a la que será obligatoria en la Unión Europea a partir del año 2012 (9 aves por m²) para este tipo de alojamiento (Figura 7).

Para el alojamiento en parques, se utilizaron cuatro diferentes. Cada uno constaba de una zona de edificación de 6.00 x 2.70 x 2.00 m largo, ancho y alto respectivamente, (7-8 aves por m²) con techo de tejas protegido con paredes de cemento, con piso de tierra y provisto de doce nidales metálicos y cuatro comederos tipo tolva de 20 kg, donde las aves tenían la opción de estar en el

exterior (área de 9.00 x 6.00 x 2.00 m largo, ancho y alto respectivamente), protegido con malla metálica con piso de tierra con dos comederos lineales de 1.00 x 0.10 m (Figura 8-9). Una trampilla en el gallinero permitía la salida de las aves al exterior

Las jaulas utilizadas eran seis, metálicas de 1.20 x 0.60 x 0.40 m largo, ancho y alto, respectivamente, con techo de teja, paredes metálicas, y piso de malla metálica, con cuatro bebederos mecánicos cada jaula y un espacio de 0.40 x 0.25 m cubierto con cortinas laterales y una alfombra sintética como nidal. Se alojaron 12 gallinas en cada jaula y una vez terminada la toma de datos se las sustituía por nuevas gallinas hasta completar un número de 24 gallinas por raza. El espacio disponible por gallina era de 600 cm², situado entre el mínimo actual permitido en la Unión Europea (550 cm² por gallina) y el que será obligatorio a partir del año 2012 (750 cm² por gallina) (Van Horne and Achterbosch 2008) (Figura 10-11).



Figura 5-6: Alojamiento en libertad



Figura 7: Alojamiento en yacija



Figura 8: Parque (exterior)



Figura 9: Parque (interior)



Figura 10-11: Alojamiento en jaulas

INDICADORES DE BIENESTAR

La IM se midió al día siguiente de la toma de muestra de sangre. Las aves se cogían y transportaban por las alas a una habitación tranquila libre de ruidos. La IM se inducía colocando al animal sobre su espalda con la cabeza colgando (Figura 12) en una cuna de madera con forma de U (Jones y Faure, 1981a), donde el ave se la sujetaba durante 10 s. Si el ave permanecía inmóvil después de que el observador retiraba sus manos, se ponía en marcha un cronómetro para registrar el tiempo (s) hasta que el ave se levantaba. Si se levantaba en menos de 10 s se consideraba que IM no había sido inducida y el procedimiento se volvía a repetir hasta un máximo de tres veces analizando el número de intentos. Una vez inducida si el ave no se levantaba se asignaba un valor máximo de 600 s de IM. La duración de IM se transformaba logarítmicamente antes de su análisis estadístico

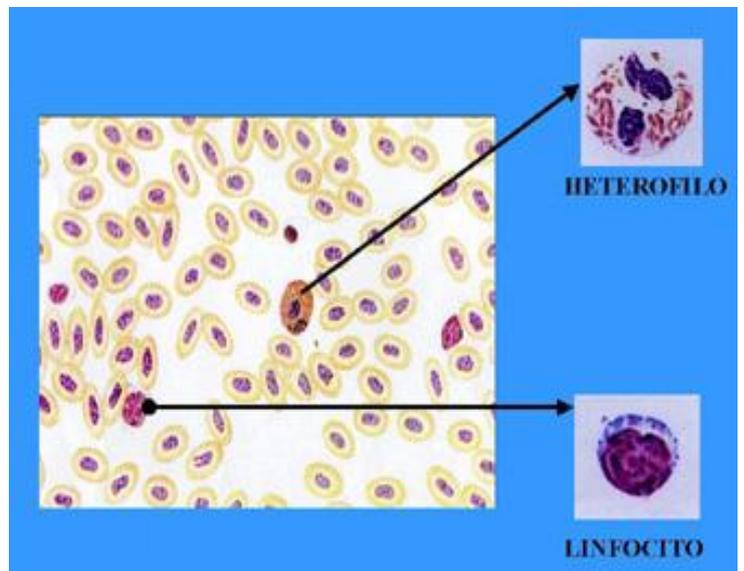
Para calcular el cociente H:L, se procedió a capturar dos gallinas por cada alojamiento (total 32 aves cada día) y se las transportaba a una habitación tranquila, donde se tomaba una gota de sangre de una pequeña punción en la cresta de cada uno de los animales, la misma que se extendía en un porta-objetos. Las muestras se fijaban con metanol durante tres minutos, luego eran teñidas usando los colorantes May-Grünwald y Giemsa (Lucas y Jamroz, 1961). Se realizó un conteo de 100 leucocitos (Figura 13), tanto granulares (heterófilos, eosinófilos y basófilos) como no granulares (linfocitos y monocitos), y se calculó el cociente H:L, el cociente H:L se transformó a raíz cuadrada para su posterior análisis.

La mortalidad de las aves se registró diariamente. Este valor se tomaba en porcentaje, para lo que se relacionó el total de aves con el número de bajas por tratamiento.



Figura 12: Inmovilidad muscular inducida en una gallina

Figura 13: Heterófilos y linfocitos de una muestra de sangre de gallina



CALIDAD DE HUEVO

Se registró diariamente la producción de huevos, por alojamientos y razas. La recolección de huevos se hacía a las 10 de la mañana y luego se clasificaban los huevos en limpios, sucios y rotos, utilizándose una muestra de cinco huevos diarios por tratamiento.

Tamaño y forma del huevo

Para determinar la longitud y anchura de huevo, se utilizó un calibrador electrónico digital milimétrico y el valor se registró en cm (Fig 14). El índice de forma se determinó del cociente entre anchura de huevo y longitud de huevo. El peso de huevo se registró en gramos, utilizando una balanza electrónica.

Calidad de cáscara

La gravedad específica fue medida por el método de flotación (Wells, 1968) usando ocho soluciones de cloruro de sodio, ascendiendo de 1.072 a 1.100 g/cm³ en incrementos de 0.004 g/cm³. La densidad era ajustada diariamente utilizando un densímetro digital. El valor asignado a la gravedad específica de un huevo coincidía con el número de la cubeta en la que dicho huevo flotaba. El valor número nueve de gravedad específica correspondía a aquellos huevos que no flotaban en la cubeta número ocho. Se utilizó un cestillo perforado de plástico, donde se depositaban los huevos de manera que no queden sobrepuestos y sumergiéndolos en cada una de las cubetas de manera secuencial (Fig 15).

Después de realizar la flotación de huevos para medir la gravedad específica, se procedía a romperlo y pesar la cáscara. El peso de cáscara se tomó en gramos, utilizando una balanza electrónica (Fig 16). Para calcular el peso de cáscara por unidad de superficie, esta se estimó con la fórmula de Carter (1975):

$$S = 0.9108 L^{0.289} B^{0.3164} W^{0.4882}$$

Donde S es la superficie de cáscara (cm²), L es longitud de huevo (cm), B es la anchura (cm) y W es el peso (g) de huevo. El porcentaje de cáscara se determinó multiplicando el peso de cáscara por 100 y dividiendo por el peso de huevo. Se separaban los huevos limpios de los sucios y rotos. Para detectar el porcentaje de rotura se “sonaban” los huevos.

Para determinar el color de la cáscara, se utilizó un reflectómetro, que se ajustaba en intervalos regulares de tiempo a una escala de 0 - 81.8 (color negro y blanco respectivamente), cuya lectura tiene los siguientes valores: 20 y 30 (marrón oscuro), 30 y 40 (marrón), 60 y 70 (crema) y 70 y 80 (blanco). (Fig 17).

Se registraban los huevos rosas y con manchas de cáscara de las gallinas de huevo marrón (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja) por tratamiento, se multiplicaba por 100 y se dividía por el número total. (Fig 18-19).



Figura 14: Longitud y anchura de huevo

Figura 15: Gravedad Específica





Figura 16: Peso de cáscara

Figura 17: Color de cáscara



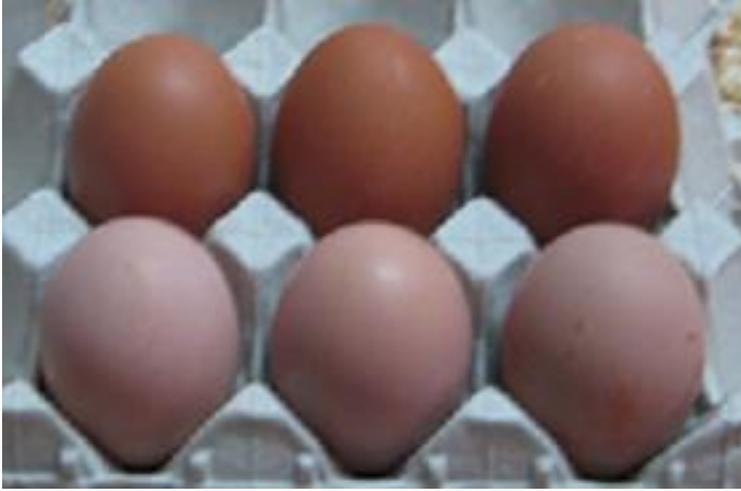
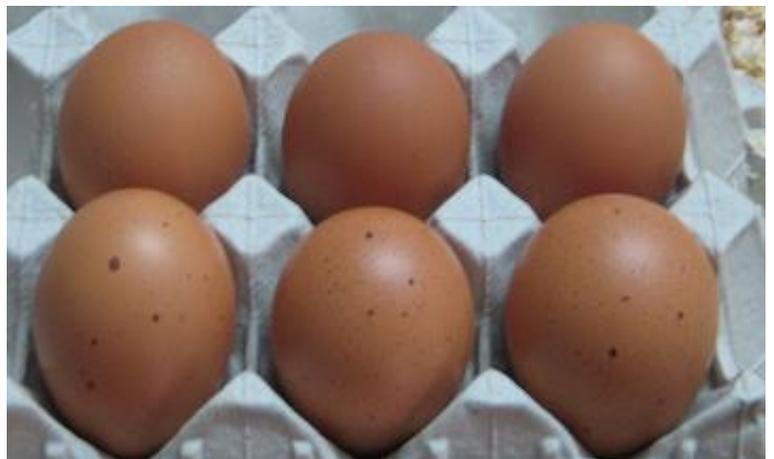


Figura 18: Huevos rosas

Figura 19: Manchas de cáscara



Calidad interna.

El peso de albumen se obtuvo por diferencia entre el peso de huevo, el peso de cáscara, y el peso de yema y se registró en gramos

La altura de albumen se determinó vertiendo el huevo sobre una superficie de vidrio horizontal, donde se procedía a la medición del albumen utilizando un micrómetro triangular y se registraba en cm. (Fig 20). Las unidades Haugh directas (requería rotura del huevo) corresponden al logaritmo de la altura del albumen, corregida a un peso promedio estándar del huevo de 56,7 g. (Eisen y col., 1962). Se calculó mediante la fórmula:

$$UH = 100 \log (H - 1,7 \times W^{0.37} + 7,57)$$

Donde:

U.H = Unidades Haugh

H = Altura del albumen

W = Peso del Huevo

Las unidades Haugh indirectas (no requería rotura del huevo) se estimó con la fórmula de Narushin y Morgun (1995):

$$UH = 1.28742 W^{1.498} (W - W_s)^{-2.933} (V - V_s)^{2.393}$$

En donde W y W_s son peso (g) de huevo y cáscara y V y V_s son volumen (cm³) de huevo y cáscara. El peso de cáscara se calculó utilizando la fórmula de Sooncharenying y Edwards (1989):

$$W_s = - 652 + 1170G - 0.6 W - 524 G^2 - 0.000151 W^2 - 0.647 GW$$

Donde G es la gravedad específica (g/cm³). El volumen del huevo debe calcularse usando la ecuación (Ayupov, 1976):

$$V = 0.523 L B^2$$

Donde L es longitud de huevo (mm), y B es la anchura (mm). El volumen de la cáscara se calculó con la fórmula sugerida por Narushin (1993):

$$V_s = 0.024 V^{1.099} S^{0.022} (W/V)^{1.108}$$

Donde S es área superficial de cáscara (cm²), estimada con la fórmula de Carter (1975)

$$S = 0.9108 L^{0.289} B^{0.3164} W^{0.4882}$$

Para determinar el peso de yema se utilizó un separador, donde se depositaba el huevo agitándolo hasta conseguir separar completamente la yema del albumen, luego se la depositaba en la balanza electrónica y se registraba en gramos (Fig 21).

El color de yema se determinó con un abanico colorimétrico de Roche, formado por 15 grados de color (Fig 21).

Después de registrar el valor de la altura del albumen, se observaba la presencia o no de manchas de sangre en el huevo sobre la superficie de un vidrio horizontal con un espejo en la parte inferior. Las manchas de sangre son de color rosado-rojizo y pueden aparecer tanto en la yema como en el albumen (Fig 22).

De la misma manera en que se observaban las manchas de sangre, se observaban las manchas de carne que podían ser de cualquier color excepto el rosado-rojizo.



Figura 20: Altura de albumen

Figura 21: Peso y color de yema



Figura 22: Manchas de sangre

DISEÑO EXPERIMENTAL

Para probar las diferencias entre los cuatro sistemas de alojamientos y las cuatro razas de gallinas españolas, se utilizó un análisis de varianza triple (Sokal and Rohlf, 1981) con el modelo estadístico:

$$X_{ijkl} = \mu + R_i + A_j + r_k + RA_{ij} + Rr_{ik} + Ar_{jk} + RAr_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

X_{ijkl} = Valor de la variable (indicador de bienestar o calidad de huevo)

μ = Media general

R_i = Efecto de razas ($i = 1 \dots 4$)

A_j = Efecto de alojamientos ($j = 1 \dots 4$)

r_k = Efecto de las repeticiones ($k = 1 \dots 19$)

RA_{ij} = Efecto de la interacción de razas - alojamientos.

Rr_{ik} = Efecto de la interacción de razas - repeticiones.

Ar_{jk} = Efecto de la interacción de alojamientos - repeticiones.

RAr_{ijk} = Efecto de la interacción de razas, alojamientos y repeticiones.

ε_{ijkl} = Error Residual ($l = 1 \dots 2$ para IM, $l = 1 \dots 4$ para H:L, y $l = 1 \dots 14$ para calidad de huevo) era distinto en cada interacción alojamiento-raza-repetición .

La raza y el alojamiento se consideraron efectos fijos y las repeticiones al azar. Las diferencias significativas entre los alojamientos y las razas se determinaron mediante la prueba de rango múltiple de Student -Newman-Keuls (Snedecor and Cochran, 1980). El intervalo de confianza al 5% de la media se obtuvo utilizando la fórmula:

$$\pm (\text{Error estándar de la media}) \times 1.96 = \pm (\text{Cuadrado medio del error} / n)^{0.5} \times 1.96$$

siendo n el número de datos de la media considerada

Cuando la repetición o sus interacciones no tenían diferencias significativas se incluían con el residuo para dar un efecto de análisis de varianza final con dos factores (alojamiento-raza) y su interacción. Para el análisis de datos se utilizó el paquete estadístico SAS, procedimiento GLM (SAS Institute Inc., Cary, NC, 2008).

III. RESULTADOS

III. RESULTADOS

Las figuras correspondientes a cada tabla aparecen al final del documento (anexo). En las tablas siempre se incluye el cuadrado medio del error para poder obtener los intervalos de confianza

INDICADORES DE BIENESTAR

No hubo efecto significativo de la interacción alojamiento-raza para la duración de la IM. Se encontraron diferencias significativas entre alojamientos ($P < 0,01$) teniendo las gallinas alojadas en jaulas el menor valor (Tabla 2; Fig 23), mientras que no se observaron diferencias significativas entre razas.

Tabla 2. Medias de duración inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 34725.42)

Efecto	Inmovilidad Muscular (s)
Alojamiento	
Libertad	226.55 ^a
Yacija	221.22 ^a
Parques	201.78 ^a
Jaulas	152.16 ^b
Raza	
Vasca Roja-barrada	218.72
Prat Leonada	172.34
Castellana Negra	163.03
Villafranquina Roja	253.82

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0.01$), para el número de intentos necesarios para inducir la IM, por lo que en la Tabla 3 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos en dos de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada y Prat Leonada), en las que el número de intentos necesarios para inducir la IM era mayor en las gallinas alojadas en jaulas (Fig 24). Había diferencias significativas entre razas en uno de los cuatro

alojamientos (jaulas), observándose el menor valor en la Castellana Negra y la Villafranquina Roja, mientras que los mayores valores aparecían en la Vasca Roja-barrada y la Prat Leonada (Fig 25).

Tabla 3. Intentos de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error=34725.42)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	1.93 ^{ab}	1.70 ^b	1.60 ^b	2.26 ^{a_x}
Prat Leonada	1.51 ^{bc}	1.26 ^c	1.86 ^{ab}	2.11 ^{a_x}
Castellana Negra	1.76	1.46	1.53	1.46 ^y
Villafranquina Roja	1.40	1.66	1.63	1.57 ^y

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$)

No había interacción alojamiento-raza, ni para el cociente H:L ni para el número de heterófilos y linfocitos. Había diferencias significativas ($P < 0,05$) entre alojamientos para el cociente H:L, teniendo el sistema en libertad un mayor valor (Tabla 4; Fig 26). Estos valores del cociente se debían a una heterofilia (mayor número de heterófilos) significativa ($P < 0,05$) en el sistema de libertad, aunque no había linfopenia (menor número de linfocitos) significativa en este sistema de alojamiento (Fig 28). No había diferencias significativas entre razas para el cociente H:L, ni para el número de linfocitos (Fig 27), aunque aparecían diferencias significativas ($P < 0,05$) para el número de heterófilos, teniendo la Vasca Roja-barrada y la Prat Leonada mayores valores que la Villafranquina Roja (Tabla 4; Fig 29).

El porcentaje de mortalidad fue significativamente mayor en la Prat Leonada alojada en libertad (30%), variando en las otras razas para este alojamiento entre el 3 % (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja) y el 6 % (Castellana Negra). Para el alojamiento en yacija y en parques no se observó mortalidad en ninguna de las razas, lo mismo que para la Vasca Roja-barrada

alojada en jaulas, mientras que la mortalidad era el 3 % para las otras razas alojadas en jaulas.

Tabla 4. Cociente heterófilos linfocitos, en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas.

Efecto	Heterófilos	Linfocitos	Heterofilos: Linfocitos
Alojamiento			
Libertad	27.61 ^a	69.50	0.60 ^a
Yacija	22.90 ^b	73.49	0.37 ^b
Parques	24.52 ^{ab}	71.59	0.41 ^b
Jaulas	24.02 ^{ab}	72.04	0.38 ^b
Raza			
Vasca Roja-barrada	26.60 ^a	69.76	0.46
Prat Leonada	26.32 ^a	70.18	0.50
Castellana Negra	24.31 ^{ab}	72.64	0.41
Villafranquina Roja	21.92 ^b	73.96	0.41
Cuadrado medio del error	174.41	176.48	0.29

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

CALIDAD DE HUEVO

Tamaño y forma del huevo

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$), para la longitud de huevo indicándose en la Tabla 5 los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre alojamientos en tres de las razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Castellana Negra). Las aves alojadas en libertad tenían significativamente mayores valores en las razas Vasca Roja-barrada y Prat Leonada, mientras que las gallinas alojadas en yacija tenían significativamente menores valores en la Castellana Negra (Fig 30). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo la Prat Leonada y la Villafranquina Roja mejor en libertad y yacija y la Vasca Roja-barrada peor en parques y jaulas (Fig 31).

Tabla 5. Medias de longitud de huevo (cm) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 0.06)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	5.63 ^{a_y}	5.56 ^{bc_y}	5.59 ^{ab_y}	5.50 ^{c_z}
Prat Leonada	5.84 ^{a_x}	5.78 ^{a_x}	5.70 ^{b_x}	5.58 ^{c_y}
Castellana Negra	5.68 ^{a_y}	5.55 ^{b_y}	5.72 ^{a_x}	5.64 ^{a_{xy}}
Villafranquina Roja	5.78 ^x	5.76 ^x	5.76 ^x	5.68 ^x

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren (P < 0,05).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren (P < 0,05).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo (P < 0,001), para la anchura de huevo, indicándose en la Tabla 6 los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos en tres de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Villafranquina Roja). Las aves alojadas en libertad tenían significativamente menores valores en la raza Vasca Roja-barrada, mientras que las alojadas en jaulas tenían significativamente menores valores en la Prat Leonada y las alojadas en yacija tenían menor valor en la Villafranquina Roja (Fig 32). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo la Vasca Roja-barrada, peor en libertad y la Prat leonada peor en jaulas, mientras que la Castellana Negra era mejor en yacija y la Villafranquina Roja mejor en parques (Fig 33).

Tabla 6. Medias de anchura de huevo (cm) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 0.02)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	4.03 ^{b_y}	4.13 ^{a_{xy}}	4.17 ^{a_y}	4.13 ^{a_x}
Prat Leonada	4.13 ^{a_x}	4.10 ^{a_y}	4.12 ^{a_y}	4.01 ^{b_y}
Castellana Negra	4.19 ^x	4.16 ^x	4.18 ^y	4.17 ^x
Villafranquina Roja	4.15 ^{b_x}	4.10 ^{c_y}	4.23 ^{a_x}	4.18 ^{b_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren (P < 0,05).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren (P < 0,05).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$), para el índice de forma, indicándose en la Tabla 7 los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Había diferencias significativas entre tratamientos en las cuatro razas estudiadas. En la Vasca Roja-barrada el menor valor era el de libertad, mientras que en la Prat Leonada se encontró un mayor valor para parques. En la Castellana Negra el mayor valor correspondía al alojamiento sobre yacija, mientras que en la Villafranquina Roja el valor en parques y en jaulas era mayor que en libertad y yacija. (Fig 34). Se encontraron diferencias significativas entre razas en los cuatro tipos de alojamientos. La Castellana Negra tenía mayor valor en libertad y yacija, mientras que la Vasca Roja-barrada era mayor en parques y jaulas, y la Prat Leonada era menor en parques y jaulas (Fig 35).

Tabla 7. Porcentajes de índice de forma (cm) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error=0.0012)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	71.75 ^{b_y}	74.38 ^{a_x}	74.59 ^{a_x}	75.11 ^{a_x}
Prat Leonada	71.00 ^{b_y}	70.97 ^{b_y}	72.31 ^{a_z}	71.90 ^{ab_z}
Castellana Negra	73.72 ^{ab_x}	74.99 ^{a_x}	73.26 ^{b_y}	73.92 ^{ab_y}
Villafranquina Roja	71.86 ^{b_y}	71.29 ^{b_y}	73.47 ^{a_y}	73.78 ^{a_y}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$), para el peso de huevo, por lo que en la Tabla 8 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. En la Vasca Roja-barrada, el alojamiento en parques tenía significativamente mayor peso de huevo, y el alojamiento en libertad menor peso mientras que en la Prat Leonada el alojamiento en libertad tenía significativamente el mayor peso y el menor en jaulas y en la Castellana Negra los parques tenían mayor peso de huevo que la yacija. Finalmente el mejor peso de huevo en la Villafranquina Roja se observó en parques (Fig 36). Se encontraron diferencias significativas entre razas en tres de los cuatro alojamientos (libertad, parques, jaulas) siendo la Vasca Roja-barrada peor en

libertad, y la Villafranquina Roja mejor en parques y la Prat Leonada peor en jaulas (Fig 37).

Tabla 8. Medias de peso de huevo (g) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 22.03)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	51.69 ^{c_y}	53.98 ^b	55.51 ^{a_z}	53.72 ^{b_y}
Prat Leonada	56.84 ^{a_x}	54.33 ^b	55.38 ^{b_z}	51.64 ^{c_z}
Castellana Negra	56.38 ^{ab_x}	54.67 ^b	56.94 ^{a_y}	55.06 ^{ab_{xy}}
Villafranquina Roja	56.66 ^{b_x}	55.05 ^b	58.65 ^{a_x}	56.16 ^{b_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

Calidad de cáscara

El efecto de la interacción alojamiento–raza fue significativo ($P < 0,001$), para la gravedad específica por lo que en la Tabla 9 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menor gravedad específica (Fig 38) en dos de las cuatro razas estudiadas (Vasca Roja-barrada, Castellana Negra), mientras que las gallinas alojadas sobre yacija tenían significativamente menores valores en las otras dos razas (Prat Leonada, Villafranquina Roja). Se encontraron diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos, siendo la Prat Leonada mejor en los cuatro alojamientos (Fig 39)

Tabla 9. Medias de gravedad específica (g/cm^3) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error=0.000034)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	1.079 ^{b_z}	1.082 ^{a_z}	1.082 ^{a_z}	1.082 ^{a_z}
Prat Leonada	1.089 ^{b_x}	1.087 ^{c_x}	1.093 ^{a_w}	1.092 ^{a_x}
Castellana Negra	1.086 ^{c_y}	1.088 ^{bc_x}	1.090 ^{a_x}	1.089 ^{ab_y}
Villafranquina Roja	1.087 ^{a_y}	1.084 ^{b_y}	1.088 ^{a_y}	1.088 ^{a_y}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$), en el peso de cáscara por lo que en la Tabla 10 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos en tres de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Villafranquina Roja). Las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menores valores en la Vasca Roja-barrada. En la Prat Leonada el mayor peso de cáscara fue obtenido en libertad y el menor en jaulas, mientras que las gallinas alojadas en yacija tenían significativamente menores valores en la Villafranquina Roja (Fig 40). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo Vasca Roja-barrada peor en libertad y en parques, mientras que la Castellana Negra era significativamente mejor que la Vasca Roja-barrada en yacija, y la Villafranquina Roja mejor que la Prat Leonada en jaulas. (Fig 41).

Tabla 10. Medias de peso de cáscara (g) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 0.68)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	6.19 ^{b_y}	6.85 ^{a_y}	6.87 ^{a_y}	7.07 ^{a_{yz}}
Prat Leonada	7.47 ^{a_x}	7.11 ^{b_{xy}}	7.44 ^{a_x}	7.00 ^{b_z}
Castellana Negra	7.34 ^x	7.24 ^x	7.42 ^x	7.36 ^{xy}
Villafranquina Roja	7.30 ^{b_x}	6.95 ^{c_{xy}}	7.60 ^{a_x}	7.47 ^{ab_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento-raza fue significativo ($P < 0,001$), para el peso de cáscara por unidad de superficie, por lo que en la Tabla 11 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos en tres de las razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Castellana Negra). Las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menores valores en la Vasca Roja-barrada. En la Prat Leonada el mayor peso de cáscara por unidad de superficie fue obtenido en parques y el menor en libertad, mientras que las gallinas alojadas

en yacija tenían significativamente mayores valores en la Castellana Negra (Fig 42). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos, excepto en los parques siendo la Vasca Roja-barrada peor en libertad, mientras que la Prat Leonada era significativamente peor en yacija y en jaulas (Fig 43)

Tabla 11. Medias de peso de cáscara por unidad de superficie (g/cm^2) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error =0.0017)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	0.386 ^{b_z}	0.437 ^{a_{yz}}	0.429 ^a	0.431 ^{a_x}
Prat Leonada	0.414 ^{b_y}	0.428 ^{ab_z}	0.438 ^a	0.420 ^{b_y}
Castellana Negra	0.412 ^{b_y}	0.442 ^{a_{xy}}	0.435 ^a	0.436 ^{a_x}
Villafranquina Roja	0.431 ^x	0.448 ^x	0.439	0.440 ^x

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,01$) para el porcentaje de cáscara, por lo que en la Tabla 12 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos en tres de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Villafranquina Roja). En la Vasca Roja-barrada las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menores valores, y las alojadas en jaulas mayores valores, ocurriendo lo mismo en la Prat Leonada, mientras que en la Villafranquina Roja las gallinas alojadas en jaulas, tenían significativamente mayores valores (Fig 44). Había diferencias significativas entre razas en tres de los cuatro alojamientos (libertad, yacija, y parques) siendo Prat Leonada mejor en parques. La Castellana Negra era mejor en yacija y la Vasca Roja-barrada peor en libertad (Fig 45).

Tabla 12. Medias de porcentaje de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error 0.68)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	11.98 ^{c_y}	12.69 ^{b_y}	12.42 ^{bc_z}	13.15 ^a
Prat Leonada	13.17 ^{b_x}	13.10 ^{b_{xy}}	13.46 ^{a_x}	13.61 ^a
Castellana Negra	13.03 ^x	13.26 ^x	13.06 ^y	13.41
Villafranquina Roja	12.90 ^{b_x}	12.64 ^{b_y}	12.96 ^{b_y}	13.30 ^a

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,01$), para el porcentaje de huevos rotos, por lo que en la Tabla 13 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en dos de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja). Los parques tenían significativamente mayores porcentajes de roturas que las jaulas (Fig 46). Había diferencias significativas entre razas solamente en las aves alojadas en yacijas, donde la Vasca Roja-barrada tenía porcentajes de roturas mayores que las otras tres razas (Fig 47)

Tabla 13. Porcentaje de huevos rotos en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (cuadrado medio del error= 143.14)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	13.22 ^b	23.82 ^{a_x}	25.18 ^a	5.74 ^b
Prat Leonada	8.71	6.02 ^y	13.76	8.13
Castellana Negra	8.35	8.00 ^y	15.48	8.83
Villafranquina Roja	11.68 ^{ab}	11.60 ^{ab_y}	21.24 ^a	4.68 ^b

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza no fue significativo para el porcentaje de huevos sucios. Se encontraron diferencias significativas entre

alojamientos ($P < 0,001$), teniendo los parques el mayor porcentaje de huevos sucios (Tabla 14; Fig 48). Había diferencias significativas entre razas ($P < 0,001$), teniendo mayores porcentajes de huevos sucios la Castellana Negra y la Prat Leonada, mientras que la Vasca Roja-barrada y la Villafranquina Roja presentaban el menor porcentaje (Fig 49)

Tabla 14. Porcentaje de huevos sucios en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 128.05)

Efecto	Huevos Sucios
Alojamiento	
Libertad	9.92 ^b
Yacija	4.80 ^c
Parques	19.42 ^a
Jaulas	7.61 ^{bc}
Raza	
Vasca Roja-barrada	4.21 ^b
Prat Leonada	15.09 ^a
Castellana Negra	16.10 ^a
Villafranquina Roja	6.79 ^b

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento-raza fue significativo ($P < 0,001$) para el color de cáscara, por lo que en la Tabla 15 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre alojamientos en todas las razas. Las gallinas alojadas en jaulas tenían significativamente el color de la cáscara más oscuro (menor valor de reflectometría) en el caso de la Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja, mientras que las gallinas alojadas en parque tenían significativamente el color de la cáscara más claro en el caso de la Prat Leonada y la Castellana Negra (Fig 50). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo Villafranquina Roja, la de menor valor de reflectometría en todos los alojamientos y la Castellana Negra la de mayor valor de reflectometría (color

más oscuro y más claro respectivamente). La Vasca Roja-barrada no difería significativamente de la Villafranquina Roja en yacija (Fig 51).

Tabla 15. Medias de color de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 36.71)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	37.81 ^{a_y}	36.40 ^{a_z}	37.57 ^{a_y}	34.52 ^{b_y}
Prat Leonada	62.22 ^{b_x}	64.09 ^{a_y}	65.45 ^{a_x}	61.39 ^{b_x}
Castellana Negra	72.02 ^{bc_w}	72.76 ^{b_x}	74.83 ^{a_w}	71.07 ^{c_w}
Villafranquina Roja	29.98 ^{b_z}	34.91 ^{a_z}	28.98 ^{b_z}	25.13 ^{c_z}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento-raza no fue significativo para el porcentaje de huevos rosas. Se encontraron diferencias significativas ($P < 0,01$) entre alojamientos, teniendo los parques el mayor porcentaje de huevos rosas, y las jaulas el menor (Tabla 16; Fig 52). No hubo diferencias significativas entre las dos razas. No hubo interacción significativa alojamiento-raza para el porcentaje de manchas en cáscara. Se encontraron diferencias significativas entre alojamientos ($P < 0,001$), teniendo las jaulas el mayor porcentaje de manchas en cáscara, mientras que las gallinas alojadas en yacija tenían menores valores (Tabla 16; Fig 52). El efecto de la raza fue significativo ($P < 0,001$), teniendo la Vasca Roja-barrada mayor porcentaje de manchas de cáscara que la Villafranquina Roja (Fig 53)

Tabla 16. Porcentaje de huevos rosas y manchas de cáscara en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas

Efecto	% Rosas	%Manchas cáscara
Alojamiento		
Libertad	5.75 ^{ab}	15.29 ^{ab}
Yacija	3.80 ^{ab}	10.53 ^b
Parques	7.49 ^a	18.88 ^{ab}
Jaulas	1.38 ^b	23.00 ^a
Raza		
Vasca Roja-barrada	4.55	25.46 ^a
Villafranquina Roja	4.78	8.35 ^b
Cuadrado medio del error	77.66	213.69

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

Calidad interna

El efecto de la interacción alojamiento-raza fue significativo ($P < 0,001$), para el peso de albumen, por lo que en la Tabla 17 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Había diferencias significativas entre alojamientos en todas las razas. En la Vasca Roja-barrada, las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menor valor, mientras que las gallinas alojadas en parques tenían significativamente mayores valores. En la Prat Leonada, las jaulas eran significativamente menores, mientras que en la Castellana Negra y Villafranquina Roja, los parques eran significativamente mayores (Fig 54). Se encontraron diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos, siendo la Castellana Negra mejor yacija, parques y jaulas y la Vasca Roja-barrada peor en libertad (Fig 55)

Tabla 17. Medias de peso de albumen (g) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 12.56)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	28.86 ^c _y	30.60 ^b _y	32.38 ^a _x	30.54 ^b _y
Prat Leonada	32.03 ^a _x	30.59 ^b _y	31.53 ^a _y	29.18 ^c _z
Castellana Negra	32.51 ^b _x	32.22 ^b _x	33.73 ^a _x	31.85 ^b _x
Villafranquina Roja	31.54 ^{ab} _x	30.81 ^b _y	32.53 ^a _y	31.10 ^b _{xy}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren (P < 0,05).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren (P < 0,05)

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo (P < 0,001), para la altura de albumen, por lo que en la Tabla 18 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en dos de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja). Las gallinas alojadas en libertad, tenían significativamente menores valores en la Vasca Roja-barrada, mientras que las gallinas alojadas en jaulas, tenían significativamente mayores valores en Villafranquina Roja (Fig 56). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo la Vasca Roja-barrada mejor en parques y jaulas y la Castellana Negra en yacija y libertad (Fig 57)

Tabla 18. Medias de altura de albumen (cm) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 2.19)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	7.15 ^c _y	7.94 ^b _y	8.49 ^a _x	8.82 ^a _x
Prat Leonada	7.60 _y	7.48 _y	7.41 _y	7.81 _z
Castellana Negra	8.21 _x	8.62 _x	8.42 _x	8.44 _{xy}
Villafranquina Roja	7.22 ^b _y	7.57 ^b _y	7.30 ^b _y	8.13 ^a _{yz}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren (P < 0,05).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren (P < 0,05)

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$) para las unidades Haugh directas, por lo que en la Tabla 19 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en tres de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada, Prat Leonada y Villafranquina Roja). Las gallinas alojadas en jaulas, tenían significativamente mayores valores en las tres razas, mientras que en la Vasca Roja-barrada la libertad daba menor valor (Fig 58). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo la Vasca Roja-barrada mejor en jaulas y parques y la Castellana Negra en yacija y libertad (Fig 59)

Tabla 19. Medias de unidades Haugh directas en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 73.99)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	86.29 ^{c_y}	90.08 ^{b_y}	92.26 ^{ab_x}	94.47 ^{a_x}
Prat Leonada	87.00 ^{b_y}	87.31 ^{b_y}	86.47 ^{b_y}	90.10 ^{a_y}
Castellana Negra	90.64 ^x	93.17 ^x	91.49 ^x	92.03 ^{xy}
Villafranquina Roja	85.20 ^{b_y}	87.42 ^{b_y}	84.58 ^{b_y}	90.48 ^{a_y}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$)

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$) para las unidades Haugh indirectas, por lo que en la Tabla 20 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en todas las razas. La Vasca Roja-barrada tenía menor valor en libertad en comparación con los otros tres tipos de alojamientos, mientras que la Prat Leonada tenía menor valor en jaulas. La Castellana Negra y la Villafranquina Roja tenían menor valor en yacija (Fig 60). Había diferencias significativas entre razas en los cuatro sistemas de alojamientos estudiados, teniendo la Vasca Roja-barrada, menor valor que las otras razas (Fig 61)

Tabla 20. Medias de unidades Haugh indirectas en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error=268.93)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	56.21 ^{b_y}	59.73 ^{a_y}	60.57 ^{a_z}	58.92 ^{a_y}
Prat Leonada	64.13 ^{a_x}	62.46 ^{a_x}	62.79 ^{a_y}	58.52 ^{b_y}
Castellana Negra	64.49 ^{a_x}	62.16 ^{b_x}	64.97 ^{a_x}	63.53 ^{ab_x}
Villafranquina Roja	63.87 ^{b_x}	61.49 ^{c_x}	66.43 ^{a_x}	64.63 ^{ab_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$)

El efecto de la interacción alojamiento-raza fue significativo ($P < 0,001$) para el peso de yema, por lo que en la Tabla 21 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en tres de las cuatro razas (Prat Leonada, Castellana Negra y Villafranquina Roja). En la Prat Leonada el valor máximo se observó en libertad y el mínimo en jaulas, mientras que en la Castellana Negra los valores máximo y mínimo ocurrían en libertad y yacija respectivamente y en la Villafranquina Roja en parques y yacija (Fig 62). Había diferencias significativas entre razas en todos los alojamientos siendo la Villafranquina Roja mejor en libertad, parques y jaulas, y la Castellana Negra peor en yacija (Fig 63)

Tabla 21. Medias de peso yema (g) en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 5.29)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	16.63 _y	16.52 _x	16.25 _y	16.11 _y
Prat Leonada	17.33 ^{a_{xy}}	16.61 ^{b_x}	16.40 ^{b_y}	15.45 ^{c_y}
Castellana Negra	16.52 ^{a_y}	15.20 ^{b_y}	15.77 ^{ab_z}	15.82 ^{ab_y}
Villafranquina Roja	17.80 ^{ab_x}	17.28 ^{b_x}	18.51 ^{a_x}	17.58 ^{ab_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$)

El efecto de la interacción alojamiento- raza no fue significativo para el cociente yema:albumen. No se encontraron diferencias significativas entre alojamientos (Fig 64), mientras que se encontraron diferencias significativas entre razas ($P < 0,001$) siendo la Villafranquina Roja significativamente mayor, la Castellana Negra menor y la Vasca Roja-barrada y la Prat Leonada intermedias (Tabla 22; Fig 65)

Tabla 22. Medias de cociente yema:albumen en alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error= 0.02)

Efecto	Cociente yema:albumen
Alojamiento	
Libertad	0.55
Yacija	0.53
Parques	0.53
Jaulas	0.53
Raza	
Vasca Roja-barrada	0.55 ^{ab}
Prat Leonada	0.53 ^b
Castellana Negra	0.49 ^c
Villafranquina Roja	0.57 ^a

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$) para el color de yema, por lo que en la Tabla 23 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. En todas las razas las gallinas alojadas en libertad tenían valores de color de yema significativamente superiores a las gallinas alojadas en yacija, parques o jaulas (Fig 66). Se encontraron diferencias significativas entre razas en tres de los cuatros alojamientos (yacija, parques, jaulas). La Villafranquina Roja era significativamente mejor que la Prat Leonada en yacija, mientras que la Castellana Negra era mejor en parques (Fig 67).

Tabla 23. Medias de color yema en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 0.67)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	7.88 ^a	6.36 ^{b_{yz}}	6.37 ^{b_z}	6.41 ^{b_y}
Prat Leonada	7.66 ^a	6.29 ^{b_z}	6.22 ^{b_z}	6.34 ^{b_y}
Castellana Negra	7.69 ^a	6.53 ^{c_{xy}}	6.96 ^{b_x}	6.71 ^{c_x}
Villafranquina Roja	7.73 ^a	6.64 ^{c_x}	6.60 ^{c_y}	6.91 ^{b_x}

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren (P < 0,05).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren (P < 0,05)

No se encontraron diferencias significativas en la interacción alojamiento-raza para el porcentaje de manchas de sangre. El efecto del alojamiento fue significativo (P < 0,001) teniendo los parques el menor porcentaje de manchas de sangre (Tabla 24; Fig 68). El efecto de la raza fue significativo (P < 0,05) con mayor porcentaje en la Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja que en la Castellana Negra y en la Prat Leonada.

Tabla 24. Porcentaje de manchas de sangre en alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 121.01)

Efecto	%Manchas sangre
Alojamiento	
Libertad	7.49 ^a
Yacija	7.13 ^a
Parques	0.76 ^b
Jaulas	6.54 ^a
Raza	
Vasca Roja-barrada	7.39 ^a
Prat Leonada	2.98 ^b
Castellana Negra	4.36 ^b
Villafranquina Roja	7.21 ^a

^{a,b,c} Medias pertenecientes al mismo efecto con exponente no común difieren (P < 0,05).

El efecto de la interacción alojamiento- raza fue significativo ($P < 0,001$) para el porcentaje de manchas de carne, por lo que en la Tabla 25 se indican los valores medios de cada alojamiento para cada raza. Se encontraron diferencias significativas entre los alojamientos, en dos de las cuatro razas (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja). Las gallinas alojadas en parques, tenían significativamente menores valores en estas dos razas (Fig 69). Había diferencias significativas, entre razas en todos los alojamientos siendo la Villafranquina Roja y la Vasca Roja-barrada, las que presentaron los mayores porcentajes de manchas de carne (Fig 70).

Tabla 25. Porcentaje de manchas de carne en cuatro alojamientos y cuatro razas de gallinas españolas (Cuadrado medio del error = 473.22)

Raza	Alojamiento			
	Libertad	Yacija	Parques	Jaulas
Vasca Roja-barrada	32.74 ^a _x	22.82 ^a _x	2.73 ^b _y	34.36 ^a _x
Prat Leonada	2.70 _y	1.98 _y	0.55 _z	0.00 _y
Castellana Negra	1.31 _y	0.30 _y	0.00 _z	0.00 _y
Villafranquina Roja	29.99 ^{ab} _x	42.31 ^a _x	5.09 ^b _x	42.88 ^a _x

^{a,b,c} Medias pertenecientes a la misma raza con exponente no común difieren ($P < 0,05$).

^{x,y,z} Medias pertenecientes al mismo alojamiento con exponente no común difieren ($P < 0,05$)

IV. DISCUSION

IV. DISCUSION

El sistema de alojamiento afectaba significativamente la duración de IM, disminuyendo el alojamiento en jaulas la duración de IM en comparación con el alojamiento en libertad, en yacija, y en parques (67, 69, y 75%), respectivamente. Aunque el número de intentos necesarios para inducir la IM dependía de la raza considerada, en las dos razas en las que la diferencia era significativa entre alojamientos (Vasca Roja-barrada y Prat Leonada) el número de intentos era mayor en jaulas (menos miedo), en concordancia con la menor duración de la IM (menos miedo) encontrada para este tipo de alojamiento.

El hecho de que la duración de la IM encontrada en las gallinas alojadas en jaulas fuese significativamente menor que el de las gallinas alojadas en libertad no concuerda con los resultados de Shimmura y col. (2010), quienes encontraron que el alojamiento en libertad tenía menor duración de la IM que el sistema de jaulas, utilizando gallinas de un cruce comercial Leghorn Blanca x Rhode Island Red. El menor valor encontrado en jaulas que en yacija está en desacuerdo con los resultados de Jones y Faure (1981a), y Kujiyat y col. (1983), en este caso con gallinas de la raza Leghorn Blanca, que indicaban mayor duración de la IM en jaulas, y de Tauson y col. (1999), quienes no encontraron diferencias significativas en la duración de la IM de gallinas alojadas en jaulas o en yacija; las gallinas de su estudio procedían de sendos cruces comerciales de huevo blanco y marrón. Las discrepancias entre nuestros resultados y los encontrados previamente por otros autores, podrían ser debidas al diferente material genético utilizado en nuestro estudio (cuatro razas españolas de gallinas) y el de estos autores (cruce entre dos razas o la raza Leghorn Blanca). Los resultados previamente obtenidos por Campo y col. (2008) con razas españolas de gallinas no detectaron diferencias significativas entre las gallinas alojadas en yacija y libertad, en concordancia con los resultados obtenidos en este estudio.

Había efecto significativo del tipo de alojamiento sobre el cociente H:L, aumentando el alojamiento en libertad el valor del cociente en comparación con los otros tres sistemas de alojamiento: 62, 58, y 46% con respecto a yacija, parques y jaulas respectivamente. En relación con los valores de referencia sugeridos por Gross y Siegel (1993) para el cociente H:L el valor obtenido para las gallinas alojadas en libertad era claramente superior al valor óptimo (0.5), mientras que los valores correspondientes a yacija, parques y jaulas eran inferiores. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Shini (2003), y Shimmura y col. (2010) en ponedoras procedentes de cruces comerciales y no comerciales de razas diferentes alojadas en libertad o en jaulas. El mayor valor encontrado para las gallinas en libertad en comparación con las gallinas alojadas en yacija está en desacuerdo con la ausencia de significación encontrada por Scholz y col. (2008) utilizando ponedoras comerciales de un cruce de huevo blanco. Igual que lo anteriormente indicado para la duración de la IM, estas discrepancias pueden ser debidas al diferente material genético utilizado en cada estudio. La ausencia de significación encontrada en nuestro estudio entre las gallinas alojadas en yacija o en jaulas concuerda con los resultados de Mench y col. (1986) y Singh y col. (2009b).

Teniendo en cuenta los efectos significativos para los dos anteriores indicadores de bienestar, las jaulas eran las mejores desde el punto de vista de la ausencia de miedo y el alojamiento en libertad era el peor desde el punto de vista del estrés. Estos resultados no parecen estar influidos por la densidad de aves utilizada en cada tipo de alojamiento, que variaba entre 6 aves/ m² en yacija y 16 aves/m² en jaulas. Campo y col. (2005, 2010), encontraron que la duración de IM y el cociente H:L, así como la asimetría fluctuante relativa (otro indicador de estrés), eran similares cuando la densidad de aves estaba comprendida entre 4 y 16 aves/m². Por otra parte las jaulas tenían la mayor densidad y el menor valor de IM mientras, que la libertad tenían menor densidad y mayor cociente H:L.

La mortalidad encontrada en nuestro estudio para la raza Prat Leonada alojada en libertad, era significativamente superior a la encontrada para las

otras razas y para el resto de sistemas de alojamiento. Aunque la mortalidad es un indicador importante de bienestar, el porcentaje de mortalidad no es un indicador suficiente de bienestar en sí mismo, ya que un bajo nivel de mortalidad no indica necesariamente un buen nivel de bienestar. La mortalidad de la Prat en libertad se debía fundamentalmente a picaje y canibalismo. Este resultado está en contraposición con lo indicado por algunos autores en relación con el hecho de que picaje y canibalismo son menos frecuentes cuando un área exterior con pasto se proporciona a las aves, debido a que la motivación para el picaje es redirigida hacia la hierba (Shimmura y col., 2010). Este efecto de la redirección del picaje y canibalismo sí fue observado en los sistemas de yacija y parques en los que no hubo mortalidad. La mayor mortalidad observada en la raza Prat en libertad sugiere que esta raza puede estar peor adaptada a este sistema que las otras razas. Las dos razas ponedoras de huevo marrón (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja) en libertad tenían mortalidad significativamente menor que la Prat Leonada y la Castellana Negra, sugiriendo que ambas razas se adaptan mejor a este sistema.

Tauson y col. (1999) sugirieron que las ponedoras de huevo blanco se adaptan mejor que las de huevo marrón al paso de jaulas a yacija, ya que la mortalidad para las primeras era similar en ambos sistemas de alojamiento (entre el 8 y 10%) mientras que en las segundas era tres veces mayor en yacija que en jaulas (21 y 7 % respectivamente). En nuestro estudio la mortalidad era similar en ambos tipos de ponedoras para los dos tipos de alojamientos indicados. Similarmente a nuestros resultados, Shimmura y col. (2010) encontraron un porcentaje de mortalidad más elevado (7%) en libertad que en jaulas, en las que no se observó mortalidad.

Para el peso de huevo había interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza, indicando que las diferencias entre sistemas de alojamiento dependían de la raza considerada. La interacción era además de tipo cualitativo, siendo los parques el sistema de alojamiento que proporcionaba mayor tamaño de huevo en tres de las razas (Vasca Roja-

barrada, Castellana Negra y Villafranquina Roja), mientras que en la Prat Leonada el sistema en libertad era el que producía el mayor peso de huevo. Las diferencias eran aparentes en algunas razas (entre 4 y 5 g, aproximadamente), lo que puede ser importante desde el punto de vista del valor de mercado, en el que los huevos se clasifican por tamaño.

Aunque Hughes y col. (1985), Hidalgo y col. (2008), y Jones y col. (2010), indicaron que en las gallinas ponedoras de huevo marrón alojadas en libertad el tamaño del huevo era mayor que las alojadas en jaulas convencionales, en nuestro estudio no ocurría lo mismo para las dos razas de huevo marrón (Vasca Roja- barrada y Villafranquina Roja), en las que el peso de huevo en libertad era menor o similar al encontrado en jaulas, subrayando la importancia de la interacción genotipo x ambiente para esta característica del huevo. Con respecto a la comparación del peso del huevo entre yacija y jaulas los resultados no significativos obtenidos para la raza de huevo blanco (Castellana Negra) y las de huevo marrón (Vasca Roja- barrada y Villafranquina Roja) no coinciden con los indicados por Pistekova y col. (2006) y Singh y col. (2009a), con un mayor peso del huevo en yacija que en jaulas. Finalmente, aunque Krawczyk y Gornowicz (2010) indicaron que las gallinas de huevo marrón en libertad tenían menor peso que las alojadas en yacija, en nuestro estudio esto ocurría sólo para una de las dos razas ponedoras de huevo marrón (Vasca Roja- barrada), sugiriendo nuevamente la importancia de la estirpe genética en estas comparaciones. La Villafranquina Roja era la raza que producía huevos de mayor tamaño, aunque la diferencia con otras razas era más aparente en los parques.

Interacción significativa entre alojamiento y raza también se encontró para el índice de forma, la anchura del huevo y la longitud del huevo, aunque en estos casos las diferencias significativas entre sistemas de alojamiento en cada una de las razas parecían menos importantes desde un punto de vista práctico. Hay que destacar la forma más alargada del huevo en la raza Prat Leonada en todos los sistemas de alojamiento, reflejada en un menor índice de forma como consecuencia de una mayor longitud y una menor anchura de

huevo. Este hecho puede representar una desventaja de esta raza, tanto desde el punto de vista de su comercialización (los huevos alargados se adaptan peor a los estuches y cartones comerciales) como desde el punto de vista de su utilización como reproductora (los huevos alargados incuban peor). En contraposición, los huevos de forma más alargada tienen mayor resistencia a la rotura.

Nuestros resultados no concuerdan con los encontrados por Van den Brand y col. (2004) y por Krawczyk y Gornowicz (2010) para la comparación de huevos marrones procedentes de gallinas en libertad o en jaulas. Van den Brand y col. (2004) indicaron que en libertad el huevo era de mayor anchura que en jaulas, ocurriendo lo contrario en la Vasca Roja-barrada y siendo similares los de ambas procedencias en la Villafranquina Roja. Krawczyk y Gornowicz (2010) no encontraron diferencias significativas en el índice de forma mientras que en nuestro estudio los huevos de gallinas en libertad tanto de la Vasca Roja-barrada como de la Villafranquina Roja tenían significativamente menor índice de forma que los procedentes de gallinas enjauladas.

Los estudios previos han mostrado que hay marcadas diferencias entre sistemas de alojamiento para la dureza de cáscara, y esto también ocurrió en nuestro estudio. Con respecto a la gravedad específica del huevo, el mejor estimador del espesor de cáscara y por tanto de la dureza de cáscara (Wells, 1968), había interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza, aunque prácticamente todos los valores superaban el valor de 1.080 g/cm^3 (el estándar industrial). Tanto el sistema de libertad como el de yacija tenían menor gravedad específica que los parques y las jaulas, cada uno de ellos en dos de las razas. Para considerar una diferencia en gravedad específica significativa desde el punto de vista práctico debe ser al menos de 0.004 g/cm^3 (la diferencia entre las densidades de dos disoluciones salinas consecutivas) Así por ejemplo las diferencias entre los sistemas de libertad y de yacija son significativas para las cuatro razas desde el punto de vista

estadístico (debido al gran tamaño de muestra), aunque no superan nunca la mencionada barrera de 0.004 g/cm^3 .

Aunque Sekeroglu y col. (2008) no encontraron diferencias en gravedad específica para las gallinas de huevo blanco o marrón alojadas en libertad o en yacija, en nuestro estudio esto era cierto sólo en las gallinas de huevo blanco (Castellana Negra) pero no en las ponedoras de huevo marrón (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja). Campo y col (2000) encontraron una diferencia similar entre libertad y yacija significativa estadísticamente pero no desde el punto de vista práctico (1.091 y 1.093 g/cm^3 , respectivamente).

Cuando se consideraba el segundo mejor indicador de la dureza de cáscara (peso de cáscara por unidad de superficie), aunque la interacción entre el sistema de alojamiento y el tipo de raza también era significativa, los huevos producidos en libertad eran los peores en las cuatro razas consideradas, lo que sugiere precaución al comparar los resultados obtenidos con diferentes indicadores de dureza. Hughes y col. (1985) indicaron que diferentes medidas de dureza de cáscara eran consistentes en sugerir que era mayor en los huevos procedentes de gallinas alojadas en libertad que en jaulas convencionales, aunque la diferencia era significativa sólo para el espesor de cáscara, y para el porcentaje de huevos rotos. También en el estudio de Mertens y col. (2006) el porcentaje de huevos rotos era claramente superior en las gallinas alojadas en jaulas. En nuestro experimento, las gallinas alojadas en libertad tenían la cáscara de menor dureza (gravedad específica, y peso de cáscara por unidad de superficie) y mayores porcentajes de huevos rotos que las gallinas alojadas en jaulas. Shimmura y col. (2010) encontraron que las ponedoras de huevo crema procedentes de un cruce entre la Leghorn Blanca y la Rhode Island Red, tenían valores similares para espesor de cáscara. En nuestro estudio, la raza ponedora de huevo crema (Prat Leonada) tenía un valor similar de peso de cáscara por unidad de superficie en libertad y en jaulas, aunque la gravedad específica era diferente. Aunque Krawczyk y Gornowicz (2010) encontraron menor dureza de cáscara en ponedoras de huevo marrón alojadas en libertad que en las alojadas en yacija, en nuestro

estudio esto fue cierto sólo para el peso de cáscara por unidad de superficie, mientras que para la gravedad específica sólo lo era para la Vasca Roja-barrada pero no para la Villafranquina Roja.

En relación con el porcentaje de huevos sucios, no hubo interacción significativa entre el alojamiento y la raza. El sistema de alojamiento en parques tenía significativamente mayor porcentaje que los restantes, ocurriendo lo contrario con el sistema en yacija. El porcentaje de huevos sucios era cuatro veces mayor en parques que en yacija, y dos veces mayor en parques en comparación con las jaulas y el sistema en libertad. Estos resultados no concuerdan con los encontrados por Tauson y col. (1999), en los que las gallinas alojadas en jaulas ponían más huevos sucios que las alojadas en yacija siendo ambos porcentajes similares en nuestro estudio. Hay que destacar el hecho de que las gallinas ponedoras de huevo blanco (Castellana Negra) y huevo crema (Prat Leonada) tenían porcentajes similares de huevos sucios, claramente superiores (entre dos y cuatro veces) a los de las dos razas de huevo marrón (Vasca Roja-barrada y Villafranquina Roja). Estos resultados sugieren que la genética y el comportamiento de las primeras (de tipo ligero) y de las segundas (de tipo semipesado) influyen significativamente en el número de huevos sucios.

Por lo que respecta a la presencia de manchas oscuras en la cáscara del huevo de las razas de huevo marrón, tampoco hubo interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza. El porcentaje de manchas en la cáscara fue significativamente mayor en las gallinas enjauladas, llegando a ser aproximadamente el doble que en las gallinas alojadas en yacija. Dado que este porcentaje se considera indicador indirecto del nivel de estrés de las gallinas (Campo y Prieto, 2010), el resultado sugiere que las gallinas enjauladas estarían más estresadas que las alojadas en los otros sistemas, aunque en otros estudios el porcentaje de huevos con manchas en la cáscara no era un buen indicador del nivel de estrés (Campo y Redondo 1997). La segunda opción parece más adecuada, ya que las gallinas enjauladas estaban menos estresadas para los dos indicadores de estrés considerados en nuestro

estudio (cociente H:L y duración de IM). Las gallinas alojadas en yacija tenían proporciones más bajas de huevos con manchas en la cáscara que las enjauladas o en libertad. En discordancia con estos resultados, Sherwin y col. (2010) encontraron que las gallinas alojadas en yacija tenían porcentajes mayores de huevos con manchas en la cáscara en comparación con las gallinas alojadas en jaulas o en libertad. El porcentaje de manchas de cáscara fue muy superior (casi tres veces más) en la Vasca Roja-barrada en comparación con la Villafranquina Roja, lo que puede ser una característica negativa desde el punto de vista de la comercialización de huevos.

En relación con el color de la cáscara, había interacción significativa entre el alojamiento y la raza. Para las razas de cáscara marrón, en las que las diferencias estadísticamente significativas son visualmente apreciables, los huevos procedentes de las gallinas enjauladas eran significativamente más oscuros que los de las alojadas en libertad, yacija y parques, siendo por lo tanto comercialmente más interesante este sistema para los mercados que prefieren la cáscara más oscura. En concordancia con este resultado, Shimmura y col. (2010) sugirieron que los huevos procedentes de gallinas no enjauladas, especialmente de aquellos procedentes de gallinas en libertad tienen una desventaja: la producción de huevos con el color de la cáscara más claro. El sistema en yacija era el peor de todos para distinguir los huevos marrones más oscuros de los menos oscuros, ya que en este caso los huevos de la Villafranquina Roja eran de similar color de cáscara en comparación con los de la Vasca Roja-barrada. En los tres restantes sistemas de alojamiento los huevos de la Villafranquina Roja eran significativamente más oscuros que los de la Vasca Roja-barrada (entre ocho y diez unidades de reflectómetro).

En relación con el porcentaje de huevos rosas, no hubo interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza, teniendo los parques mayor porcentaje que las jaulas (más de cinco veces). El porcentaje de huevos rosas en las ponedoras de huevo marrón también se ha tomado como estimador indirecto del nivel de estrés (Campo y Redondo, 1996; Campo y Prieto, 2010), aunque en nuestro estudio esto era cierto para la IM (las gallinas

alojadas en parques tenían mayor duración que las enjauladas) pero no para el cociente H:L (el valor era similar para las gallinas alojadas en parques y las enjauladas). En concordancia con el similar porcentaje de huevos rosas encontrado en las dos razas de este estudio (alrededor del 5%), Campo y Redondo (1996) indicaron este mismo valor para la incidencia de huevos rosas en ambas razas.

Con respecto a las proporciones relativas de los dos componentes internos del huevo (albumen y yema), tanto para el peso de albumen como para el peso de yema hubo interacción alojamiento-raza mientras que para el cociente yema:albumen dicha interacción no fue significativa, sugiriendo que el cociente puede ser más útil en estudios comparativos entre tipos de alojamientos para distintas razas. El valor del cociente yema:albumen era similar en los cuatro tipos de alojamiento, aunque era significativamente mayor en la ponedora de huevo marrón oscuro (Villafranquina Roja) y menor en la de huevo blanco (Castellana Negra). Esta diferencia puede ser de interés porque los huevos de mayor cociente yema:albumen podrían contener en principio mayor cantidad de colesterol. El peso de albumen tenía un comportamiento similar al peso de huevo, ya que éste depende más del peso de albumen que del peso de yema. De esta manera, los parques eran mejores en las cuatro razas, mientras que la libertad era peor en la Vasca Roja-barrada y las jaulas en la Prat Leonada. Pistekova y col. (2006) no encontraron diferencias significativas para el peso de albumen en ponedoras de huevo marrón alojadas en jaulas o en yacija, y de forma similar ocurrió en nuestro estudio para las dos razas de huevo marrón. La ponedora de huevo blanco (Castellana Negra) no difería en libertad o en yacija, igual que una de las ponedoras de huevo marrón (Villafranquina Roja), en concordancia con los resultados obtenidos por Sekeroglu y col. (2008) y Krawczyk y Gornowicz (2010).

El peso de yema era mayor en las gallinas alojadas en libertad o en parques en todas las razas excepto en la Vasca Roja-barrada, lo que puede ser de utilidad en los mercados que demandan huevo líquido con mayor proporción

de este componente. Similarmente a lo encontrado por Pistekova y col. (2006) en ponedoras de huevo marrón, el peso de yema no difería entre las gallinas alojadas en jaulas o en yacija tanto en la Vasca Roja-barrada como en la Villafranquina Roja. De la misma forma, nuestros resultados coinciden con los de Krawczyk y Gornowicz (2010) para la comparación del peso de yema de ponedoras de huevo marrón alojadas en libertad o en yacija, que daban similares pesos de yema.

Los tres indicadores de la calidad de albumen (altura de albumen, unidades Haugh directas, y unidades Haugh indirectas) presentaban interacción significativa entre sistema de alojamiento y la raza. Las unidades Haugh directas (el mejor indicador de la calidad de albumen; Wells, 1968) eran significativamente mayores en jaulas para las dos ponedoras de huevo marrón y la de huevo crema, aunque daban resultados similares a los de los otros tipos de alojamiento en la ponedora de huevo blanco. En todos los casos el valor medio sobrepasaba ampliamente el valor comercial exigido para los huevos extra frescos (> 70 unidades), por lo que las diferencias estadísticas significativas no reflejarían necesariamente un mayor valor comercial, aunque sí una mayor duración de la calidad interna del huevo. Las unidades Haugh indirectas infravaloraban ampliamente los valores directos, como ya fue indicado por Campo y col. (2000), estando alrededor del nivel de resistencia por parte del consumidor (60 unidades). Además, este sistema indirecto se muestra inapropiado porque puede alterar las conclusiones extraídas de la valoración directa, ya que por ejemplo con este método las jaulas pueden tener menor calidad de albumen que el resto de los sistemas de alojamiento.

La altura de albumen seguía parecida tendencia a las unidades Haugh directas, con valores superiores en jaulas en ponedoras de huevo marrón y de huevo crema y similares en la de huevo blanco. Este resultado sugiere que la corrección de la altura de albumen con el tamaño del huevo, implícita en el cálculo de las unidades Haugh directas, puede ser innecesaria (Silversides y Villeneuve, 1994). Aunque Singh y col (2009a) encontraron mayor altura de albumen en ponedoras de huevo blanco o marrón alojadas en yacija que en las

alojadas en jaulas, esto no concordaba con los resultados de nuestro estudio, en los que las gallinas de huevo marrón alojadas en jaulas tenían mayor altura de albumen que las alojadas en yacija, y tanto las de huevo blanco como las de huevo crema tenían valores similares en jaulas y en yacija. Nuestros resultados para altura de albumen y unidades Haugh directas coinciden con los de Sekeroglu y col. (2008) y Krawczyk y Gornowicz (2010) en una de las ponedoras de huevo marrón (Villafranquina Roja), aunque los de la Vasca Roja-barrada tenían mayor valor en yacija que en libertad.

Para el color de yema había interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza. Los valores encontrados eran ligeramente inferiores al límite comercial exigido por los consumidores, que equivale al grado 8 del abanico colorimétrico Roche. Esto es debido a que el pienso utilizado en nuestro estudio es el de gallinas reproductoras, en el que para minimizar costes de producción no se añaden pigmentantes. El color de la yema se mejora más por los aditivos añadidos al pienso que por el consumo de hierbas en libertad. Como cabría esperar, las gallinas alojadas en libertad tenían valores superiores a las del resto de los tipos de alojamiento en las cuatro razas, ya que el color de la yema se debe principalmente a las xantofilas (Karunajeewa, 1978) y la posibilidad de consumir hierba aumentará estos pigmentos. Todos los valores en libertad estaban cercanos al grado 8 comentado anteriormente, y con diferencia de 1-2 grados de la escala Roche en comparación con otros alojamientos en todos los casos. Este hecho se debe al aporte de xantofilas por las hierbas en el sistema de libertad, que dependerá de la composición botánica del material de verdeo utilizado. Este resultado concuerda con los encontrados previamente por otros autores, tanto para la comparación libertad-jaulas (Van den Brand y col., 2004) como para la comparación libertad-yacija (Sekeroglu y col., 2008).

La incidencia de manchas de sangre no presentaba interacción significativa entre el sistema de alojamiento y la raza, teniendo el sistema en parques una menor incidencia que los otros tres. Aunque el porcentaje de manchas de carne presentaba interacción significativa entre el tipo de

alojamiento y la raza, el valor también era menor en el sistema de parques en las cuatro razas, solo significativamente en las dos razas de huevo marrón. Este resultado es importante desde el punto de vista del consumidor ya que aunque ambos tipos de manchas no representan ningún peligro son desagradables visualmente. El efecto de la raza fue significativo para el porcentaje de manchas de carne, teniendo las dos ponedoras de huevo marrón mayores porcentajes que las de huevo blanco o crema. De la misma forma, el porcentaje de manchas de sangre era significativamente mayor (aproximadamente 2 veces) para las razas de huevo marrón en todos los sistemas de alojamiento.

Estos resultados están en concordancia con las incidencias estimadas de manchas internas en ponedoras de huevo marrón y huevo blanco, siendo en las primeras 2.5% (manchas de sangre) y 15.5% (manchas de carne) mientras que, en las de huevo blanco es solamente el 0.5% en cada grupo (USDA, 1987). Similarmente, Zeidler (2002) estima una incidencia de manchas internas del 28% en huevos marrones y del 2 % de huevos blancos. El porcentaje encontrado en las dos razas de huevo marrón (7%) coincide con el indicado por Campo y Gil (1998), que era aproximadamente el 8 % en ambas razas. El porcentaje de manchas de sangre se ha correlacionado en algunos estudios con los niveles de estrés en ponedoras de huevo marrón (Campo y Gil., 1998; Campo y Prieto., 2010), corroborando la falta de significación de la diferencia encontrada en nuestro estudio para los dos indicadores de estrés (cociente H:L y duración de IM) en ambas razas.

Los resultados de nuestro estudio para manchas de sangre coinciden con los de Krawczyk y Gornowicz (2010), que no encontraron diferencias significativas al comparar los huevos de gallinas en libertad con los de yacija, aunque no coinciden con los de Mench y col. (1986), con mayores porcentajes en gallinas enjauladas que en yacija, y los de Sherwin y col. (2010), con mayores porcentajes en yacija que en jaulas o en libertad. Por lo que respecta a los porcentajes de manchas de carne, nuestros resultados coinciden con los de Shimmura y col. (2010), ausencia de significación entre libertad y jaulas, y

los de Krawczyk y Gornowicz (2010), ausencia de significación entre libertad y yacija.

Aunque los expertos generalmente dudan de la utilidad de calcular un índice general, que considere los puntos fuertes y débiles tanto de bienestar como de calidad, para comparar diferentes sistemas de alojamiento (Rodenburg y col., 2008; Shimmura y col., 2010), se hizo un intento de responder a la pregunta ¿cuál es el mejor sistema de alojamiento? ponderando los diversos indicadores utilizados en el estudio. Tanto Rodenburg y col. (2008) como Shimmura y col. (2010), utilizando distintos procedimientos para el cálculo del índice general, no encontraron diferencias significativas entre los sistemas de alojamiento basados en jaulas o alternativos a éstas.

El índice general se hizo a partir de las siguientes reglas: 1. Cuando la comparación entre un sistema y otro era favorable (desfavorable) se ponía un valor de +1 (-1), y si la comparación era equivalente se ponía un 0, si esto ocurría en todas las razas (ausencia de interacción). 2. Cuando la interacción era significativa los valores anteriores se dividían por 4. 3. Los indicadores considerados eran: duración de IM, cociente H:L, forma de huevo, peso de huevo, gravedad específica, porcentaje de huevos rotos, porcentajes de huevos sucios, color de cáscara, porcentaje de huevos rosas, porcentajes de huevos con manchas en la cáscara, unidades Haugh directas, color de yema, porcentaje de manchas de sangre y porcentaje de manchas de carne. Los caracteres que no aparecen en esta lista eran redundantes con los ya incluidos (por ejemplo peso de cáscara por unidad de superficie con gravedad específica, altura de albumen con unidades Haugh, etc).

Con estas reglas, el alojamiento en jaulas sería el mejor considerado (+9,5), seguido por los parques (+2.25), la yacija (-5.25) y la libertad (-6.50). Aunque puede sorprender el hecho de que el sistema en libertad fuese el peor de todos, y más todavía considerando que también era el peor desde el punto de vista de la mortalidad, conviene advertir que el alojamiento en libertad utilizado en nuestro trabajo pretendía analizar el efecto “pasto” en comparación

con los parques, en los que el espacio exterior carecía totalmente de hierba. El espacio disponible para las aves en el sistema de libertad de este trabajo era muy inferior al que será obligatorio en la Unión Europea a partir del 2012 (4 m²/ave).

V. CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

Aunque no había interacción para duración de IM ni para cociente H:L, la presencia de interacción genotipo ambiente era corriente en las características de calidad de huevo (todas excepto porcentaje de huevos sucios, porcentaje de huevos rosas, porcentaje de huevos con manchas en cáscara y porcentaje de huevos con manchas de sangre), sugiriendo que en este segundo caso el genotipo debe ser considerado cuando se usan diferentes sistemas de alojamiento, e insistiendo en la idea de que no habrá un sistema superior a los otros de forma universal sino que habrá que considerar el carácter de bienestar o de calidad y además el tipo de raza que se desea utilizar.

- Las jaulas eran las mejores desde el punto de vista del miedo, ya que tenían la menor duración de IM.
- El sistema en libertad era el peor desde el punto de vista del nivel de estrés ya que tenía el mayor cociente H:L.
- El porcentaje de mortalidad fue significativamente mayor en la raza ponedora de huevo crema alojada en libertad.
- La raza ponedora de huevo crema tenía el huevo significativamente más alargado que las otras razas en todos los sistemas de alojamiento.
- Los parques tenían el mayor tamaño de huevo en las dos ponedoras de huevo marrón y en la de huevo blanco, mientras que en la de huevo crema el sistema en libertad era el que producía el tamaño de huevo mayor.
- Las gallinas alojadas en libertad tenían significativamente menor gravedad específica en la ponedora de huevo blanco y en la de huevo marrón, mientras que las gallinas alojadas sobre yacija tenían significativamente menores valores en la de huevo crema y en la de huevo marrón oscuro.
- Para el peso de cáscara por unidad de superficie los huevos producidos en libertad eran los peores en las cuatro razas estudiadas.
- Los parques tenían significativamente mayores porcentajes de roturas de huevo que las jaulas en las dos razas ponedoras de huevo marrón.

- Los parques tenían el mayor porcentaje de huevos sucios.
- El porcentaje de huevos con manchas en la cáscara fue significativamente mayor en las gallinas enjauladas y menor en las alojadas en yacija.
- Los huevos marrones procedentes de las gallinas enjauladas eran significativamente más oscuros que los de las alojadas en libertad, yacija y parques.
- El porcentaje de huevos rosas era significativamente mayor en los parques y menor en las jaulas.
- El cociente yema:albumen era significativamente mayor en la ponedora de huevo marrón oscuro y menor en la ponedora de huevo blanco.
- Las unidades Haugh directas eran significativamente mayores en jaulas para las dos ponedoras de huevo marrón y la de huevo crema.
- La altura de albumen era significativamente mayor en jaulas para las dos ponedoras de huevo marrón.
- Las unidades Haugh indirectas infravaloraban los valores directos, mostrándose inapropiadas para extraer conclusiones.
- Las gallinas alojadas en libertad tenían el color de yema más oscuro que las gallinas alojadas en los otros tres tipos de alojamientos en las cuatro razas estudiadas.
- La incidencia de manchas de sangre en la yema del huevo era significativamente menor en parques.
- El porcentaje de manchas de carne era significativamente menor en las dos razas de huevo marrón.

VI. BIBLIOGRAFIA

VI. BIBLIOGRAFIA

AYUPOV, F. G., 1976. On the egg mathematical model. Advance Scientific-Industrial Experience in Poultry Breeding. Express Information 9, 14-16.

CAMPO, J.L., 1998. Conservation and genetical study of Spanish chicken breeds. Proceedings 6th World Congress Genetics. Applied Livestock Production, Armidale, Australia, 155-158.

CAMPO, J.L., DÁVILA, S.G., GIL, M.G., 2010. Effect of intermingled rearing of different breeds and bird density on fluctuating asymmetry in laying hens European Poultry Science 74, 189-196.

CAMPO, J.L., GIL, M.G., 1998. Internal inclusions in brown eggs: relationships with fearfulness and stress. Poultry Science 77, 1743-1747.

CAMPO, J.L., GIL, S.G., MUÑOZ, I., ALONSO, M., 2000. Effects of breed, hen age, and egg storage on the indirect prediction of the albumen quality. European Poultry Science 64, 109-114.

CAMPO, J.L., GIL, M.G., DÁVILA, S.G., 2005. Effects of intermingling chicks and bird density on fear and stress responses in chickens. European Poultry Science 69, 199-205.

CAMPO, J.L., GIL, M.G., DÁVILA, S.G., MUÑOZ, I., 2007. Genetic and phenotypic correlation between fluctuating asymmetry and two measurements of fear and stress in chickens. Applied Animal Behavior 102, 53-64.

CAMPO, J.L., OROZCO, F., 1982. Conservation and genetical study of Spanish chicken breeds. In: Proceedings of the Second World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, Madrid- Spain, 88-93.

CAMPO, J.L., PRIETO, M.T., 2009. Association between plumage condition and fluctuating asymmetry and between feathers removal, heterophil-to-lymphocyte ratio and tonic immobility duration in chickens. *European Poultry Science* 73, 250-256.

CAMPO, J.L., PRIETO, M.T., 2010. Fluctuating asymmetry in hens laying brown eggs with shell color abnormalities or internal inclusions. *European Poultry Science* 74, 126-132

CAMPO, J. L., PRIETO, M. T., DAVILA, S. G., 2008. Effects of Housing System and Cold Stress on Heterophil-to-Lymphocyte Ratio, Fluctuating Asymmetry, and Tonic Immobility Duration of Chickens *Poultry Science* 87, 621-626.

CAMPO, J.L., REDONDO A., 1996. Tonic immobility reaction and heterophil to lymphocyte ratio in hens from three Spanish breeds laying pink eggshells. *Poultry Science* 75, 155-159.

CAMPO, J.L., REDONDO, A., 1997. The relationship of brown deposits in the eggs with stress, fear and shell quality. *European Poultry Science* 61, 267-269

CARTER, T.C., 1975. The hen's egg: estimation of shell superficial area and egg volume using measurements of fresh egg weight and shell length and breath alone or in combination. *British Poultry Science* 16, 541-543

DAVIS, S. L., 2008. What would the world be like without animals for food, fiber, and labor? Are we morally obligated to do without them? *Poultry Science* 87, 392-394.

EISEN, E.J., BOHREN, B. B., MCKEAN, H. E., 1962. The Haugh unit as a measure of egg albumen quality. *Poultry Science* 41, 1461-1468.

ELSON, H.A., 2008. Scientific studies into layer mortality and foot pad dermatitis in broilers indicate that this is more perception than reality. *Poultry International* 47(3), 10-14

ELSON, H.A., CROXALL, R., 2006. European study on the comparative welfare of laying hens in cage and non-cage systems. *European Poultry Science* 70, 194-198

GALLUP, G. G., 1977. Tonic immobility: the role of fear and predation. *Psychology Record* 27, 41-61.

GALLUP, G. G., 1979. Tonic immobility as a measure of fear in domestic fowl. *Animal Behavior* 27, 316-317.

GRAML, C., NIEBUHR, K., WAIBLINGER, S., 2008. Reaction of laying hens to humans in the home or a novel environment. *Applied Animal Behavior Science* 113, 98-109.

GROSS, W. B., SIEGEL, H.S., 1983. Evaluation of the heterophil to lymphocyte ratio as a measure of stress in chickens. *Avian Disease* 27, 972-979.

GROSS, W. B., SIEGEL, P.B., 1993. General principles of stress and welfare. In: Grandin, T. (Ed), *Livestock, Handling and Transport*. CABI, Wallingford, UK, 21-34.

HIDALGO, A., ROSSI, M., CLERICI, F., RATTI, S., 2008. A market study on the quality characteristics of eggs from different housing systems. *Food Chemistry* 106, 1031-1038.

HOLT, P. S., DAVIES, R. H., DEWULF, J., GAST, R. K., HUWE, J. K., JONES, D. R., WALTMAN, D., WILLIAN, K. R., 2011. The impact of different housing systems on egg safety and quality. *Poultry Science* 90, 251-262.

HUGHES, B. O., DUN, P., MCCORQUODALE, C. C., 1985. Shell strength of eggs from medium bodied hybrid hens housed in cages or on range in outside pens. *British Poultry Science* 26, 129-136.

JONES, R. B., 1996. Fear and adaptability in poultry: insights, implications and imperatives. *World's Poultry Science Journal* 52, 131-174

JONES, R. B., FAURE, J. M., 1981a. Tonic immobility ("righting time") in laying hens housed in cages and pens. *Applied Animal Ethology* 7, 369-372

JONES, R.B., FAURE, J.M., 1981b. Sex and strain comparisons of tonic immobility ("righting time") in the domestic fowl and the effects of various methods of induction. *Behavioral Process* 6, 47-55.

JONES, D. R., MUSGROVE, M. T., ANDERSON, K. E., THESMAR, H. S., 2010. Physical quality and composition of retail shell eggs. *Poultry Science* 89, 582-587.

KARUNAJEEWA., 1978. The performance of cross-bred hens given free choice feeding of whole grains and a concentrate mixture and the influence of source of xanthophylls on yolk colour. *British Poultry Science* 19, 699-708

KRAWCZYK, J., GORNOWICZ, E., 2010. Quality of eggs from hens kept in two different free-range systems in comparison with a barn system. *European Poultry Science* 74, 151-157.

KUJIYAT, S. K., CRAIG, J. V. DAYTON, A. D., 1983. Duration of tonic immobility affected by housing environment in White Leghorn hens. *Poultry Science* 62, 2280-2282

LAY JR, D. C., FULTON, R. M., HESTER, P. Y., KARCHER, D. M., KJAER, J. B., MENCH, J. A., MULLENS, B. A., NEWBERRY, R. C., NICOL, C. J., O'SULLIVAN, N. P., PORTER, R. E., 2011. Hen welfare in different housing systems. *Poultry Science* 90, 278-294

LUCAS, A.M., JAMROZ, C., 1961. *Atlas of Avian Hematology*. Agriculture Monograph 25. USDA, Washington, DC

MAXWELL, M. H., 1993. Avian blood leucocyte responses to stress. *World's Poultry Science Journal* 49, 34-43

MENCH, J. A., VAN TIENHOVEN, A. MARSH, J. A., MCCORMICK, C. C., CUNNINGHAM, D. L., 1986. Effects of cage and floor pen management on behavior, production, and physiological stress responses of laying hens. *Poultry Science* 65, 1058-1069.

MERTENS, K., BAMELIS, F., KEMPS, B., KAMERS, B., VERHOELST, E., DE KETELAERE, B., BAIN, M., DECUYPERE, E., DE BAERDEMAEKER, J., 2006. Monitoring of Eggshell Breakage and Eggshell Strength in Different Production Chains of Consumption Eggs. *Poultry Science* 85, 1670-1677

NARUSHIN, V. G., 1993. New indestructive methods of egg parameters and eggshell quality determination. 5th European Symposium on the Quality of Eggs, Tours, 2, 217-222.

NARUSHIN, V. G., A. Y. MORGUN, 1995. Prediction of Haugh unit in genetic research. 11th International symposium on Current Problems in Avian Genetics, Balice, 1, 164-166.

PIŠTĚKOVÁ, V., HOVORKA, M., VEČEREK, V. STRAKOVÁ, E., SUCHÝ, P., 2006. The quality comparison of eggs laid by laying hens in battery cages and kept in a deep litter system. *Czech Journal Animal Science* 51, 318-325.

RODENBURG, T. B., TUYTTENS, F. A. M., REU, DE K., ZOONS, J., SONCK, B., 2008. Welfare assessment of laying hens in furnished cages and non-cage systems: an on-farm comparison. *Animal Welfare* 7, 363-373

SAS. 2008. SAS/STAT User's Guide (4th ed.). SAS Institute, Inc., Cary, Nc

SCHOLZ, B., RONCHEN, S., HAMANN, H., PENDEL, H., DISTL, O., 2008. Effect of housing system, group size and perch position on H/L- ratio in laying hens *Poultry Science* 72, 174-180

SEKEROGLU, A., SARICA, M., DEMIR, E., ULUTAS, Z., TILKI, M., SAATCI, M., 2008. The effect of housing system and storage length on the quality of eggs produced by two lines of laying hens. *European Poultry Science* 72, 106-109

SHERWIN, C. M., RICHARDS, G. J., NICOL, C. J., 2010. Comparison of the welfare of layer hens in 4 housing systems in the UK. *British Poultry Science* 51. 488-499.

SHIMMURA, T., HIRAHARA, S., AZUMA, T., SUZUKI, T., EGUCHI, Y., UETAKE, K., TANAKA, T., 2010. Multi-factorial investigation of various housing systems for laying hens. *British Poultry Science* 51, 31-42.

SHINI, S., 2003. Physiological Responses of laying hens to the alternative housing systems. *International Journal Poultry Science* 2, 357-360.

SILVERSIDES, F.G., VILLENEUVE, P. , 1994. Is the Haugh Unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature?, *Poultry Science* 73, 50–55.

SINGH, R., CHENG, K. M., SILVERSIDES, F. G., 2009a. Production performance and egg quality of four strains of laying hens kept in conventional cages and floor pens. *Poultry Science* 88, 256–264

SINGH, R., COOK, N. CHENG, K. M., SILVERSIDES, F. G., 2009b. Invasive and noninvasive measurement of stress in laying hens kept in conventional cages and in floor pens. *Poultry Science* 88, 1346-1351

SNEDECOR, G. W., W. G. COCHRAN, 1980. *Statistical Methods*. 7th ed. The Iowa State University Press, Ames, IA.

SOKAL, R.R., ROHLF, F.J., 1981. *Biometry*. Freeman and Company London.

SOONCHARENYING, S., EDWARDS, H. M., 1989. Modelling the relationships of egg weight, egg specific gravity, shell calcium, and shell thickness. *British Poultry Science* 30, 623-631

SOSSIDOU, E. N., ELSON, H. A., 2009. Hens' welfare to egg quality: a European perspective. *World's Poultry Science Journal* 65, 709-718.

TAUSON, R., 2005. Management and housing systems for layers-effects on welfare and production. *World's Poultry Science Journal* 61, 477-490.

TAUSON, R., WAHLSTROM, A., ABRAHAMSSON, P., 1999. Effect of two floor housing systems and cages on health, production, and fear response in layers. *Journal Applied Poultry Research* 8, 152-159.

TUMOVA, E., SKRIVAN, M., ENGLMAIEROVA, M., ZITA, L., 2009. The effect of genotype, housing system and egg collection time on egg quality in egg type hens. *Czech Journal Animal Science* 54, 17-23.

TUYTTENS, F., HEYNDRICKX, M., DE BOECK, M., MOREELS, A., VAN NUFFEL, A., VAN POUCKE, E., VAN COILLIE, E., VAN DONGEN, S., LENS, L., 2008. Broiler chicken health welfare and fluctuating asymmetry in organic versus conventional production systems. *Livestock Science* 113, 123-132.

USDA 1987. 27th Random Sample Laying Test. Report of Egg Production Tests in United States and Canada. USDA, Agriculture Research Service, Washington, DC

VAN DE WEERD, H. A., KEATINGE, R., RODERICK, S., 2009. A review of key health-related welfare issues in organic poultry production. *World's Poultry Science Journal* 65, 649-684.

VAN DEN BRAND, H., PARMENTIER, H. K., KEMP, B., 2004. Effects of housing system (outdoor vs cages) and age of laying hens on egg characteristics. *British Poultry Science* 45, 745-752

VAN HORNE, P.L.M., ACHTERBOSCH T.J. 2008. Animal welfare in poultry production systems: impact of EU standards on world trade. *World's Poultry Science Journal* 64, 40-52

WANG, X. L., ZHENG, J. X., NING, Z. H., QU, L. J., XU, G. Y., YANG, N., 2009. Laying performance and egg quality of blue-shelled layers as affected by different housing systems. *Poultry Science* 88, 1485-1492.

WELLS, R. G., 1968. The measurement of certain egg quality characteristics: a review, in: CARTER, T. C. (Ed.) *egg quality. A study of the hen's egg*, Oliver and Boyd, Edinburgh, 207-250

ZEIDLER, G., 2002. Shell egg quality and preservation. In: *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. D.D. Bell and W.D. Weaver, eds. (5th ed.). Springer Science. NY, USA, 1199-1218.

ZEMKOVA, L., SIMEONOVOVA, J., LICHOVNIKOVA, M., SOMERLIKOVA, K., 2007. The effects of housing systems and age of hens on the weight and cholesterol concentration of the egg. *Czech Journal Animal Science* 52, 110-115.

VII. ANEXO

VII. ANEXO

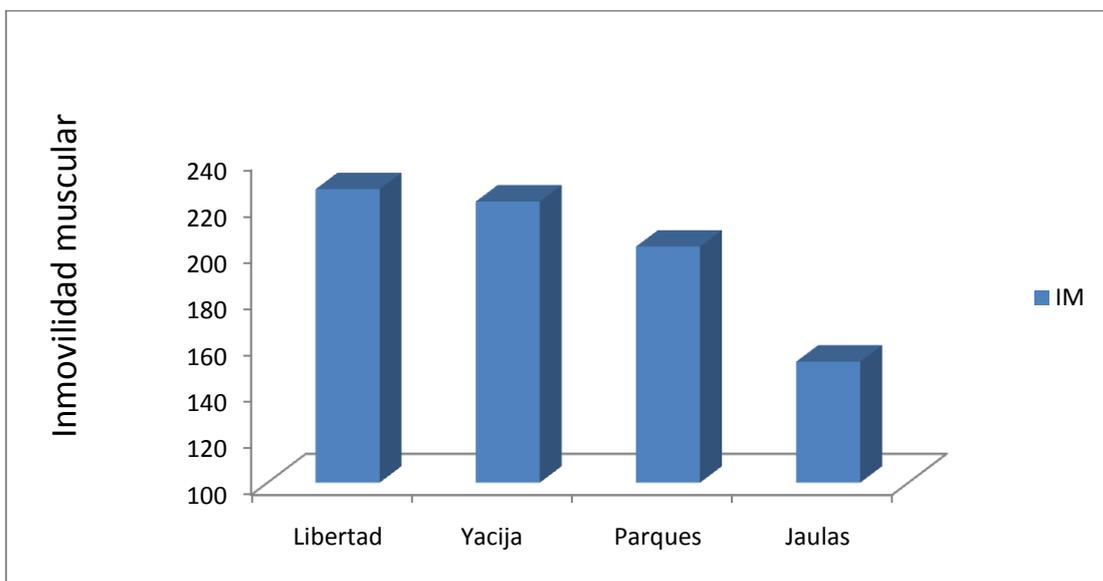


Figura 23: Medias de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos

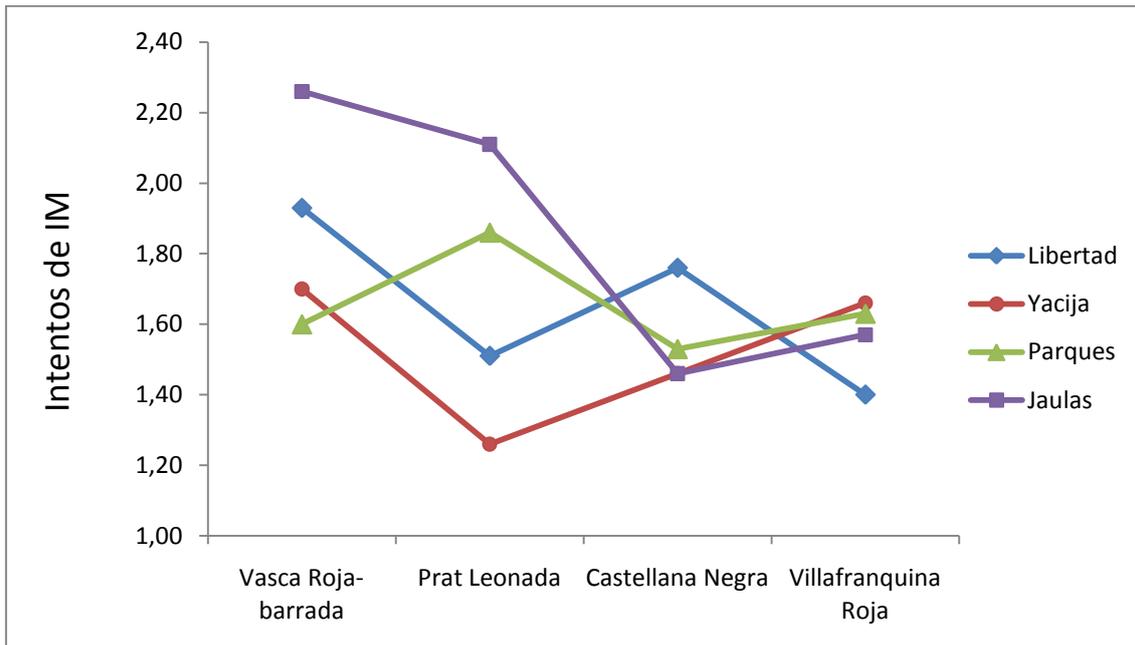


Figura 24: Medias de intentos de inmovilidad muscular en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

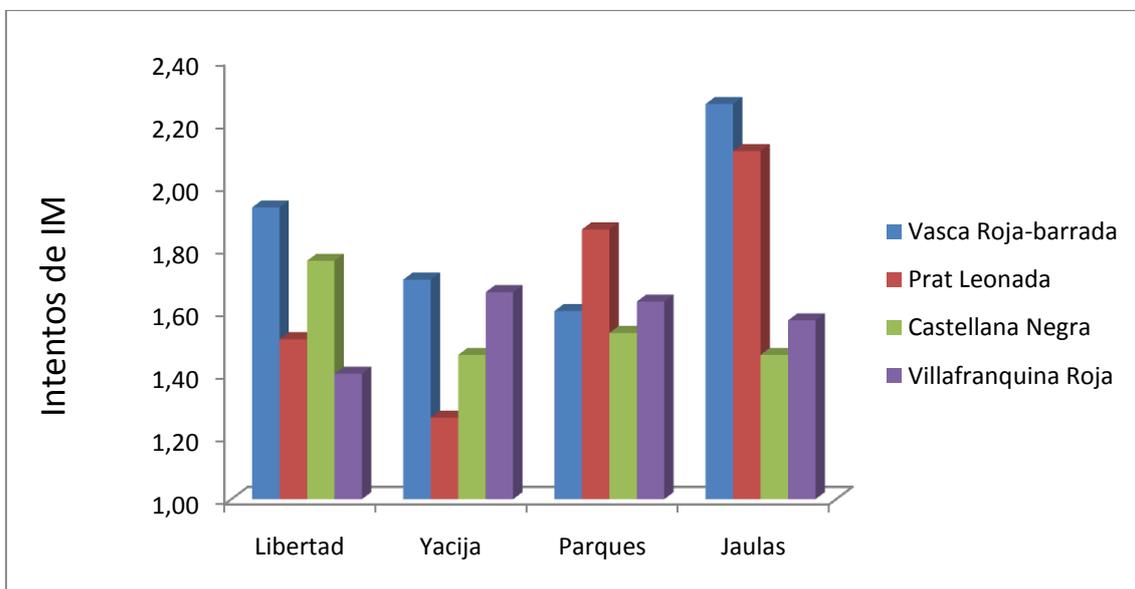


Figura 25: Medias de intentos de inmovilidad muscular en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

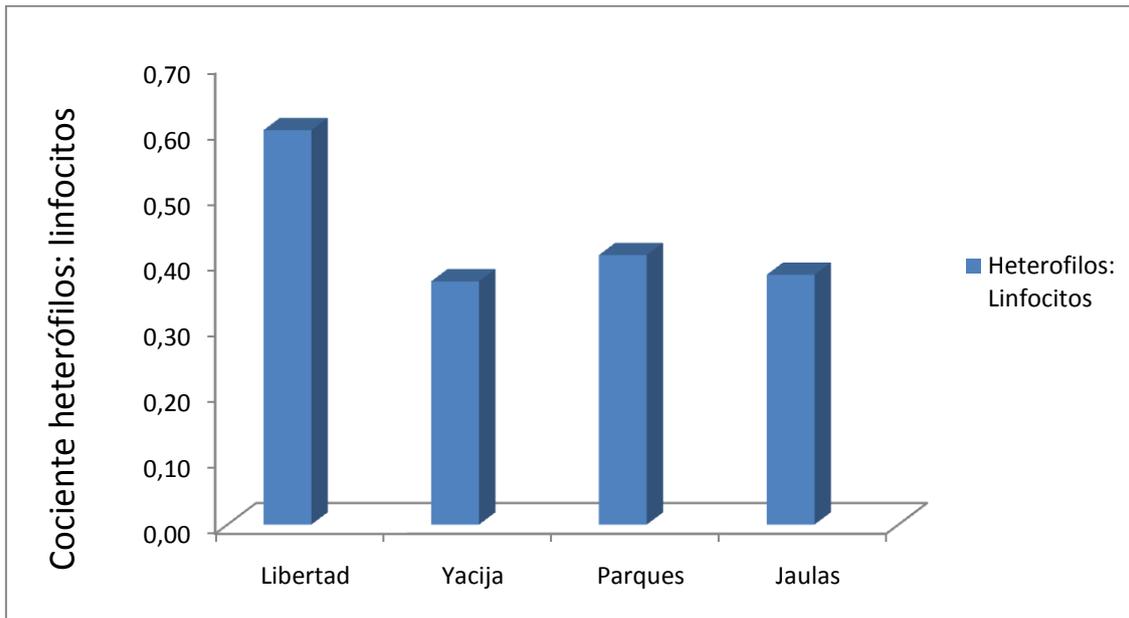


Figura 26: Medias del cociente de heterófilos: linfocitos en cada uno de los alojamientos

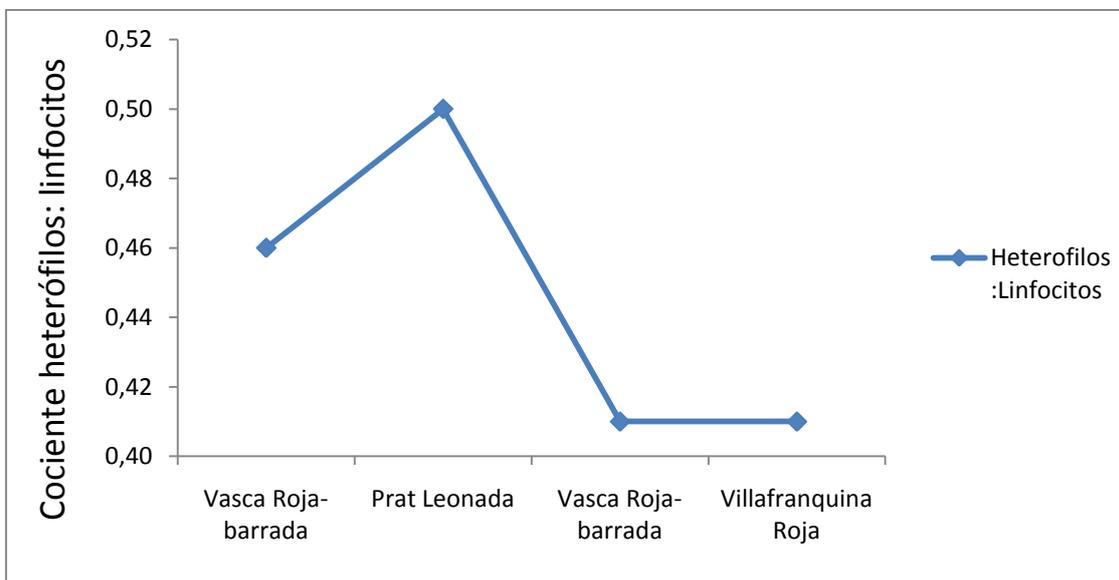


Figura 27: Medias del cociente de heterófilos: linfocitos en cada una de las razas

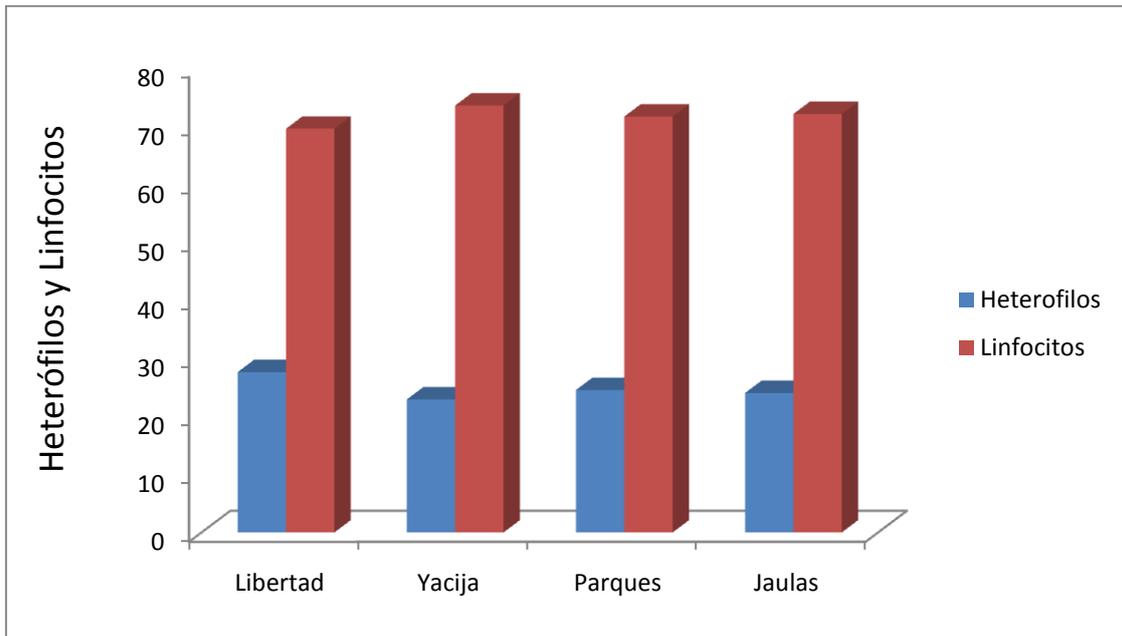


Figura 28: Medias de heterófilos y linfocitos en cada uno de los alojamientos

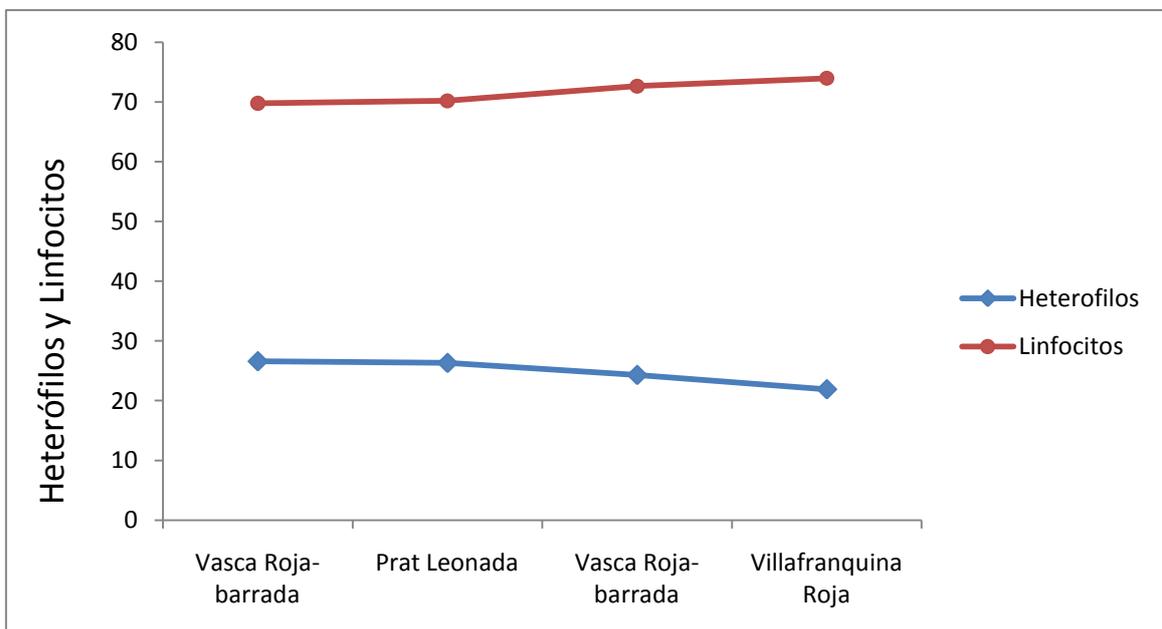


Figura 29: Medias de heterófilos y linfocitos en cada una de las razas

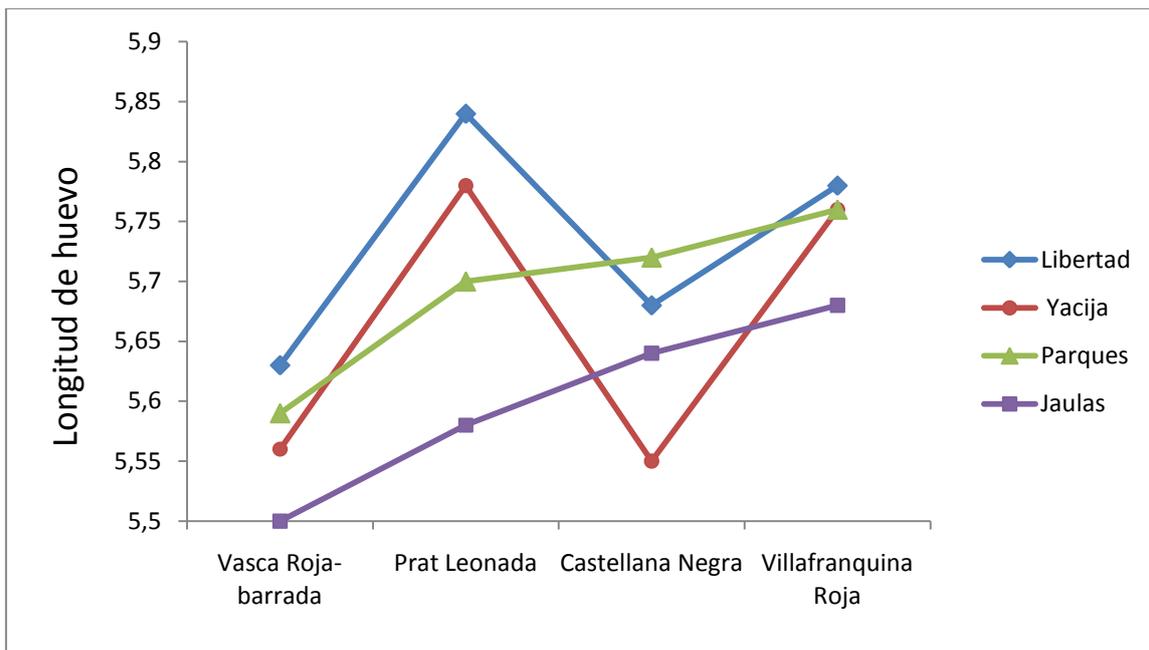


Figura 30: Medias de longitud de huevo (cm) en los cuatro alojamientos en cada una de las razas

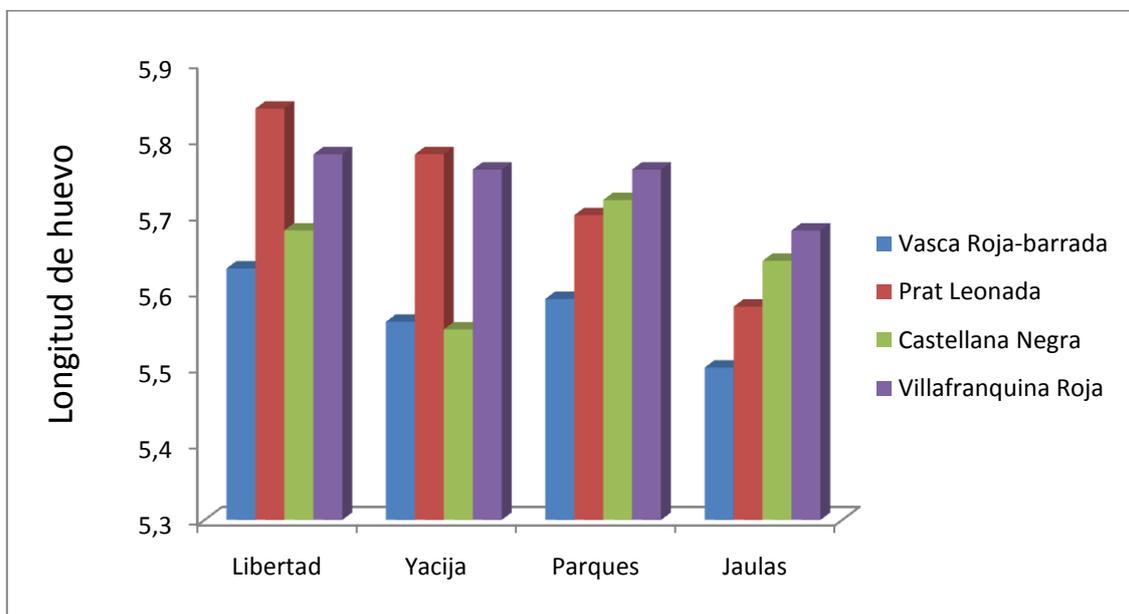


Figura 31: Medias de longitud de huevo (cm) en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos

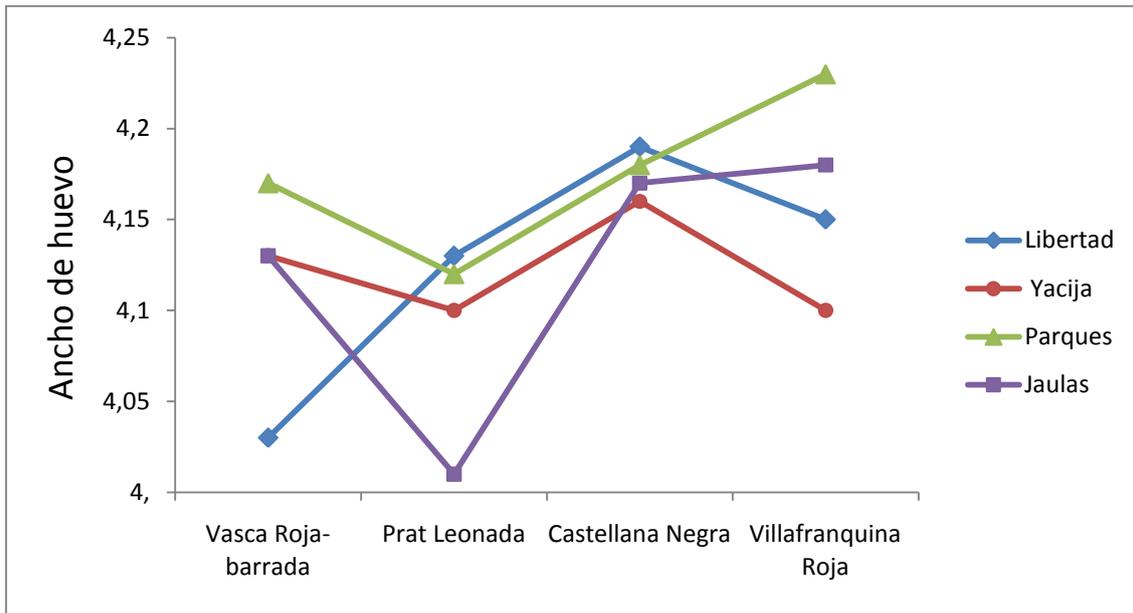


Figura 32: Medias de ancho de huevo (cm) en los cuatro alojamientos en cada una de las razas

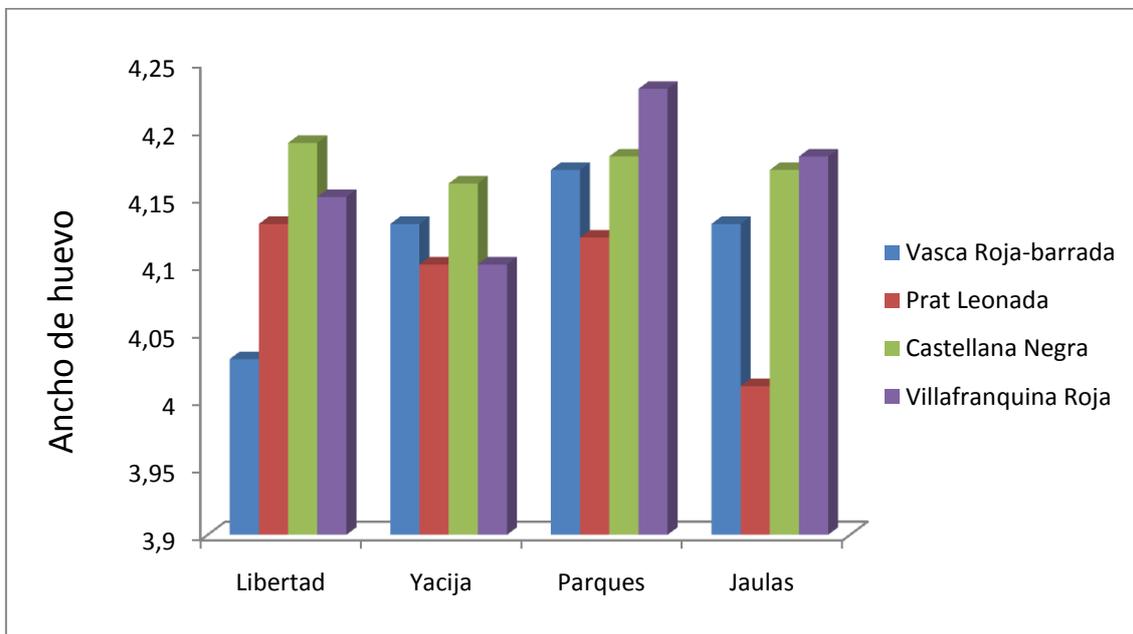


Figura 33: Medias de ancho de huevo (cm) en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos

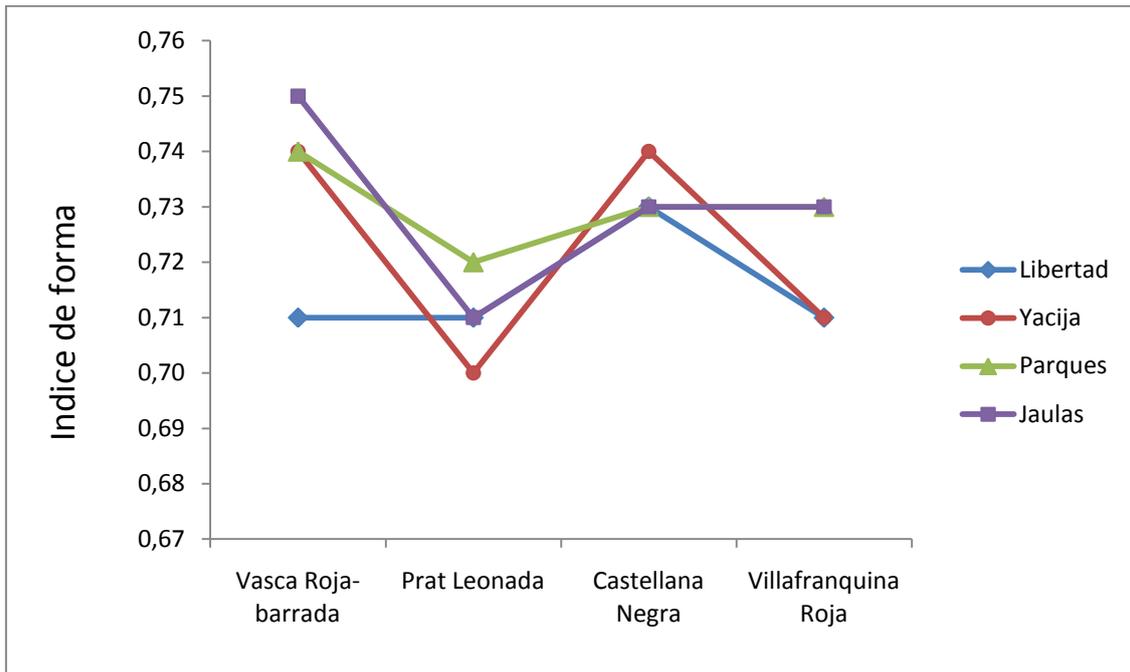


Figura 34: Medias de índice de forma (cm) en los cuatro alojamientos en cada una de las razas

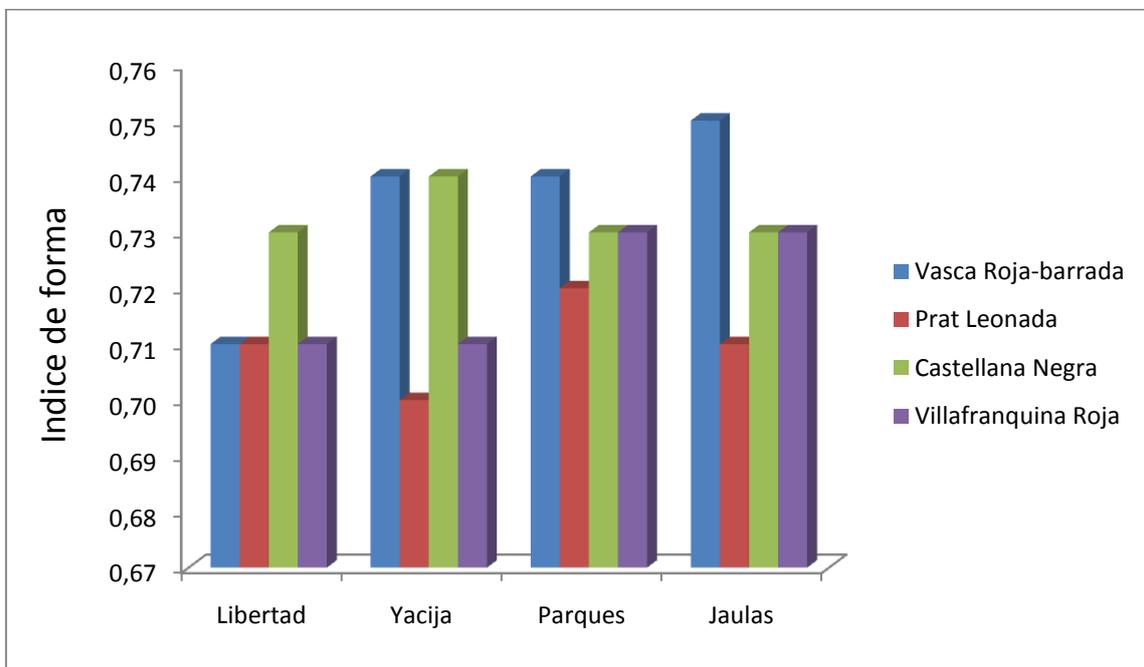


Figura 35: Medias de índice de forma (cm) en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos

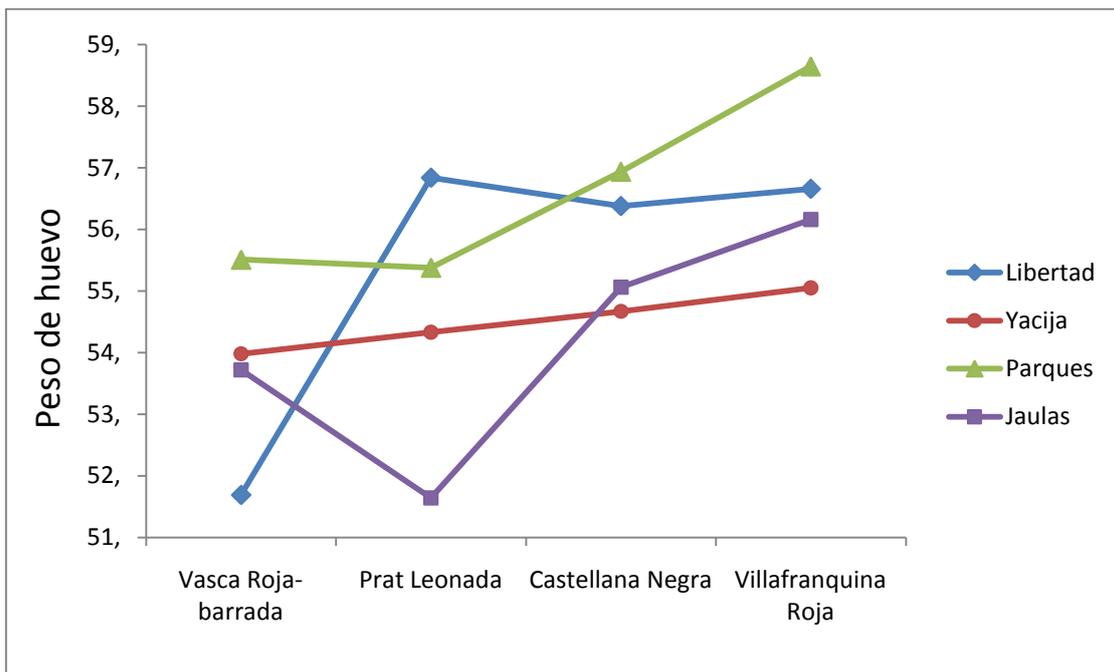


Figura 36: Medias de peso de huevo (g) en los cuatro alojamientos en cada una de las razas

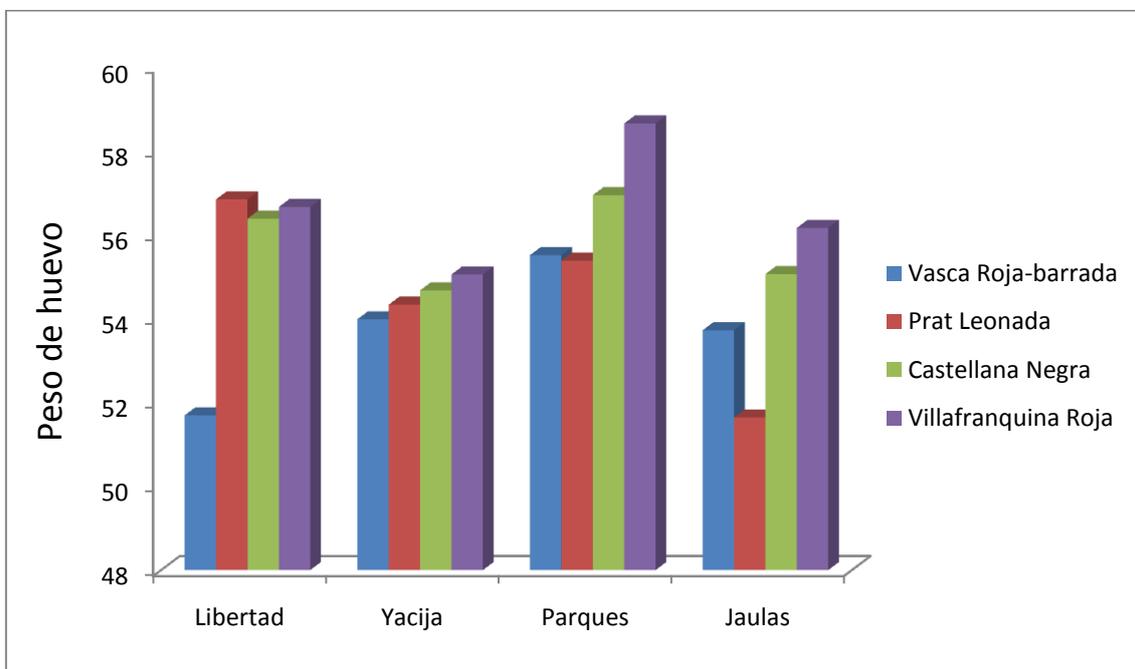


Figura 37: Medias de peso de huevo (g) en las cuatro razas en cada uno de los alojamientos

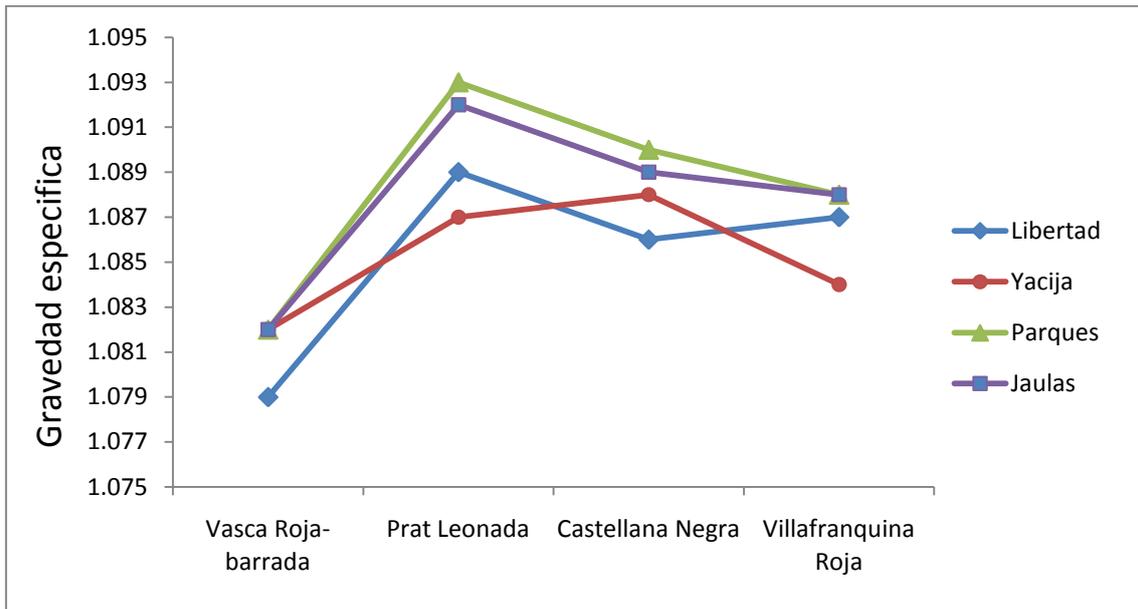


Figura 38: Medias de gravedad específica (g/cm^3) de los cuatro alojamientos en cada una de las razas

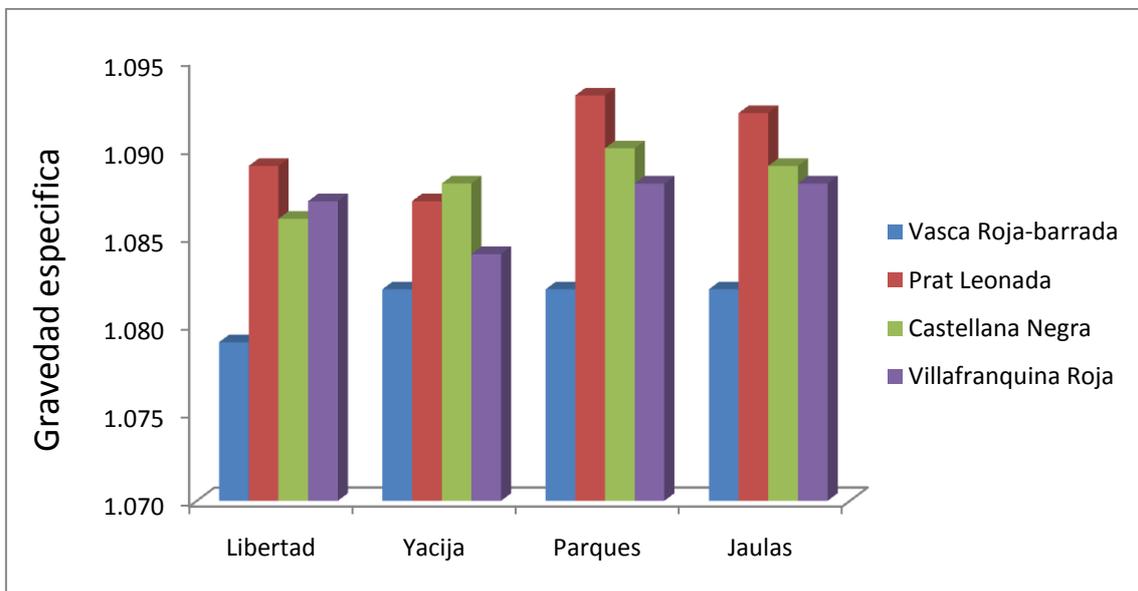


Figura 39: Medias de gravedad específica (g/cm^3) de cuatro razas en cada uno de los alojamientos

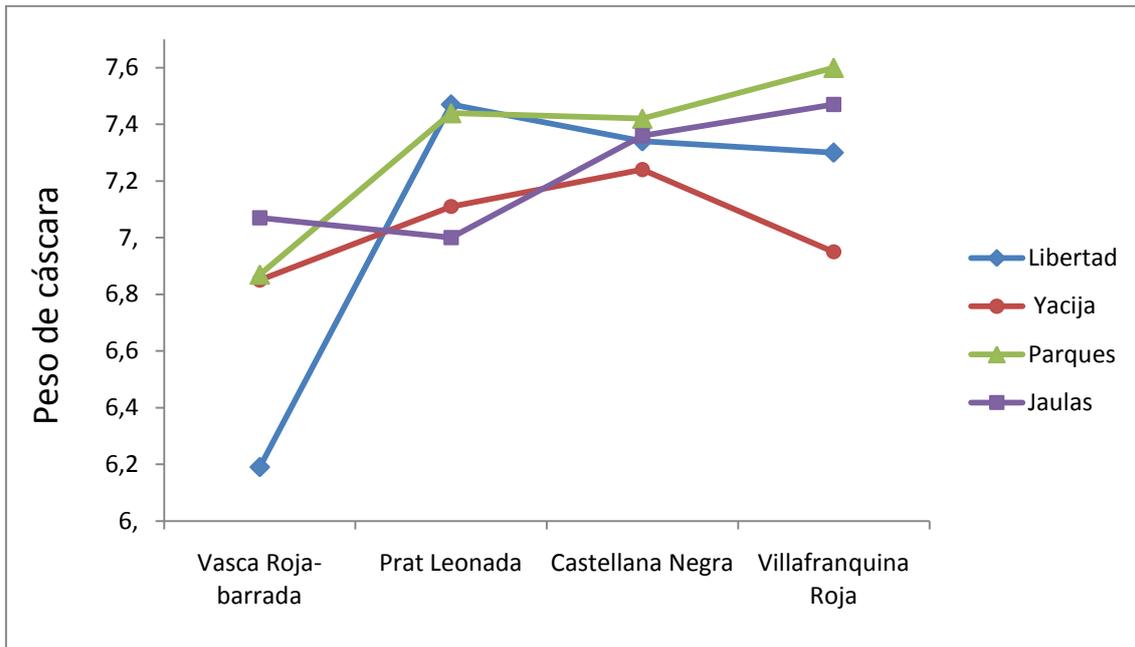


Figura 40: Medias de peso de cáscara (g) en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

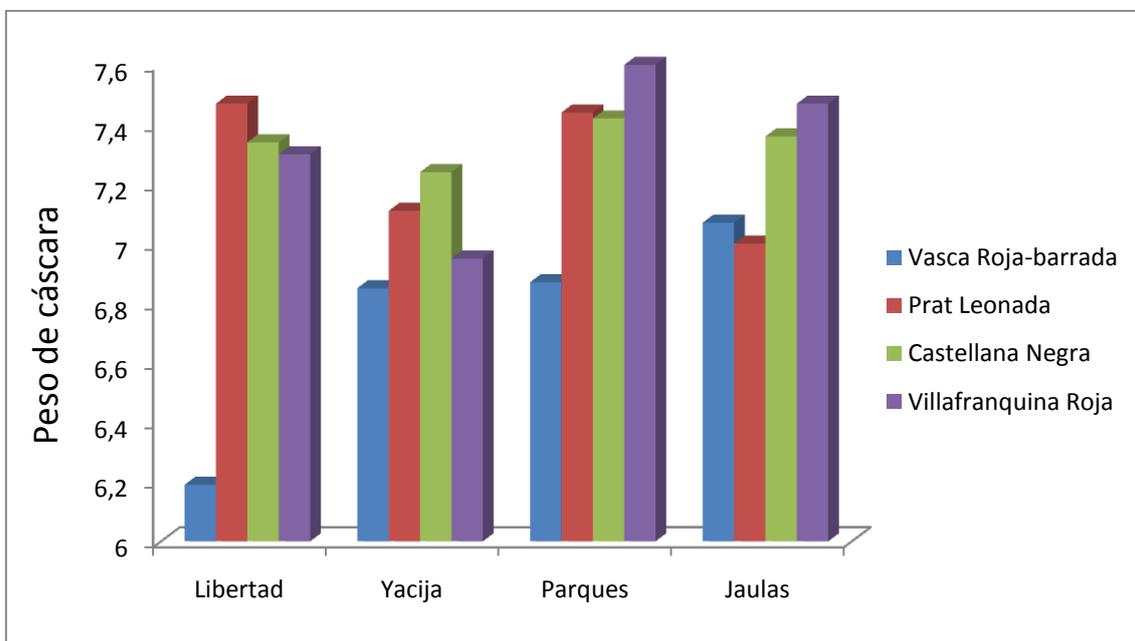


Figura 41: Medias de peso de cáscara (g) en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

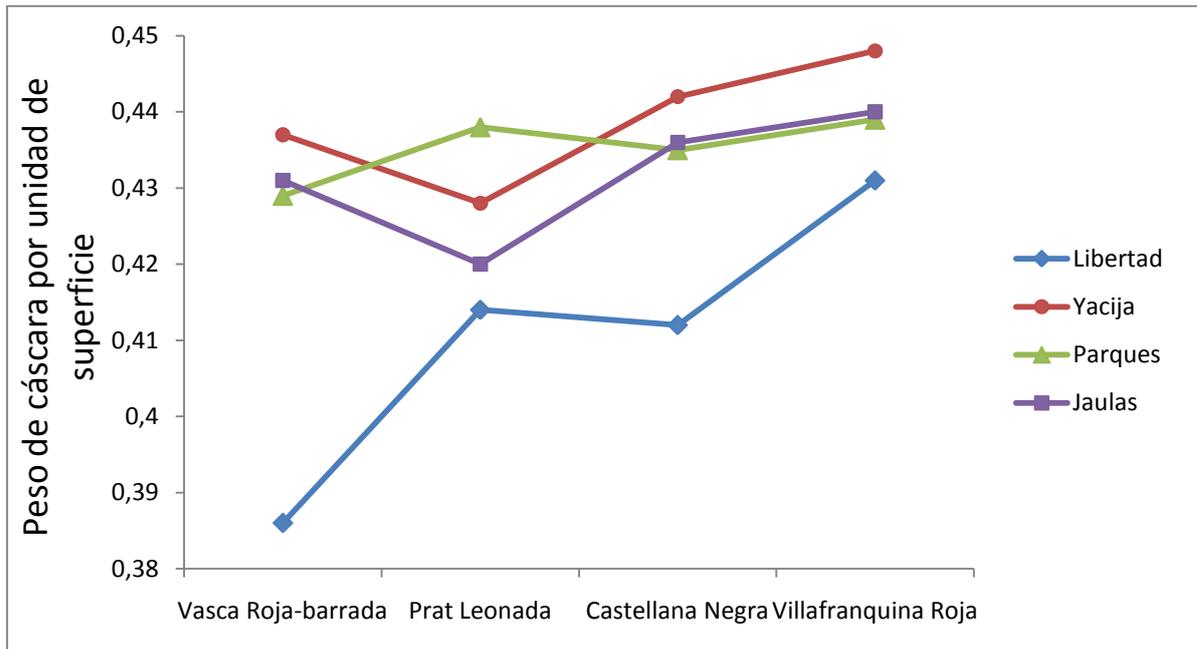


Figura 42: Medias de peso de cáscara por unidad de superficie (g/cm^2) en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

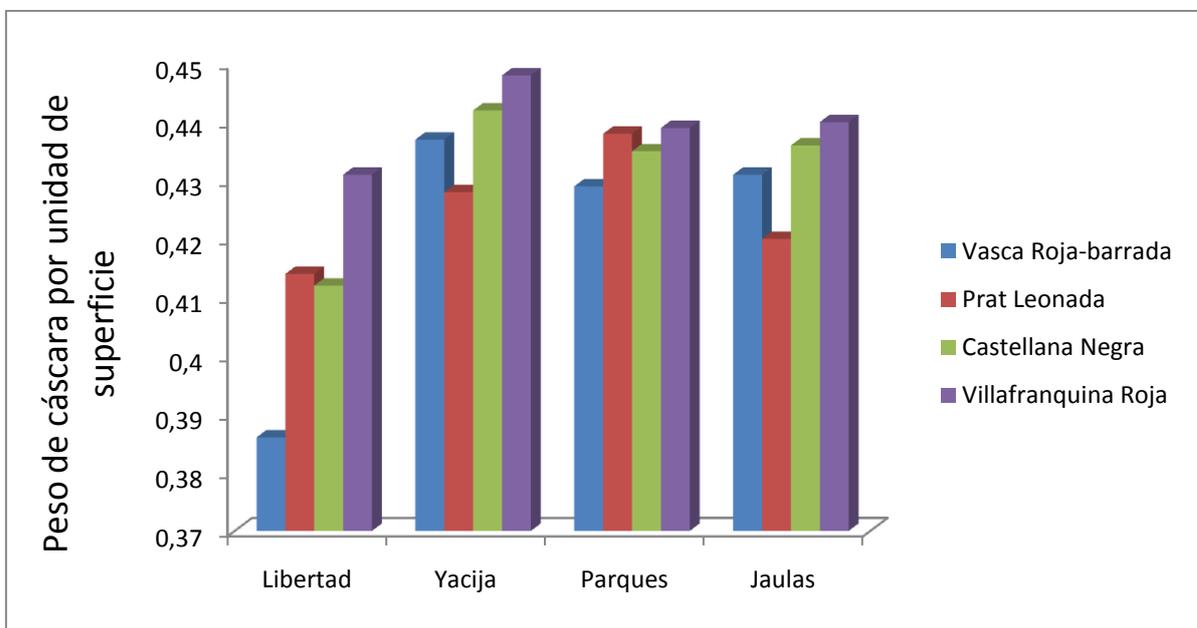


Figura 43: Medias de peso de cáscara por unidad de superficie (g/cm^2) en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

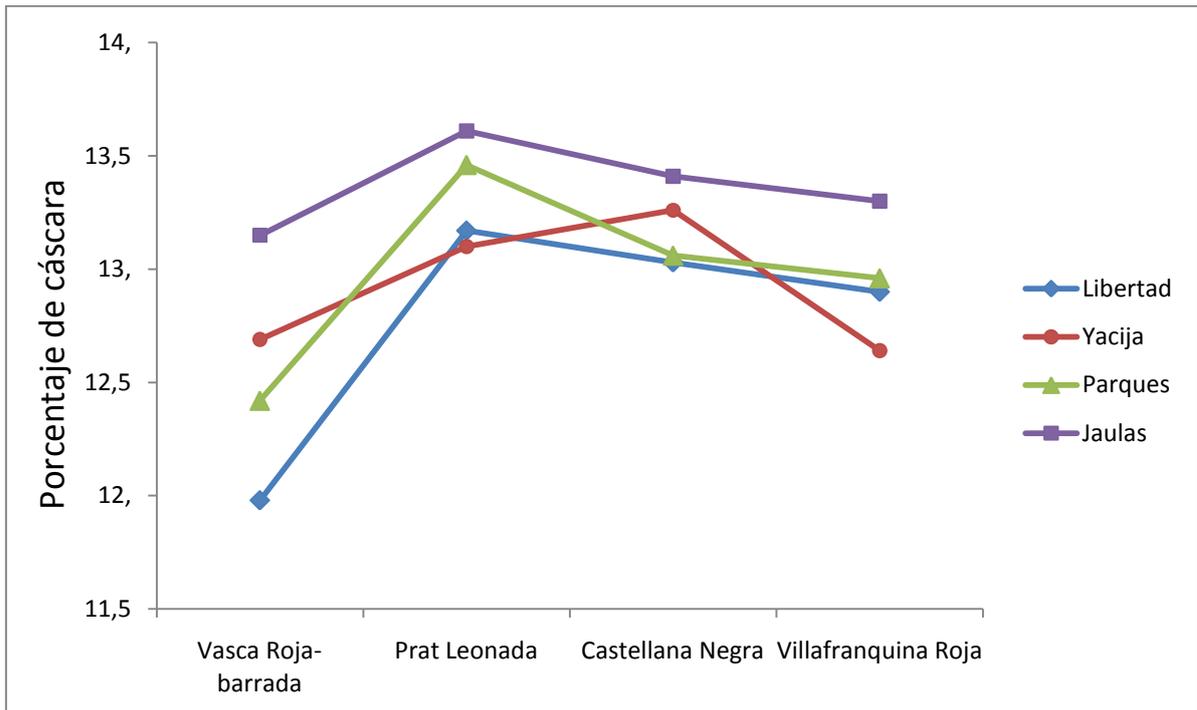


Figura 44: Medias de porcentaje de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

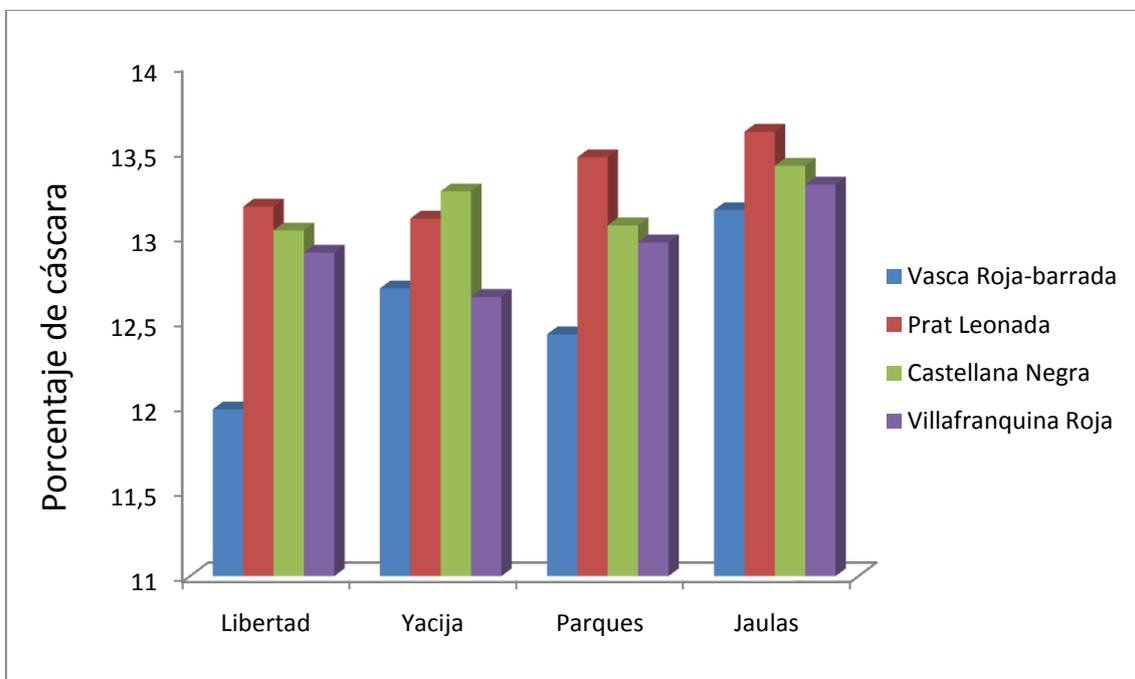


Figura 45: Medias de porcentaje de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

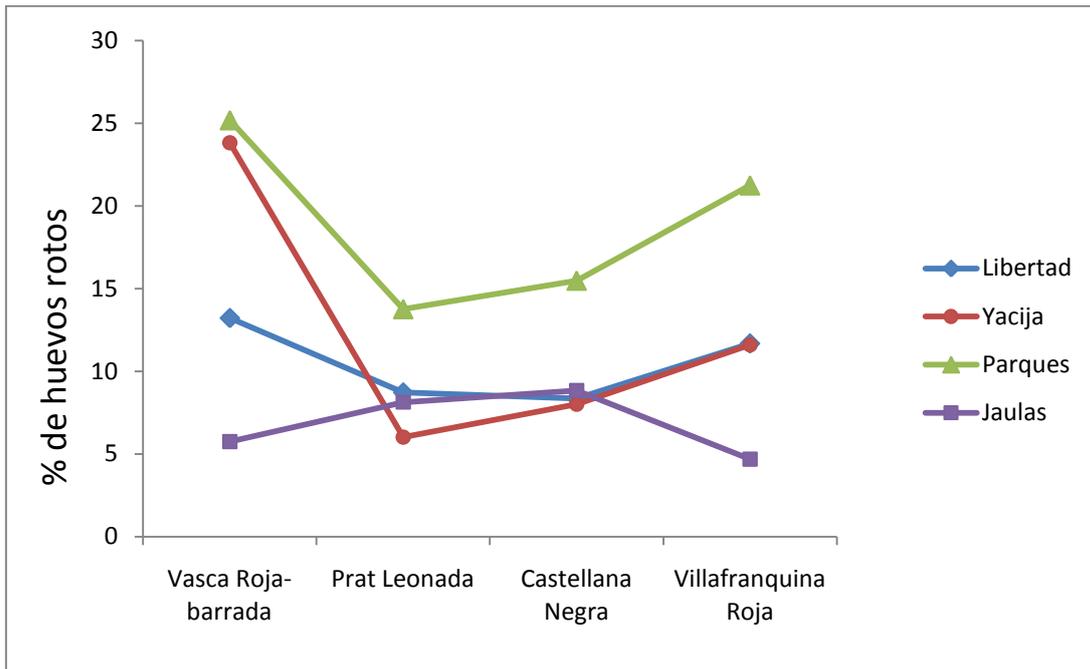


Figura 46: Porcentajes de huevos rotos en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

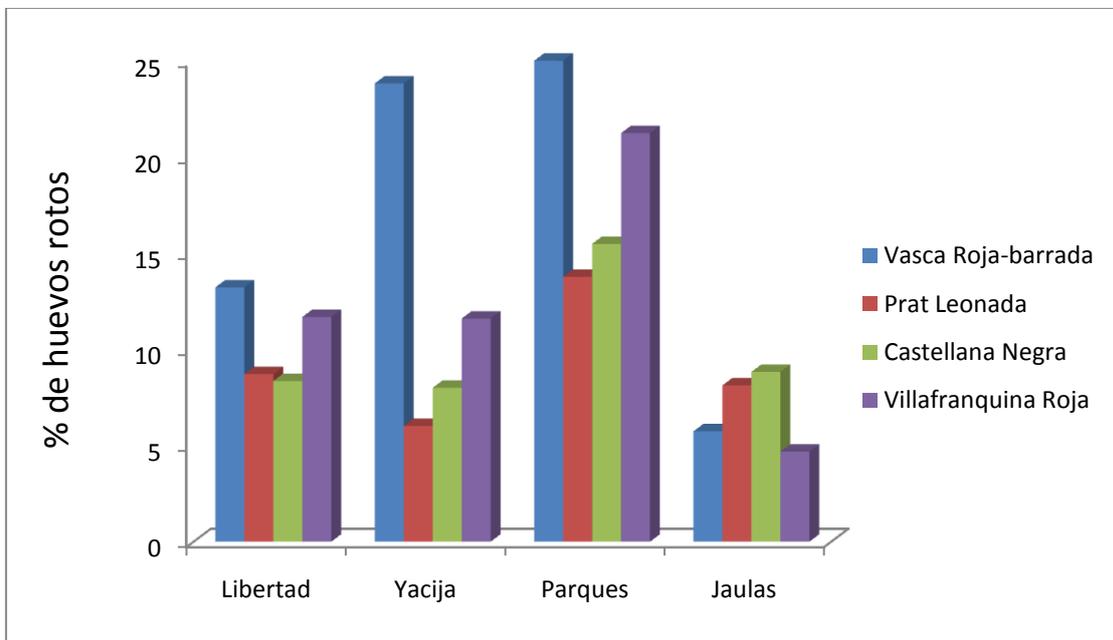


Figura 47: Porcentajes de huevos rotos en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

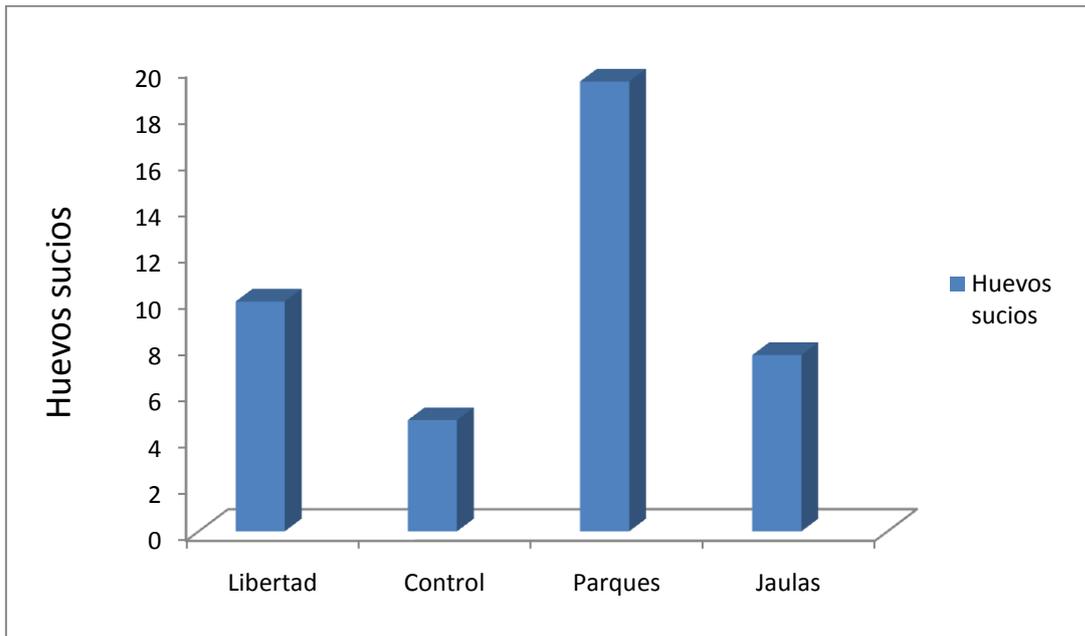


Figura 48: Porcentaje de huevos sucios en los cuatro alojamientos

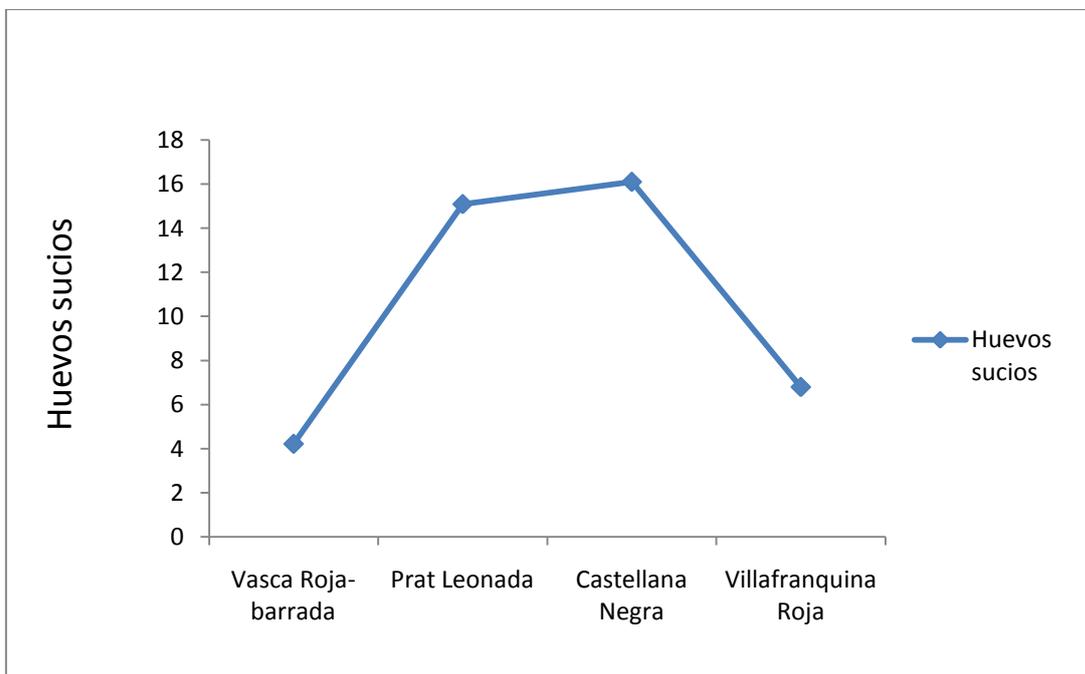


Figura 49: Porcentaje de huevos sucios en cada una de las razas

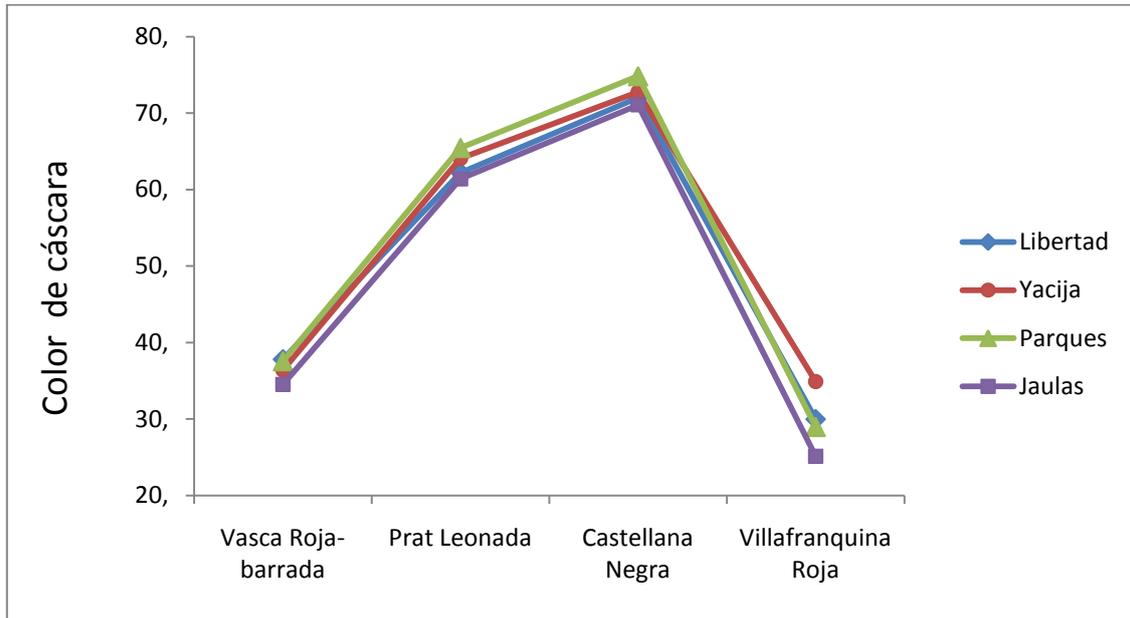


Figura 50: Medias de color de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

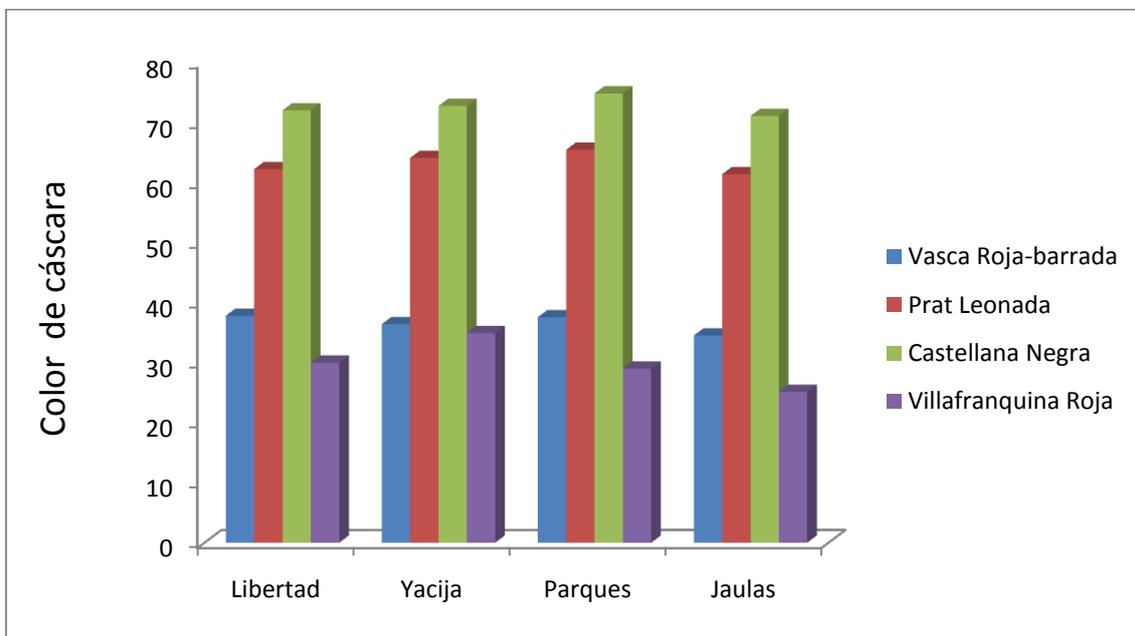


Figura 51: Medias de color de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

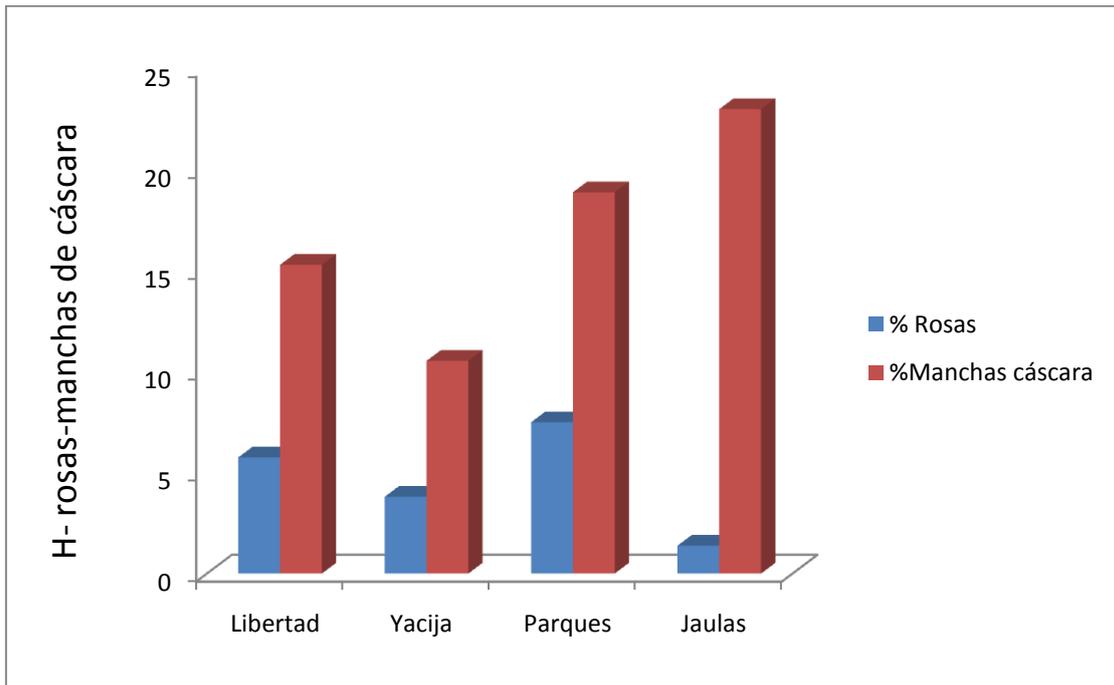


Figura 52: Porcentajes de huevos rosas y manchas de cáscara en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

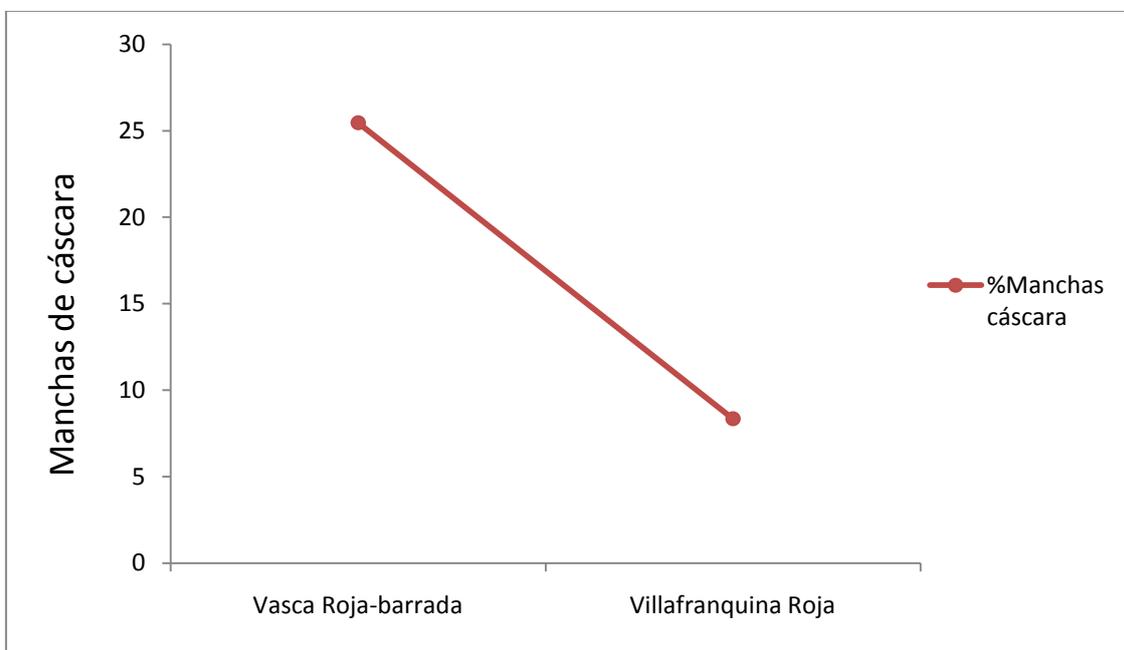


Figura 53: Porcentajes de huevos con manchas de cáscara en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

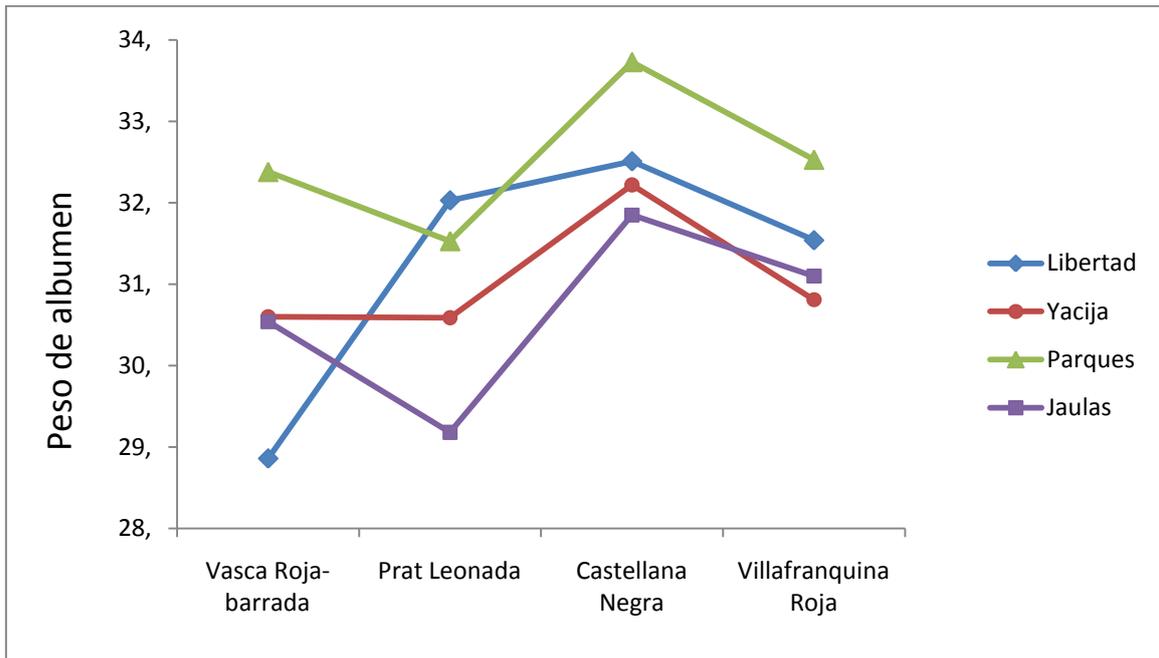


Figura 54: Medias de peso de albumen (g) en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

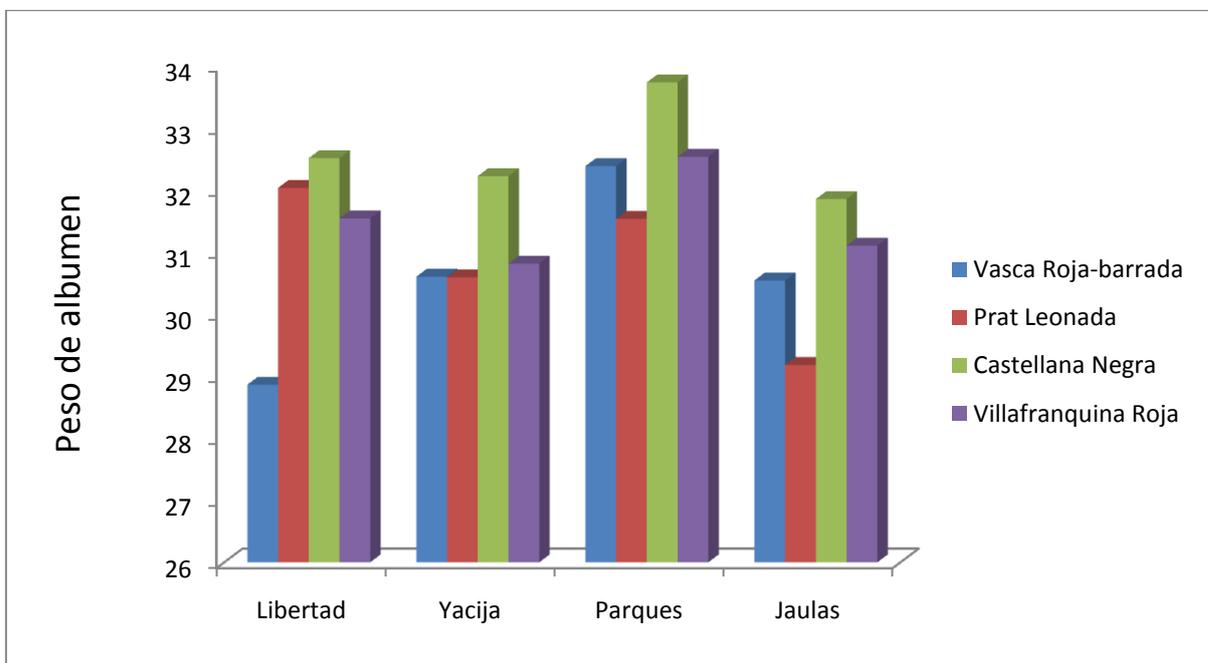


Figura 55: Medias de peso de albumen (g) en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

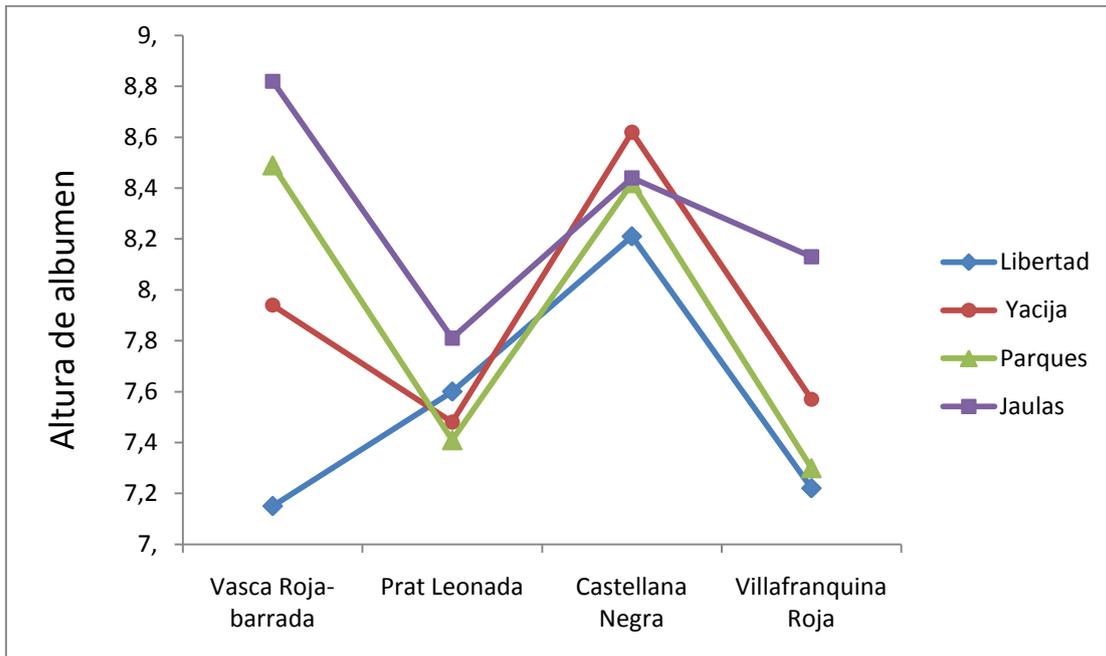


Figura 56: Medias de altura de albumen (cm) en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

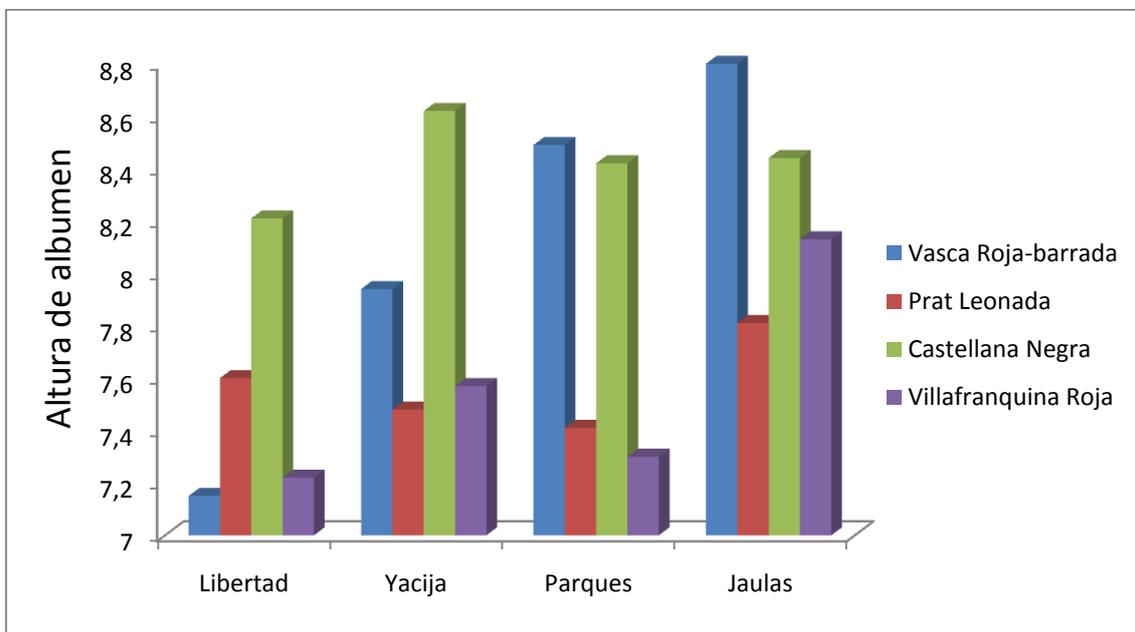


Figura 57: Medias de altura de albumen (cm) en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

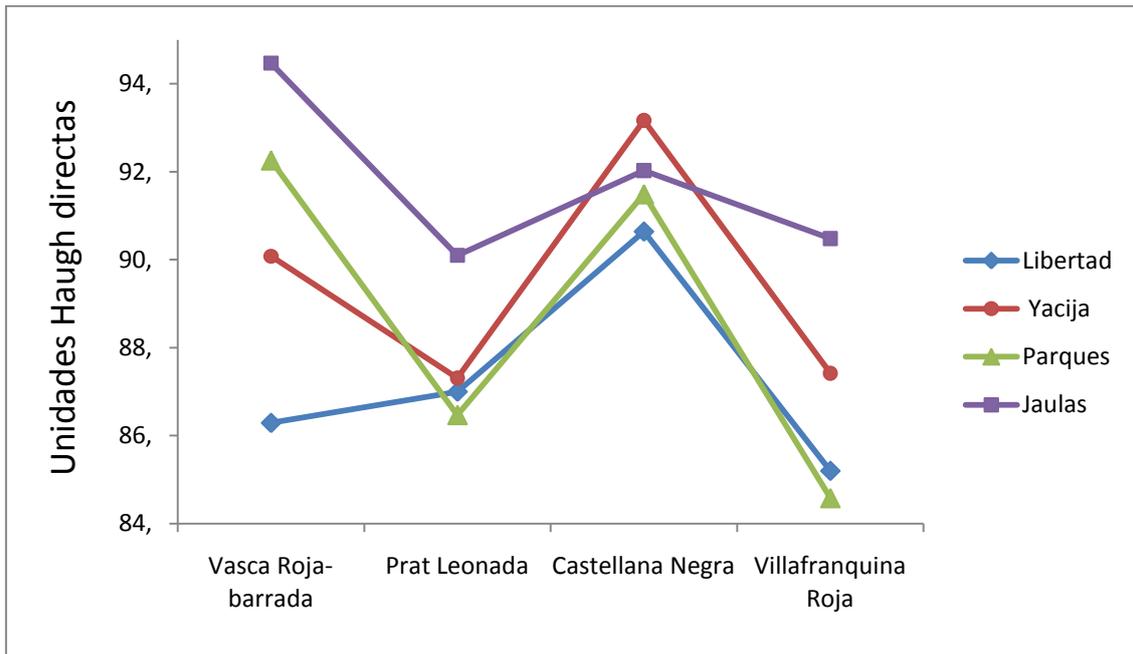


Figura 58: Medias de unidades Haugh directas en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

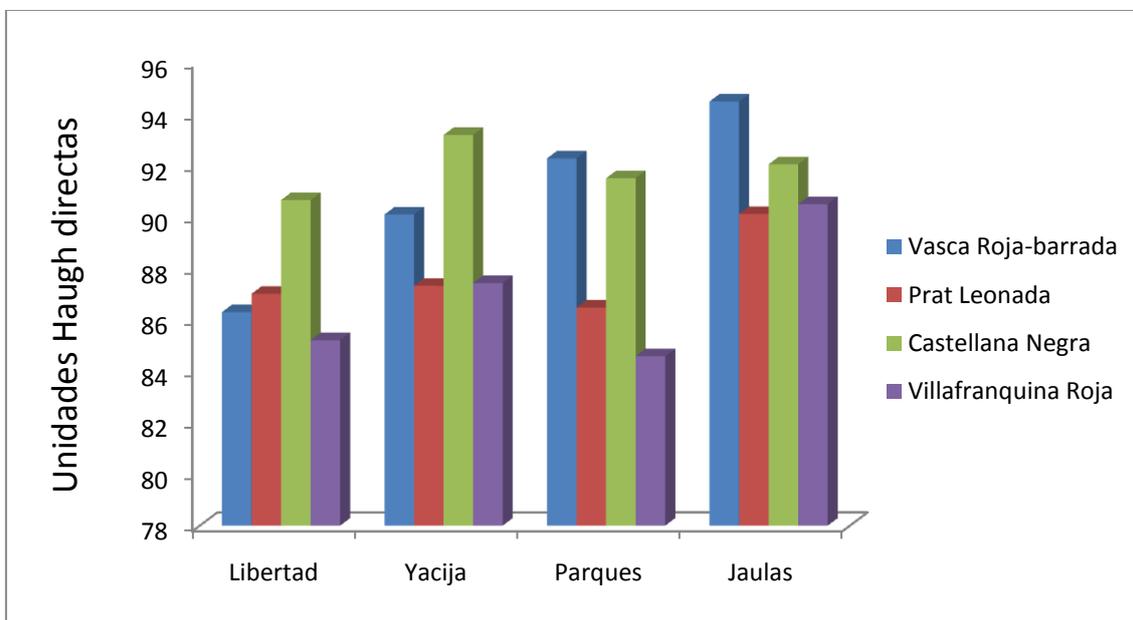


Figura 59: Medias de unidades Haugh directas en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

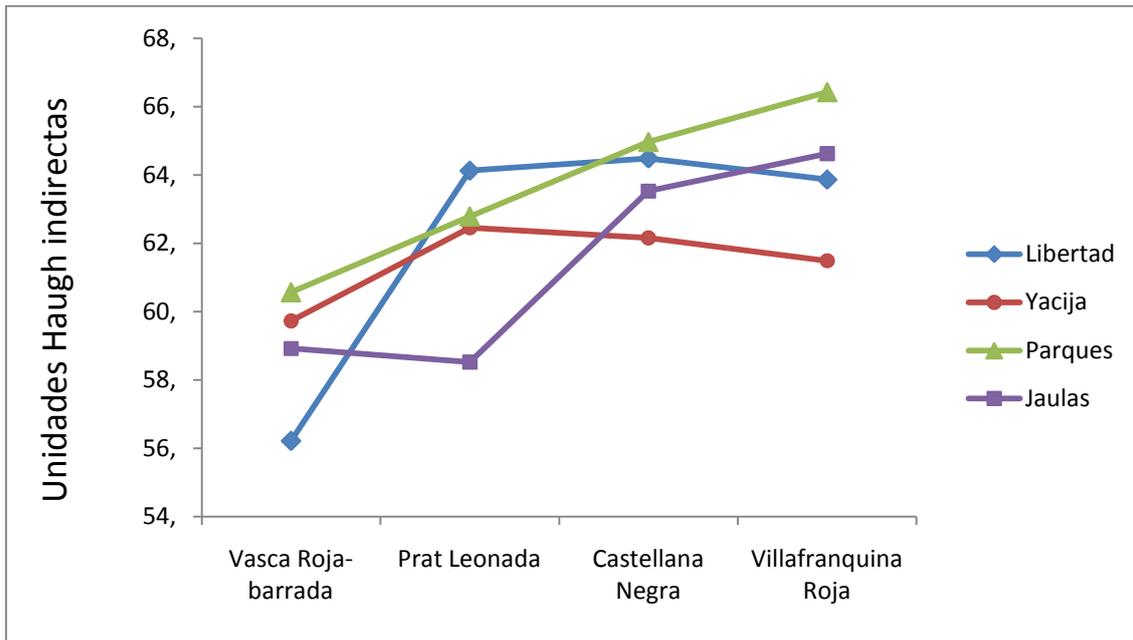


Figura 60: Medias de unidades Haugh indirectas en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

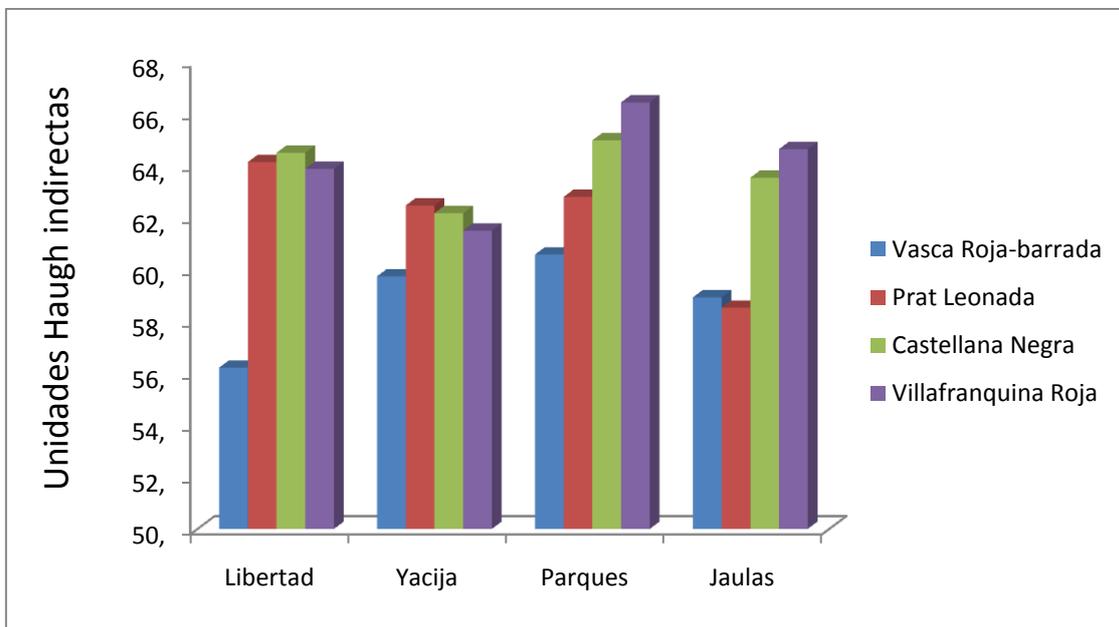


Figura 61: Medias de unidades Haugh indirectas en cuatro razas y en cada uno de los alojamiento

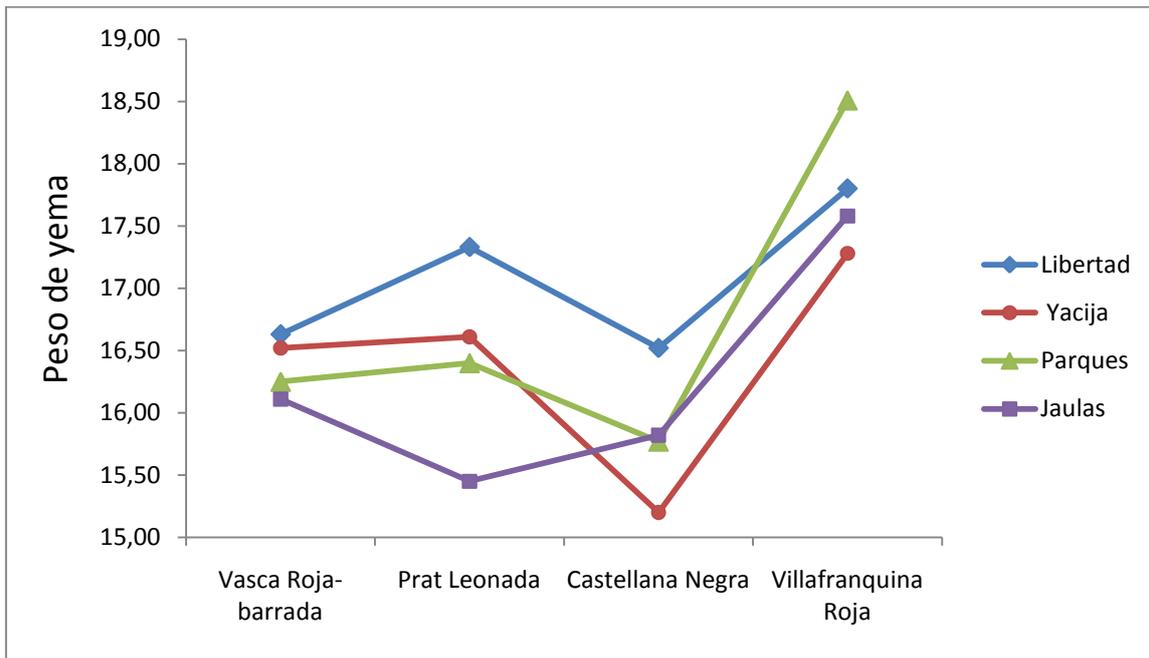


Figura 62: Medias de peso yema (g) en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

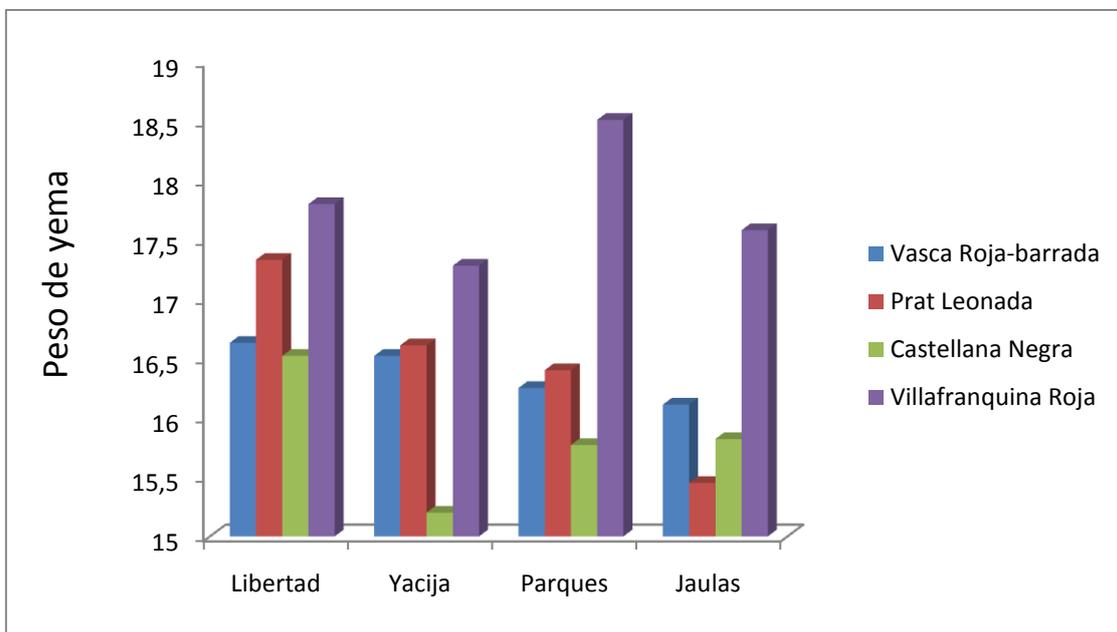


Figura 63: Medias de peso yema (g) en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

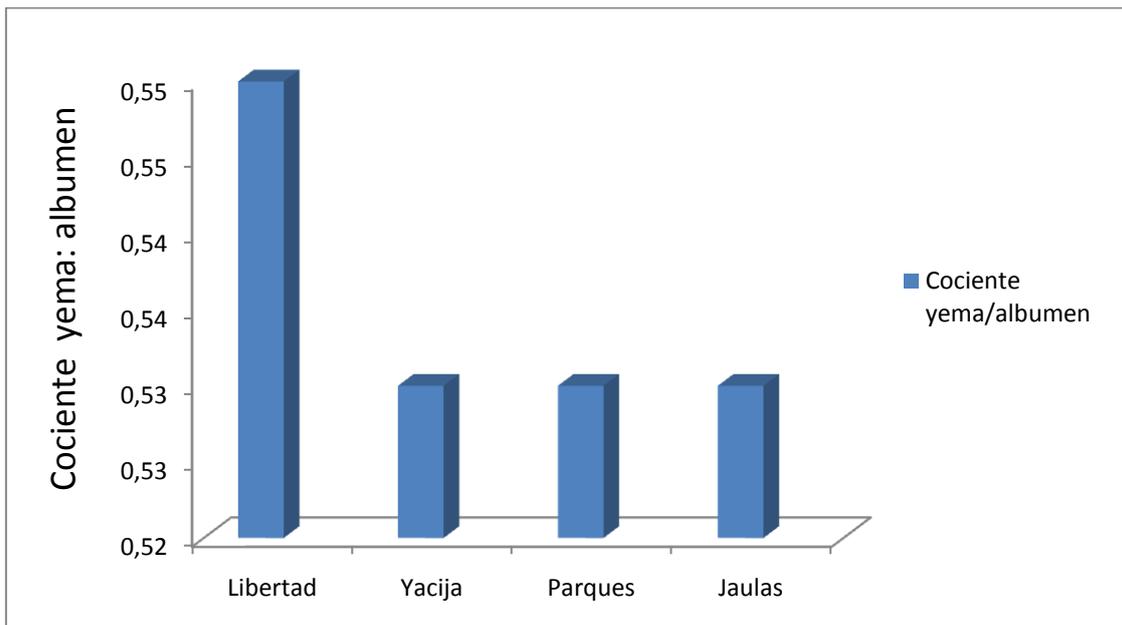


Figura 64: Medias de cociente yema: albumen en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

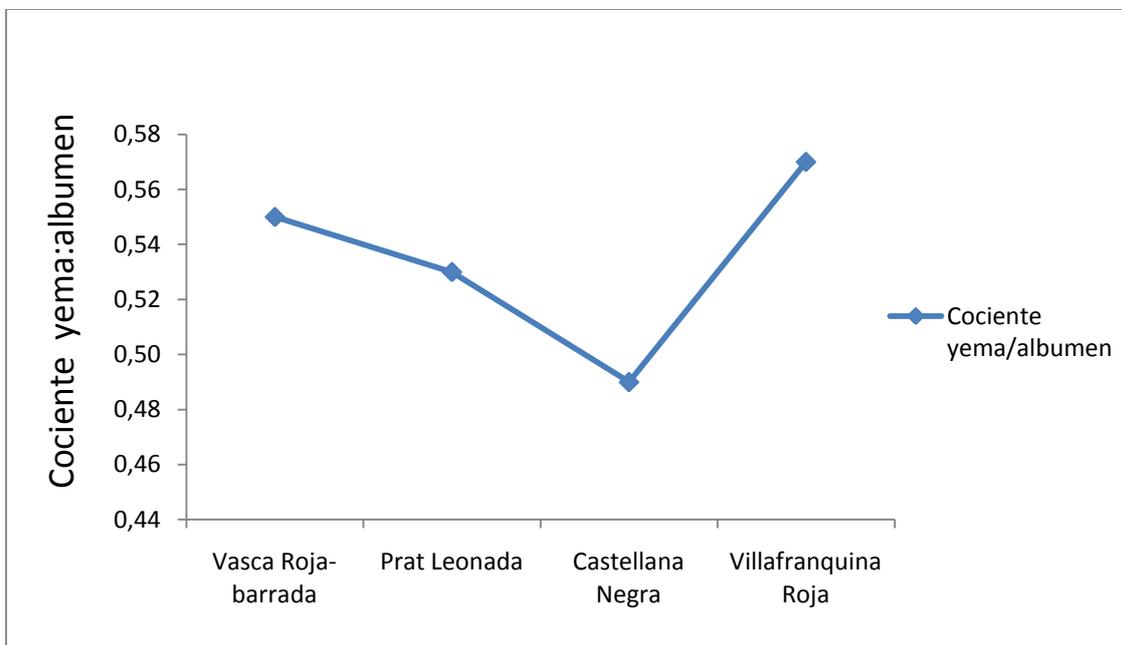


Figura 65: Medias de cociente yema: albumen en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

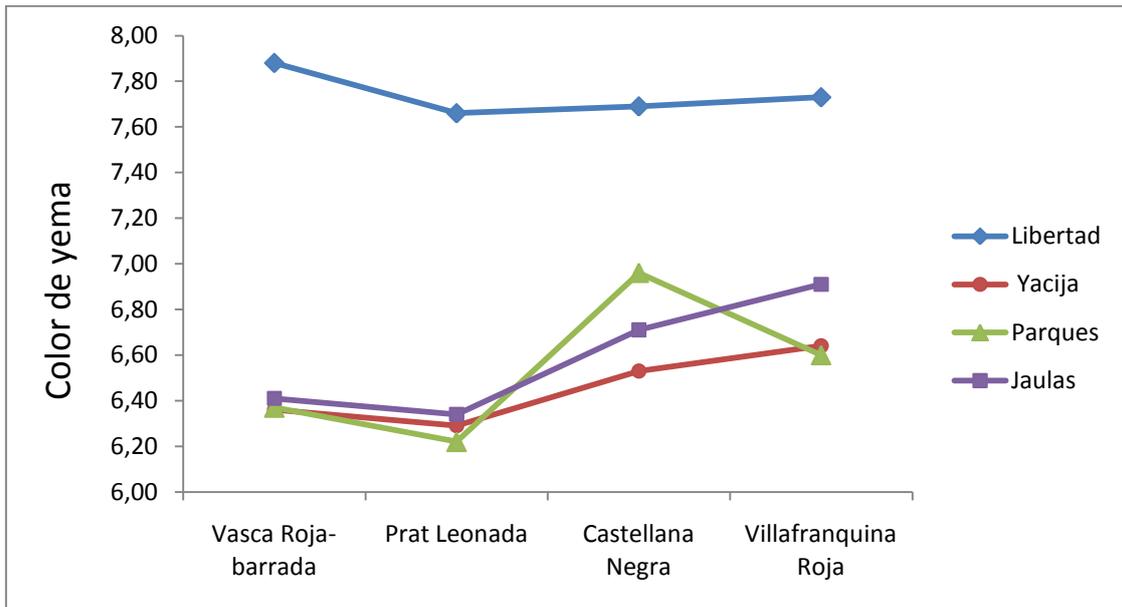


Figura 66: Medias de color de yema en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

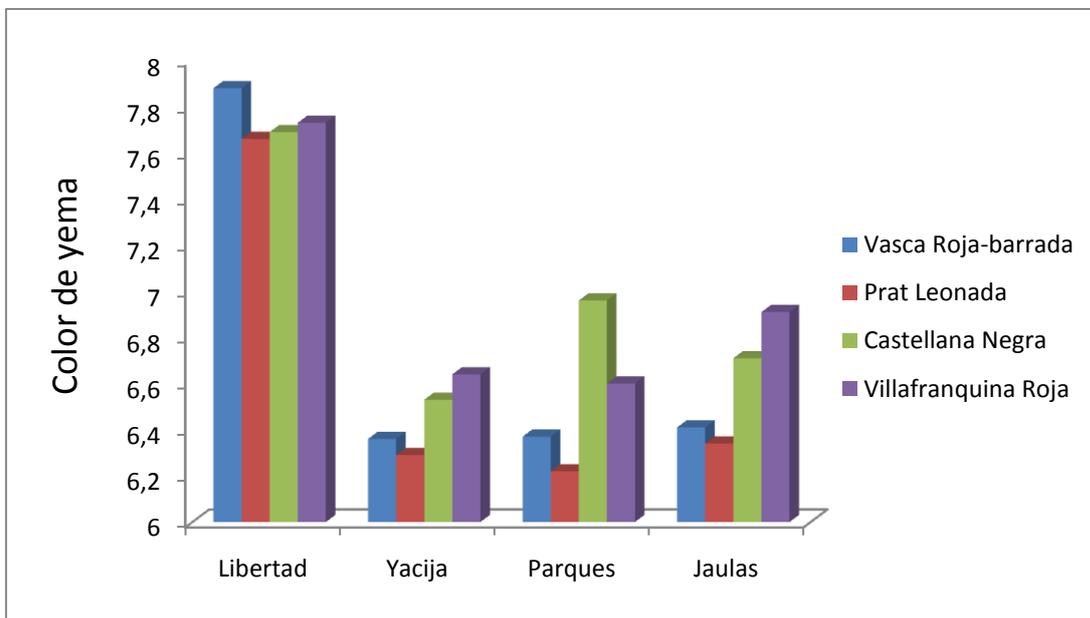


Figura 67: Medias de color de yema en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos

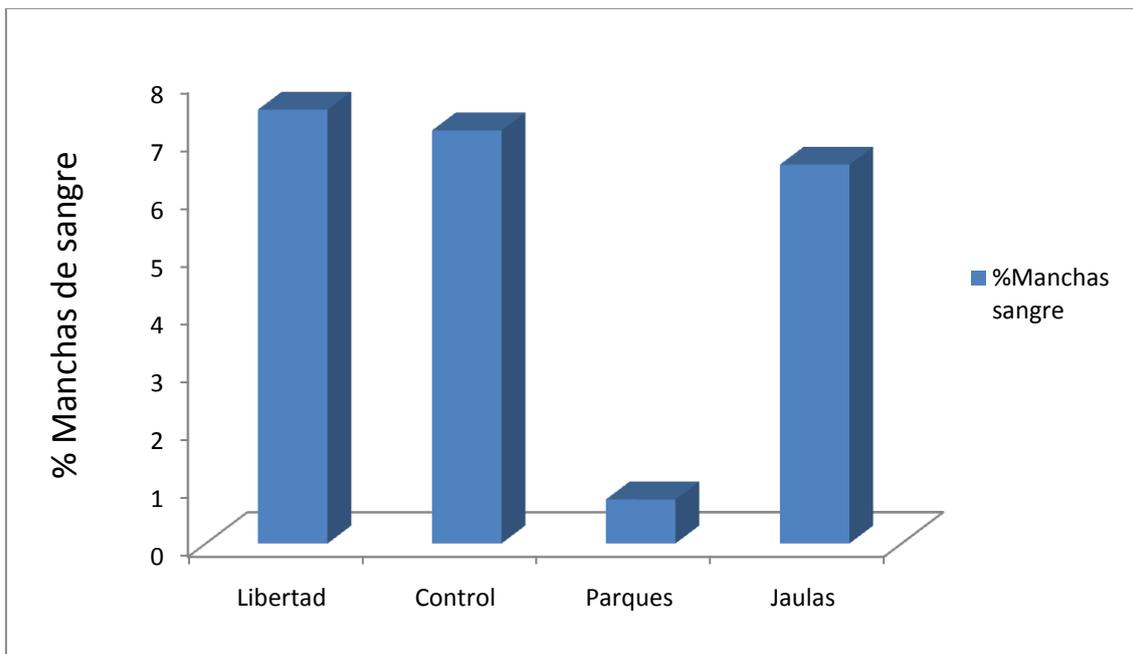


Figura 68: Porcentajes de manchas de sangre en cuatro alojamientos

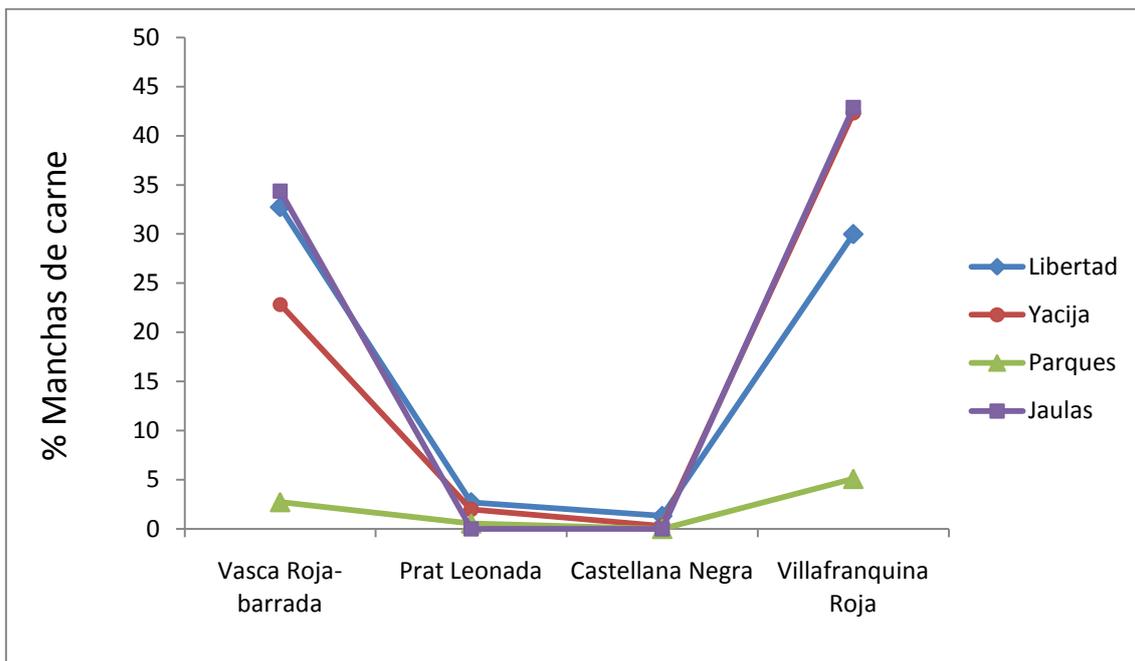


Figura 69: Porcentajes manchas de carne en cuatro alojamientos y en cada una de las razas

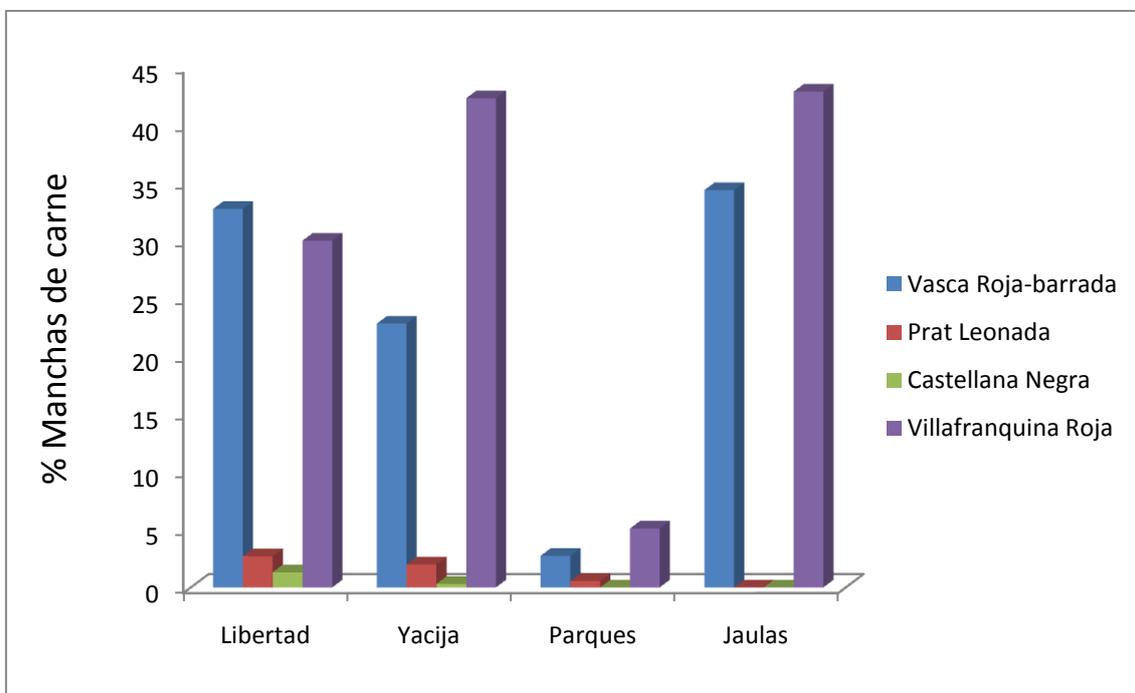


Figura 70: Porcentajes de manchas de carne en cuatro razas y en cada uno de los alojamientos