



Universidad de Córdoba

*Facultad de Veterinaria
Departamento de Genética*

*CARACTERIZACIÓN COMPARADA DE
LAS GALLINAS BALEARES*

*TESIS DOCTORAL:
Yolanda Méndez Tur*

2012

CARACTERIZACIÓN COMPARADA DE LAS GALLINAS BALEARES

TITULO: *CARACTERIZACIÓN COMPARADA DE LAS GALLINAS BALEARES.*

AUTOR: *YOLANDA MÉNDEZ TUR*

© Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba.
Campus de Rabanales
Ctra. Nacional IV, Km. 396 A
14071 Córdoba

www.uco.es/publicaciones
publicaciones@uco.es

Memoria para optar al grado de Doctor en Veterinaria.
Programa de Doctorado: Zootecnia y Gestión Sostenible.
Línea de Investigación: Conservación de Recursos Genéticos Animales.
Departamento: Genética.

Presentada por:

Yolanda Méndez Tur

Director de tesis:

Dr. Amadeu Francesch i Vidal

Director del Subprograma de Genética Avícola
Centro de *Mas de Bover*
Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya (IRTA)

Tutor de tesis:

Dr. Juan Vicente Delgado Bermejo

Profesor Titular
Departamento de Genética.
Facultad de Veterinaria
Universidad de Córdoba (UCO)



TÍTULO DE LA TESIS: CARACTERIZACIÓN COMPARADA DE LAS GALLINAS BALEARES

DOCTORANDA: Yolanda Méndez Tur

INFORME RAZONADO DEL/DE LOS DIRECTOR/ES DE LA TESIS

(se hará mención a la evolución y desarrollo de la tesis, así como a trabajos y publicaciones derivados de la misma).

La tesis plantea unos objetivos iniciales de caracterizar comparativamente las razas de gallinas baleares. Se trata de una comparación abordando la morfología, la productividad y la diversidad genética. Ha sido desarrollada en tres fases partiendo de unos mismos animales sobre los que en cada momento la doctoranda ha diseñado una metodología correcta, en función de los medios disponibles, para dar respuesta a los objetivos específicos del apartado correspondiente. Así mismo, la doctoranda ha estudiado y hecho uso de la metodología estadística adecuada en cada caso para responder de forma científica a las hipótesis planteadas de diferenciación entre razas. En cada apartado ha procurado una discusión que permite ver la situación de las razas en estudio dentro del conjunto de razas de gallinas españolas estudiadas en otros trabajos.

La tesis tiene mucho contenido publicable, del que hasta el momento se ha publicado información referente a la caracterización morfológica en la revista Archivos de Zootecnia.

Por todo ello, se autoriza la presentación de la tesis doctoral.

Córdoba, __12__ de __Junio__ de __2012__

Firma del director

Fdo.: __Amadeu Francesch Vidal__

A mi madre, Victoria
A mi hermana, Sabrina
A todos mis amigos

“...No te aferres a una ilusión, atrévete a luchar, con ese esfuerzo lograrás cumplir tu misión, convirtiendo la ilusión en realidad...”

Miguel Visurraga Sosa

AGRADECIMIENTOS

Como alguien dijo alguna vez “el trabajo en equipo es el combustible para el vehículo del logro...” y en este caso, esta tesis no habría sido posible sin ello. Son tantas las personas e instituciones a las que querría expresar mi gratitud, que es posible que pudiera dejarme a alguna, y por si fuera el caso, pido ya por ello, disculpas de ante mano.

En primer lugar quisiera agradecer a mi tutor, el Dr. Juan Vicente Delgado Bermejo así como a Sergio Nogales y a María Miró por su inestimable ayuda administrativa y logística, a la vez que su apoyo, sin la cual la consecución de esta tesis no habría sido posible.

Al *Patronat de Races Autòctones de les Illes Balears (PRAIB)*, al *Institut de Biologia Animal de les Illes Balears (IBABSA)* al *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya (IRTA)*, al *Consell Insular d'Eivissa (CIE)* así como a las tres asociaciones de criadores de las tres razas de gallinas baleares, por ser los responsables de llevar a cabo el proyecto y poner los medios para que esta tesis fuera posible.

Concretamente quisiera manifestar mi agradecimiento al centro IRTA de *Mas de Bover* por hacer posible las dos estancias que realicé y por brindarme la posibilidad de usar su infraestructura y los medios que tienen al alcance los demás investigadores.

A la Federación Pitiusa de Razas Autóctonas (FEPIRA) y a todos los ganaderos participantes en los programas de conservación de estas razas que a pesar de las circunstancias, siempre me han animado a iniciar y a acabar este proyecto. Mi cariñoso agradecimiento también a Angi por todo su apoyo y amistad.

Quisiera agradecer también de forma especial a Àgueda Pons y a Xavier Farrés, ambos trabajadores del IBABSA en el inicio de esta tesis, por su predisposición a ayudarme y colaborar en todo lo necesario para que esta tesis viera la luz. A ellos, ahora ya en calidad de amigos, quisiera agradecerles también su apoyo y ánimo para que llevara a cabo este proyecto.

A mis compañeros de la delegación de Baleares de la ONG Veterinarios Sin Fronteras, por su apoyo en estos últimos años de mi vida en los que he realizado este proyecto.

A Montse Cartaña, Núria Tous y Marta Ribas del IRTA. A la primera, por ser la persona con la que me he adentrado en el mundo de la genética de poblaciones y programas informáticos de genética, de la que he recibido una grata ayuda, además de ser la persona que podía comprenderme en los momentos de frustración y desconcierto que han ido derivándose de ello, y con la que también he compartido alegrías en los momentos de éxito relacionados con estos aspectos. Este trabajo con las razas de gallinas Baleares, es en parte también mérito suyo. Y a las tres en general, puesto que con ellas compartí despacho durante mis meses de estancia en el IRTA de Mas de Bové, por haberme otorgado su amistad y por haber hecho posible que parte del día a día de esta tesis fuera más ameno y llevadero.

Al Departamento de Mejora Genética de la Universidad Autónoma de Barcelona, al Dr. John Nelson Infante, y Dra. Ainhoa Ferrando por su útil ayuda con los programas estadísticos y de genética.

Al Dr. Werner Howad del IRTA, *Consorcio CSIC-IRTA-UAB (Centre de Recerca en Agrigenòmica)*, por su colaboración en el análisis de marcadores microsatélites y su disponibilidad para ayudarme en la comprensión de la técnica de la PCR y lectura de los resultados de los análisis de marcadores.

A la Dra. M^a José Aranzana, también del IRTA, *Consorcio CSIC-IRTA-UAB (Centre de Recerca en Agrigenòmica)*, por la ayuda ofrecida para el uso del programa Structure.

No podría tampoco describir con palabras el agradecimiento a mi director, el Dr. Amadeu Francesch, sin el cual nada de esto nunca habría sido posible. Tanto a la figura de director, por el tipo de valores con los cuales desarrolla esta tarea, por su exhaustiva revisión y corrección del trabajo y por haber siempre hecho todo lo que ha estado a su alcance para facilitarme los medios para llevar a término esta tesis. Pero también es un agradecimiento hacia su persona, por su gran calidad humana, por haber sido siempre un gran apoyo para mí en los momentos difíciles de esta tesis y por haber sido un excelente compañero tanto en etapas agradables como en las críticas y difíciles que hemos compartido en el entorno de la conservación de las razas de gallinas baleares que han forjado como consecuencia, un vínculo sólido y fuerte entre nosotros. *Un cop més, eternament gràcies Amadeu.*

Quisiera dedicar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas, que no habiendo participado directamente en la tesis propiamente dicha, tampoco habría sido posible acabarla sin ellas.

A toda la gente que a día de hoy, tengo la suerte de considerar amigos, que me han apoyado incondicionalmente con este proyecto desde el principio y que nunca han dejado de confiar en mi capacidad para llevarlo a cabo.

A todos ellos mi eterno agradecimiento y la dedicación de esta tesis, ellos saben quienes son.

A toda mi familia, abuelas, tías y tíos, primas y primos, de la cual siempre he recibido mensajes de ánimo y fuerzas para llevar a término este proyecto.

A mi hermana, que siempre me ha manifestado su apoyo en toda iniciativa que he realizado. Por sentir y difundir ese orgullo por mi persona y trabajo, a pesar de yo haber sacrificado por este proyecto, muchos momentos especiales e importantes en su vida. A ella también quisiera dedicar esta tesis.

Finalmente, quisiera agradecer y dedicar principalmente esta tesis a mi madre, por la confianza que siempre ha manifestado en mí y la libertad que siempre me ha brindado para decidir mi camino por mi misma, pues es en gran parte gracias ella el que sea la persona en que me he convertido y que ha sido capaz de haber llevado a cabo este proyecto. *No encontraría las palabras suficientes para expresar la gratitud que siento por el apoyo que me has dado, así que no las escribiré, sólo quiero que sepas mami que esta tesis es también trabajo tuyo.*

RESUMEN

RESUMEN

El archipiélago balear, por su aislamiento geográfico es una comunidad autónoma dotada de una amplia diversidad de razas ganaderas. Su condición insular hace que en cada una de las islas que lo integran existan diferentes razas autóctonas. Sin embargo, el modelo de producción industrial surgido durante la segunda mitad del s. XX, supuso la aparición de razas ganaderas con mayor capacidad productiva que fueron sustituyendo a esas razas autóctonas, relegándolas a un estado crítico que comprometía su existencia.

En lo que se refiere a aves de corral, en las Islas Baleares existen actualmente tres razas de gallinas oficialmente reconocidas por el Estado Español, categorizadas las tres como en Peligro de Extinción: la gallina Menorca, la gallina Mallorquina y la gallina Ibicenca, originarias cada una de las islas Menorca, Mallorca e Ibiza respectivamente. Las dos primeras consiguieron su reconocimiento oficial en el año 2004, en base al RD 1687/1997 con la orden APA/3280/2004, mientras la gallina Ibicenca ha sido incorporada al Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España más recientemente, en junio de 2011 (BOE núm. 39 del 15 de febrero de 2012, Orden AAA/251/29/2012 del 9 de febrero por la que se modifica el Anexo I del RD 2129/2008 de 26 de diciembre).

Si nos basamos en la normativa existente sobre programas de conservación de razas en peligro de extinción en el Estado Español (RD 1682/1997, RD 997/1999, RD 1366/2007 y RD 2129/2008), derivadas de las bases establecidas en dicha materia en la Unión Europea previo seguimiento de las recomendaciones de la FAO, se exige para cada una de estas poblaciones, la realización de estudios que contemplen sus aspectos etnológicos, zootécnicos y productivos, así como su caracterización morfológica, reproductiva y genética.

Así, los trabajos y actuaciones realizadas desde de mayo de 2008 a mediados del 2011, forman parte de un Proyecto de Caracterización Comparada de las tres razas de Gallinas Baleares, a nivel morfológico, productivo y genético, el cual ha dado lugar a la presente tesis doctoral y que ha contado con la participación de las asociaciones de criadores de las tres gallinas baleares y tres instituciones: *Institut de Biologia Animal de les Illes Balears* (IBABSA), *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya* (IRTA), *Patronat per a la Recuperació i Defensa de les Races Autòctones de les Illes Balears* (PRAIB) y en alguna de sus fases, del *Consell Insular d'Eivissa* (CIE).

Los animales a partir de los cuáles se realizó dicha caracterización comparada nacieron de huevos provenientes de cada una de las tres islas según su raza y fueron aportados por cada una de las tres asociaciones de criadores. Se llevaron a cabo tres tandas de

incubaciones de huevos de las tres razas, teniendo lugar tres nacimientos o lotes, dos en la isla de Mallorca y uno en la isla de Menorca.

La **caracterización morfológica** se llevó a término a partir de la realización de un estudio zoométrico en el que se utilizaron 42 gallinas de la entonces agrupación racial de Gallina Ibicenca, 42 gallinas de la raza Menorca y 42 gallinas de la raza Mallorquina (variedad *Trigueña Paja*) de 52 semanas de vida. Se tomaron un total de 26 medidas por animal, divididas en varias categorías según la región corporal del ave: cabeza, cuello, tronco, extremidades, y las características generales, y se calcularon 8 índices corporales, mediante una adaptación del método de caracterización morfológica propuesto por Francesch et al.

Todas estas medidas se trataron como variables dependientes, estudiándose el factor Raza, con tres niveles: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA), mediante el procedimiento *General Lineal Model (GLM)* del paquete estadístico SAS 9.1 con un nivel de significación de 0,05. También se usó este mismo paquete estadístico para calcular el coeficiente de correlación de Pearson mediante el procedimiento *Correlation* para establecer la correlación entre las 26 medidas zoométricas en cada raza, aceptándose también para dicho cálculo un nivel de significación de 0,05, además de para realizar el análisis de las componentes principales (ACP) y calcular la distancia de Mahalanobis entre razas por medio del procedimiento *Candisc*. El árbol de las distancias de Mahalanobis se construyó usando la versión 4 del programa MEGA.

La aplicación de este método zoométrico nos ha permitido establecer diferencias generales entre las tres razas de gallinas baleares.

En cuanto a la región corporal, la gallina Ibicenca ha resultado ser la más pesada, registrando un peso de 2442 g., superando en más de 300 g. el de la gallina Menorca y en casi 700 g. el de la Mallorquina. La raza Menorca ha sido la que ha mostrado unas proporciones más alargadas, mientras que la Mallorquina, ha resultado ser la más ligera y la de menor tamaño. Si prestamos atención a la región craneal, la Menorca ha presentado el mayor tamaño tanto de cresta y orejillas como la mayor longitud de barbillas, marcando una clara diferencia con respecto a las otras dos gallinas baleares. Atendiendo a los resultados obtenidos en las correlaciones simples de diferentes medidas zoométricas, se han encontrado 23 correlaciones significativas comunes en las tres razas de gallinas baleares de las 312 calculadas. Entre las razas Menorca e Ibicenca se han hallado 18 correlaciones significativas comunes, mientras que entre las razas Mallorquina e Ibicenca se han obtenido 6 y entre la Menorca y la Mallorquina únicamente 5. La gallina Ibicenca

ha mostrado el mayor número de correlaciones significativas en las que las otras dos razas no han presentado ninguna correlación, concretamente 57, mientras que en la Menorca han sido 37 y en la Mallorquina, 22.

El análisis canónico de componentes principales realizado ha determinado la existencia de dos factores, el I y II, que explican el 100% de la varianza obtenida. El factor I, el cual determina la diferenciación entre la gallina Menorca y las otras dos, ha explicado el 75,64% de la variabilidad, siendo las variables longitud y anchura de las orejillas y longitud del ala plegada las que han contribuido en mayor medida a esa diferenciación. El factor II, el cual determina la diferenciación entre la gallina Mallorquina y la Ibicenca, ha explicado el 24,36% de la varianza observada, siendo el peso y las medidas tarsales las variables que más han influido en dicha diferenciación.

Los resultados derivados del análisis canónico de las componentes principales y del cálculo de las distancias de Mahalanobis plasman una diferenciación de la raza Menorca con respecto a las otras dos razas baleares, que han resultado estar más próximas pero perfectamente diferenciadas la una de la otra.

La **caracterización productiva en crecimiento y puesta** se ha llevado a cabo a partir de 733 pollitos obtenidos en los tres nacimientos anteriormente mencionados. De éstos, 257, 231 y 245 pollitos pertenecían respectivamente a las razas Ibicenca, Mallorquina y Menorca. Se realizaron pesadas individuales de todos los animales, durante las dos primeras semanas de vida cada media semana y a partir de las dos semanas, una vez a la semana hasta la semana 20.

Tras haber formado los lotes conjuntos de gallinas y gallos seleccionados, se pesaron todos ellos individualmente a las 26, 31, 52 y 72 semanas de vida. La determinación del consumo se realizó una vez por semana hasta la semana 20 en pollitas y hasta el momento en que los pollos consiguieron el peso mínimo comercial para el sacrificio, estipulado en torno a los 2,2 Kg, y a las 26, 31, 52 y 72 semanas. En los gallos, los registros de consumo, junto a los de peso, se emplearon para realizar el cálculo del índice de conversión (IC) en las tres razas hasta la semana 20 de vida.

En cuanto a la puesta, se registraron las semanas en las que tuvieron lugar los inicios de puesta de la manada para cada una de las razas en los tres nacimientos así como también el porcentaje semanal de puesta, pesándose los huevos de todos los lotes en el día en que las gallinas cumplían cada semana de edad desde el inicio de puesta hasta la semana 72. A partir de estos controles se calculó el número de huevos puesto por gallina,

el peso promedio de los huevos y el índice de conversión por cada docena de huevos en los tres nacimientos y en las tres razas.

Para estudiar el crecimiento se utilizó la función de Richards, calculando los parámetros propios de dicha función, entre los cuales se encuentra el peso a la madurez (A) y los derivados de ésta, edad para la cual la tasa de crecimiento es máxima (T_i), peso en la edad T_i (W_i), y el grado de madurez a una determinada edad t (u_t). Para obtener las estimaciones de los parámetros propios de la función de Richards se aplicó el procedimiento *nlin* del paquete estadístico SAS 9.1.

Así mismo, se realizó un análisis de la varianza para muestras no equilibradas de los factores Raza y Lote para las variables A , T_i y W_i mediante el procedimiento *Global Linear Model (GLM)* del paquete estadístico SAS 9.1. Para obtener el grado de madurez para gallos y gallinas de cada raza y lote, se calcularon los parámetros propios medios de dicha función en cada caso mediante el procedimiento *Means* del SAS. En los gallos se calculó el grado de madurez de cada lote y raza al peso aproximado de sacrificio, basándonos en el promedio del lote y en las hembras, el grado de madurez al inicio de puesta y pico de puesta.

Las diferencias entre razas y lotes se estudiaron mediante el procedimiento *GLM* del paquete estadístico SAS 9.1. En referencia a la caracterización de la puesta, se analizó el peso del huevo mediante la función de Gompertz también con el procedimiento *GLM* del SAS 9.1, considerándose tres factores: Raza, Lote y Edad y sus correspondientes interacciones.

La raza Ibicenca ha resultado ser la más pesada así como la que ha logrado un peso a la madurez (A) más elevado, siendo éste último de 3,5 Kg. en los gallos y 2,7 Kg. en las gallinas. En la Menorca estos valores han sido de 2,6 y 2,1 Kg. para gallos y gallinas respectivamente, mientras que para la Mallorquina han sido de 2,2 y 1,6 Kg.

Los gallos de la raza Ibicenca han alcanzado los 2,1 Kg. de peso vivo a las 16 semanas, los de la Menorca a las 20 y los de la Mallorquina a la 26. La raza Ibicenca ha tenido mayor consumo individual acumulado e individual diario, tanto en gallos como en gallinas, seguida en orden por la Menorca y finalmente, el menor consumo lo ha mostrado la Mallorquina. Aún consumiendo una mayor cantidad de pienso total, los gallos de la raza Ibicenca han obtenido un mejor IC, que ha sido de 4,06 en la semana 16. La raza Menorca ha mostrado un IC de 5,25 en la semana 20, mientras que la Mallorquina en esa semana no ha conseguido llegar a ese peso mínimo, registrando 1,776 Kg. con un IC de

5,44. Estos resultados designan a la raza Ibicencas como la más capacitada de las tres para una producción cárnica alternativa de tipo extensivo.

Los gallos y gallinas de la raza Ibicencas han manifestado también un peso en el punto donde la velocidad de crecimiento es máxima (W_i) de 1340 g. y 895 g, que ha resultado significativamente superior al de la raza Menorca, el cual ha sido de 975 y 745 g., siendo éste a su vez significativamente mayor al presentado por la Mallorquina, que ha sido de 940 y 600 g. para los gallos y gallinas respectivamente.

No se han observado diferencias entre razas en relación a la edad a la que alcanzan el máximo crecimiento (T_i) ni para los gallos ni para las gallinas, estando este parámetro comprendido entre los 74 y los 80 días para los gallos, y entre los 74 y los 78 días, para las gallinas.

La raza Mallorquina ha mostrado un grado de madurez en el momento en que los gallos alcanzan el peso mínimo de sacrificio (u_{ps}), del 94% aproximadamente, siendo significativamente superior al 86% de la Menorca y al 66% de la Ibicencas.

Las gallinas de las tres razas baleares parecen presentar aproximadamente el mismo grado de madurez al inicio de la puesta (u_{ip}) y en el pico de puesta (u_{pp}), el cual ha sido del orden del 87 y 94% respectivamente. La raza Ibicencas ha resultado ser la que ha mostrado el inicio de puesta promedio de la manada más temprano, siendo éste a las 25 semanas, aunque el de la Mallorquina ha resultado muy similar, a las 25,3 semanas, mientras que el de la raza Menorca ha sido posterior, a las 27 semanas.

También ha sido la Ibicencas la que ha registrado el mayor pico de puesta, un 63,75% en la semana 39. La Menorca lo ha tenido también en esa misma semana, pero menor, siendo éste del 58,18%. Por el contrario, la raza Mallorquina ha tenido su pico de puesta dos semanas más tarde y éste ha sido aún sensiblemente menor, 35,14 %.

La raza Ibicencas ha presentado una puesta acumulada de 146,15 huevos en la semana 72, la raza Menorca de 129,11, mientras que la de la raza Mallorquina ha sido de 84 huevos. En cuanto al peso del huevo, la Ibicencas ha logrado valores en torno a los 62 g., la Menorca de 58 g. y los de la Mallorquina han superado ligeramente los 50 g.

A pesar de haber sido la raza Ibicencas la que ha experimentado el mayor consumo acumulado e individual diario en la semana 72, así como el mayor consumo medio a lo largo de su vida productiva, ha resultado ser la raza Menorca la que ha presentado el mejor IC (Kg. pienso/docena de huevos) al final del control realizado en esa semana 72, el cual ha sido de 4,87. La Ibicencas y Mallorquina han manifestado IC en puesta de 5,02 y 6,29 respectivamente en esa misma semana.

Para la **caracterización genética** se obtuvo sangre de 48 aves de raza Menorca, 46 de raza Ibicenca y 47 de raza Mallorquina y se usó un panel inicial de 29 microsatélites. Sin embargo, el microsatélite MCW0206 no se amplificó en las razas baleares y finalmente se usaron 28. De estos, 15 se extrajeron del marco del proyecto Europeo AVIANDIV y los 13 restantes a partir del Genebank.

Los datos genéticos obtenidos fueron analizados con el software informático Genealex 6 para estimar los parámetros de diversidad genética: número medio de alelos (N_a), número efectivo de alelos (N_{ae}), número de alelos únicos (N_{au}), así como las frecuencias alélicas para las tres razas de gallinas baleares. La riqueza alélica ($A[g]$), corregida según el método de Rarefacción para los 20 individuos de los cuales se posee información para todos los marcadores, fue calculada para cada una de las razas baleares mediante el software FSTAT 2.9.3.

Se realizó el análisis de la varianza molecular (AMOVA) y se calcularon los valores de F_{is} por cada locus y raza, y globales por raza comprobando su diferenciación de 0 con un nivel de significación 0,05, mediante el programa Arlequin v. 3.5. Con este mismo programa se calcularon también las distancias genéticas entre las tres razas, usándose como medida de ésta los F_{ST} pareados, concretamente la adaptación que suponen de este parámetro F_{ST} , las distancias genéticas de Reynolds, con 10000 permutaciones y un nivel de significación del 0,05.

Para el cálculo de la heterocigosidad observada (H_o) y esperada (H_e) para todos los loci en cada una de las tres poblaciones baleares así como la global para cada población y la realización del análisis factorial de correspondencias (AFC), se usó el programa Genetix v. 4.03. La distancia genética estándar de Nei (D_s) y el PIC (*Polimorphic Information Content*) global para todos los marcadores y para cada una de las tres razas de gallinas baleares se calcularon mediante el programa Molkin v. 3, construyéndose a partir de esas distancias obtenidas, el dendrograma o árbol filogenético mediante el método de Neighbor-Joining (N-J) con el programa MEGA 5.1.

Se detectó el número más probable de poblaciones (K) mediante el software Structure v. 2.3 y la aplicación del método descrito por Evanno et al. Se usó el modelo *admixture* con frecuencias alélicas correlacionadas. Para este caso se fijaron 100.000 iteraciones (*burnin length*) y 1.000.0000 iteraciones MCMC (cadenas de Markov y Monetcarlo), de $2 \leq K \leq 8$. Así, se realizaron 20 simulaciones por cada K y a partir de éstas mediante el programa CLUMPP, se llevó a cabo una comparación pareada y la alineación más correcta

resultante de entre el total de simulaciones para cada K. Paralelamente también se llevó a término mediante este programa una estimación de la K más probable. Las soluciones con una similitud de coeficientes \geq al 95% se consideraron idénticas. La K que resultó tener un mayor porcentaje de soluciones idénticas se consideró como la más probable. Los distintos patrones poblacionales se visualizaron mediante el uso del software Distruct. A pesar de que el número efectivo promedio de alelos (N_{ae}) ha resultado similar para las tres razas baleares, ha sido la raza Ibicenca la que ha presentado el mayor valor de N_a , siendo este de 4,9, seguida de la Mallorquina que lo ha tenido de 4,3. Finalmente, la raza Menorca ha sido la que lo ha mostrado menor, siendo éste de 4 aproximadamente. La raza la Ibicenca también ha resultado tener el valor más elevado de riqueza alélica ($A[g]$) siendo ésta de 4,5 aproximadamente, viéndose secundada por la Mallorquina con un valor de 3,8 y por último, por la Menorca, que ha obtenido 3,6.

En cuanto a datos relativos a polimorfismo, las razas Ibicenca y Mallorquina lo han presentado elevado en todos los loci, siendo éste del 100%, mientras que en la Menorca ha sido del 96,43%. Un total de 69 alelos únicos han sido encontrados de los 369 existentes entre las tres razas baleares, lo que supone un 18,70%. La Ibicenca ha presentado el mayor porcentaje de alelos únicos (20,44%), seguida de la Menorca (19,82%), y por último, la Mallorquina, que ha registrado un 15,70%. De estos 69, un total de 7 han mostrado una frecuencia superior al 20%, 2 en la raza Menorca, 2 en la Ibicenca y 3 en la Mallorquina. El alelo 250 del locus MCW103 ha sido el que se ha presentado con mayor frecuencia, y lo ha hecho en la raza Mallorquina en un porcentaje del 46,8%.

Los valores de PIC para cada marcador teniendo en cuenta a las tres razas baleares en conjunto se han comprendido entre 0,122 (presentado por el MCW0248) y el 0,818 (hallado en el MCW0034), mientras que el valor medio del total de marcadores ha radicado en 0,564. El PIC promedio en la raza Ibicenca ha sido de 0,401, y para las razas Mallorquina y Menorca, de 0,345 y 0,315, respectivamente.

La raza Mallorquina ha mostrado una H_o de 0,52, la de la raza Ibicenca ha sido de 0,51, mientras que la Menorca ha presentado un valor de ésta de 0,42. Para la raza Mallorquina, la H_e ha sido de 0,53, mostrando un valor de F_{IS} (0,0238) que no se ha diferenciado significativamente de 0 y por tanto, podemos considerar que se trata de una población cercana al equilibrio H-W. Por el contrario, las razas Menorca e Ibicenca, que han obtenido una H_e de 0,48 y 0,58 respectivamente, han manifestado valores de F_{IS} (0,1008 y 0,1180 respectivamente) que han diferido significativamente de 0, indicando ello

la existencia de un efecto de población cerrada con cierto nivel de endogamia y sin control dirigido de apareamientos.

En cuanto a las distancias genéticas, tanto los F_{ST} como las D_s de Nei han resultado significativamente diferentes de 0 en todos los casos. La D_s de Nei comprendida entre las razas Menorca y Mallorquina (0,356) ha sido significativamente mayor que las otras dos, de la misma forma que ocurría en el F_{ST} , pero para la cual no se podía aportar evidencia estadística de la significación. La distancia existente entre las razas Mallorquina e Ibicenca (0,348) ha sido significativamente menor a la anterior, y la obtenida entre la Menorca y la Ibicenca (0,312), ha resultado la menor de todas ellas. El dendrograma de N-J ha permitido apreciar una mayor diferenciación genética de la raza Mallorquina con respecto al subgrupo formado por las razas Menorca e Ibicenca, pero sin obviar la marcada separación entre estas dos razas, que queda patente de forma notable en el AFC. El número más probable de poblaciones ha resultado ser 3 ($K=3$), corroborándose así nuestra hipótesis inicial de la existencia de tres poblaciones bien diferenciadas de gallinas en el archipiélago balear, equivalentes, por tanto, a las razas Menorca, Mallorquina e Ibicenca, tal como han evidenciado complementariamente los datos productivos y zoométricos estudiados.

ABSTRACT

The Balearic archipelago due to its geographic isolation is a region with plenty of farming breeds. As its condition of islands; different indigenous breeds exist in each of them.

However, the model of industrial animal production created during the second half of the 20th century, caused the development of farming breeds with higher productive capacities, which replaced the indigenous breeds, becoming these breeds in a critical situation of huge risk of extinction.

Related to poultry, in the Balearic Islands there are nowadays three hen breeds officially recognized by the Spanish Government, all of three designed as in Danger of Extinction: *Menorca* (called Minorca in English areas), *Mallorquina* and *Ibicenca*, being these ones native from the islands Minorca, Majorca and Ibiza respectively.

The first two gained their official recognition in 2004, based on the *RD 1687/1997* with the order *APA/3280/2004*, whereas the *Ibicenca* has been incorporated to the *Official Catalogue of Spanish Farming Breeds* more recently, in June 2011 (BOE number 39 of 15th February 2012, order *AAA/251/29/2012* of 9th February that causes the modification of the Annex I of *RD 2129/2008* of 26th December).

If we base on the current regulations concerning programs of conservation related to endangered breeds in Spain (*RD 1682/1997*, *RD 997/1999*, *RD 1366/2007* and *RD 2129/2008*), derived from the grounds in this subject that established the European Union, which previously followed FAO recommendations, it is demanded for each of these populations, that studies including ethnological, zootechnical and productive aspects and its morphological, reproductive and genetic characterization are carried out.

In this way, the tasks and actions executed from May 2008 until the middle of 2011 were included as a part of a Project called Comparative Characterization of the three Balearic hen breeds, that was performed at three levels: morphological, productive and genetic. This project has given rise to the current thesis and has counted on the participation of three associations of breeders, one for each Balearic hen breed, and three institutions: *Institut de Biologia Animal de les Illes Balears* (IBABSA), *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya* (IRTA), *Patronat per a la Recuperació i Defensa de les Races Autòctones de les Illes Balears* (PRAIB), and in some stage of the project, of the *Consell Insular d'Eivissa* (CIE).

The animals that were used for this Project of Comparative Characterization were born from eggs originated in each of the islands according to its breed, and were provided by the three associations of breeders.

Three batches of incubations were conducted, originating three hatchings or sets, two in the island of Majorca and one in the island of Minorca.

The **morphological characterization** was done from the execution of the zoometric study of 42 hens of the racial group that formed the *Ibicenca* at the moment of the experiment, 42 hens of *Menorca* breed and 42 hens of *Mallorquina* breed (variety Wheather Straw-coloured) of 52 weeks of life.

A total of 26 measurements per animal were conducted, divided in different categories depending on the corporal region of the fowl: head, neck, body, extremities, and general characteristics, and 8 corporal indexes were calculated, with an adaptation of the method of morphological characterization proposed by Francesch et al.

All these measurements were treated as dependent variables; Breed factor was studied with three levels: *Ibicenca* (IB), *Menorca* (ME) and *Mallorquina* (MA), using *General Lineal Model (GLM)* procedure of statistical package SAS 9.1 with a significance level of 0,05. The same statistical package was used to calculate the Pearson correlation coefficient with the procedure *Correlation* to establish the correlation among the 26 zoometric measurements in each breed, accepting for that also a level of significance of 0,05, and to conduct the Principal Components Analysis (PCA) and calculate the Mahalanobis distance among breeds by means of *Candisc* procedure. The tree representation of the Mahalanobis distances was built using the version 4 of the MEGA program.

The application of this zoometric method has allowed us to establish general differences among the three Balearic hen breeds.

Related to the corporal region, the *Ibicenca* hen has turned out to be the heaviest one, it has scored a weight of 2442 g., being 300 g. heavier than the *Menorca* and almost 700 g. heavier than the *Mallorquina*. *Menorca* hen has shown the most elongated proportions, whereas *Mallorquina* has proved to be the lightest and smallest one.

If we take the head area into account, *Menorca* hen has presented the biggest size of comb and ear lobes and the longest wattles, making a clear difference to the other two Balearic hens.

Consulting the results obtained in simple correlations of the different measurements, 23 common significative correlations have been found in the three Balearic hens. 18 significative correlations have been found between *Menorca* and *Ibicenca* 18, whereas 6 have been presented between *Mallorquina* and *Ibicenca*, and between *Menorca* and *Mallorquina* only 5.

Ibicenca hen has shown the highest number of significative correlations that any of the other two breeds has presented, 57, whereas in *Menorca* have been 37 and in *Mallorquina*, 22.

The canonic Principal Components Analysis (PCA) has determined the presence of two factors, I and II, which explain the 100% of the obtained variance. Factor I, that states the differentiation of the *Menorca* from the other two Balearic hens, has explained the 75,64% of the variability, being the variables length and width of the ear lobes and folding wing length, those which have most contributed to create that differentiation. Factor II, that determines the differentiation between *Mallorquina* and *Ibicenca*, has explained the 24,36% of the existing variance, being the weight and the tarsal measurements the variables that have had the biggest influence to cause this differentiation.

The results derived from the PCA and the calculation of Mahalanobis distance have expressed that *Menorca* hen has differed from the other two Balearic hens, that have proved to be closer, but perfectly distinguished one from other.

The **productive characterization of the growth and lay** has been conducted from 733 chicks obtained in the three hatching that had been referred before. Of these, 257, 231 and 245 chicks belonged to the *Ibicenca*, *Mallorquina* and *Menorca* breeds respectively.

All the animals were individually weighted, firstly, every half a week during the first two weeks of life, and then from that point, once a week until the week 20 of life.

After forming the sets of joint selected hens and cockerels, they were weighted individually at 26, 31, 52 and 72 weeks of life. The register of feed consumption was made once a week until the hens got 20 weeks and until the moment cockerels achieved the minimum commercial weight of about 2,2 Kg. In cockerels, the consumption and weight registers, were used to calculate the feed conversion indexes (IC) in the three breeds until week 20 of life.

If we pay attention to the lay, the concrete week when the lay started in the herd and the weekly percentage of lay for each of the three Balearic breeds in the three hatchings were registered. The eggs of the three sets were weighted in the day that hens got each week of age until the week 72. From these registers, the number of eggs laid by hen, the average weight of eggs and the feed conversion index for each dozen of eggs were calculated in the three hatching and for the three breeds.

In object to study the growth, the Richards function was used, calculating its own parameters as weight at maturity (A), and those derived from it, as the age when the rate of growth is maximum (T_i), weight at that age T_i (W_i) and the degree of maturity at an age t

(u_t). To achieve the estimates of the own parameters of the Richards function the procedure *nlin* of the SAS 9.1 statistical package was used.

An analysis of variance to non balanced samples of Breed and Set factors to the A, T_i and W_i variables was also done by means of the procedure *global linear model (GLM)* of the statistical package SAS 9.1. To obtain the degree of maturity for cockerels and hens of each breed and set, the average of the own parameters of the Richards model in each case were calculated using the procedure *Means* of the SAS. For cocks, was calculated the degree of maturity at the age of slaughtering, based on the average of the set. At hens, the degree of maturity at the start of lay and the peak of lay.

The differences between breeds and sets were studied using the *GLM* procedure of SAS 9.1 statistical package. If we refer to the lay characterization, the weight of the egg was analysed using the Gompertz model using also the *GLM* procedure of SAS 9.1, considering three factors: Breed, Set and Age and its corresponding interactions.

The *Ibicenca* breed has proved to be the heaviest and the one that has achieved the highest weight at maturity (A), being this value 3,5 Kg. for cocks and 2,7 Kg. for hens. In the *Menorca* breed these values have been 2,6 and 2,1 Kg. for cocks and hens respectively, whereas for the *Mallorquina* have been of 2,2 and 1,6 Kg.

The *Ibicenca* cocks have achieved the 2,1 Kg. of living weight at 16 weeks, those from *Menorca* at 20 and those from *Mallorquina* at 26 weeks.

The *Ibicenca* has had the highest accumulated and daily individual feed consumption for cocks and hens, followed in order by the *Menorca*, and finally, the lower consumption had been shown by the *Mallorquina*. In spite of having the highest consumption of feed, the *Ibicenca* has achieved the best feed conversion index (IC), 4,06 in week 16. The *Menorca* breed has managed a IC of 5,25 at week 20, whereas the *Mallorquina* in that week has not been able to get that minimum commercial weight, scoring a weight of 1,776 Kg. with a IC of 5,44. These results, point the *Ibicenca* as the most suitable breed for an alternative and extensive system of meat production.

Moreover, cocks and hens of the *Ibicenca* breed have shown a weight when the rate of growth is maximum (W_i) of 1340 g. and 895 g. respectively, that has turned out to be significantly higher than *Menorca*, which has achieved 975 and 745 g. These values have been significantly higher than *Mallorquina* as well, being these of 940 and 600 g. for cocks and hens respectively.

Differences among breeds related to the age that achieve the maximum growth (T_i) have not been observed, neither for the cocks nor the hens. This value has been between 74 and 80 days for cocks and between 74 and 78 days for hens.

The *Mallorquina* breed has shown a degree of maturity at the moment that cocks achieve the slaughtering minimum commercial weight (u_{ps}) of 94% approximately, proving to be significantly superior to the 86% achieved by the *Menorca* and the 66% of the *Ibicenca*.

The three Balearic hens seem to present approximately the same degree of maturity at the start of lay (u_{ip}) and at the peak of lay (u_{pp}), which have been around 87 and 94% respectively.

The *Ibicenca* breed has turn out to be the one that has shown an earlier average start of lay of the herd, at 25 weeks, being this really similar to the beginning achieved by *Mallorquina*, which has been at 25,3 weeks, whereas the value shown by *Menorca* has been about two weeks later, at 27 weeks.

The *Ibicenca* has registered also the higher lay peak, 63,75% at week 39. *Menorca* has shown its lay peak at the same week, but with a lower percentage, 58,18%. On the contrary, *Mallorquina* has shown its peak two weeks later and it has been the lowest one, 35,14 %.

The *Ibicenca* has presented an accumulated lay of 146,15 eggs at week 72 as well, *Menorca* has achieved 129,11 eggs, whereas *Mallorquina* has had a value of 84 eggs. If we take the weight of egg into account, the *Ibicenca* has turned out to have values around 62 g., those presented by *Menorca* have been of 58 g. and for the *Mallorquina*, they have been slightly superior to 50 g.

Although the *Ibicenca* breed has been the one with the highest accumulated and daily individual feed consumption at week 72, and also the highest feed consumption along all its productive life, *Menorca* has proved to show the best lay IC (Kg. of feed/egg dozen), 4,87. The *Ibicenca* and *Mallorquina* have stated a lay IC of 5,02 and 6,29 respectively at that concrete week.

For the **genetic characterization**, blood was obtained from 48 fowls of *Menorca* breed, 46 fowls of *Ibicenca* and 47 fowls of *Mallorquina* and a set of 29 microsatellites was initially used. The microsatellite MCW0206 did not amplify at Balearic hens, so 28 were finally utilised. 15 of them were extracted from the European Project AVIANDIV and the other 13 from the Genbank.

The genetic data were analysed with the software Genealex 6 in order to estimate the parameters of genetic diversity: average number of alleles (N_a), effective number of alleles

(N_{ae}), number of private alleles (N_{au}) and allele frequencies for the three Balearic hen breeds. The allelic richness ($A[g]$), corrected for the 20 individuals that presented information for all the microsatellite markers through the Rarefaction method, was calculated for each Balearic breed using FSTAT 2.9.3 software.

A molecular analysis of variance (AMOVA) was conducted and the F_{is} values for each breed and locus and global per breed were calculated, checking its differentiation from 0 with a level of significance of 0,05 by means of Arlequin v.3.5 program. The genetic distances among the three breeds were calculated with this program as well, using as a distance measure the pairwise F_{ST} , specifically the adaptation that suppose of it, the Reynolds distance, with 10000 permutations and a level of significance of 0,05.

Genetix v. 4.03 program was used for the calculation of the observed (H_o) and expected (H_e) heterozygosity for each loci in each Balearic population and the global one for each population as well as for the correspondence factor analysis (CFA).

Genetic standar distances of Nei (D_s) and the global PIC (Polymorphism Information Content) for all the markers and for each of the three Balearic hens were calculated with Molkin v.3 program, building from these distances, the Neighbor-Joining (N-J) dendrogram with MEGA 5.1 program.

The most likely number of existing populations (K) was calculated through Structure v. 2.3 software and the application of the Evanno's et al. method. The admixture model with correlated allele frequencies was used. In this case, 100.000 burnin length iterations and 1.000.0000 MCMC (Markov and Montecarlo chains) were stablished and $2 \leq K \leq 8$ were tested.

20 runs of each K were done. A pairwise comparison and the most appropriate alignment among all of the simulations of each K and an additional estimation of the most probable K were conducted by means of CLUMPP program. The solutions with a similarity of coefficients $\geq 95\%$ were considered as identical. The K that obtained the highest percentage of identical solutions was considered as the most likely one. The different population patterns were visualized through Distruct software.

Despite of having a similar average effective number of alleles (N_{ae}) for the three breeds, the *Ibicenca* has presented the higher value of N_a , 4,9, followed by the *Mallorquina* with 4,3. Finally, *Menorca* has shown the lowest value, being this around 4. The *Ibicenca* has turned out to have the highest value of allele richness ($A[g]$) as well, being this 4,5

approximately, *Mallorquina* has been the second in order with a value of 3,8, and at last position, *Menorca* has obtained 3,6.

Related to polymorphism data, the *Ibicenca* and *Mallorquina* have scored 100% for all the loci, whereas *Menorca* has achieved a lower percentage, 96,43. A total of 69 private alleles have been found from the existing 369 in all the three Balearic breeds, supposing this a percentage of 18,70. *Ibicenca* has shown the highest percentage of private alleles (20,44%), followed by *Menorca*, which has achieved 19,82%, and at the end, *Mallorquina* has registered 15,70%. From these 69, 7 have shown a frequency superior to 20%, 2 at *Menorca*, another 2 at *Ibicenca* and 3 at *Mallorquina* breed. The allele 250 of the locus MCW103 has shown the highest frequency, and it has been in *Mallorquina* breed at 46,8%.

The PIC values for each marker for all three Balearic breeds have been between 0,122 (shown by MCW0248) and 0,818 (presented by MCW0034), whereas the average value from the total number of markers has been 0,564. The average PIC at *Ibicenca* has been of 0,401, and for *Mallorquina* and *Menorca*, 0,345 and 0,315, respectively.

The *Mallorquina* breed has shown a H_o of 0,52, the *Ibicenca* has obtained 0,51, whereas *Menorca* has presented a value of 0,42. The *Mallorquina* has shown a H_e of 0,53, that means that its F_{IS} value (0,0238) has not differed significantly from 0, so we can considerate it as a population close to the H-W equilibrium. On the contrary, *Menorca* and *Ibicenca* breeds have shown values of H_e of 0,48 and 0,58 respectively, so in this case, F_{IS} (0,1008 and 0,1180 respectively) have been significantly different from 0, showing this fact an effect of shut population with a certain level of endogamy and without led control of mating.

If we refer to the genetic distances, both F_{ST} and D_s of Nei have been significantly different from 0 in all situations. D_s between *Menorca* and *Mallorquina* (0,356) has been significantly higher than the other two, the same way that happened for F_{ST} , but in this case any statistical evidence of the signification could be added. The existing distance between *Mallorquina* and *Ibicenca* (0,348), has been significantly lower than the former one, and the distance obtained between *Menorca* and *Ibicenca* (0,312), has been the lowest of all of them.

The N-J dendrogram has shown a higher genetic differentiation of the *Mallorquina* from the subgroup formed by *Menorca* and *Ibicenca*, but pointing the relevant difference that exists between these two breeds, which also becomes evident in the CFA. The most likely

number of populations has turned out to be 3 ($K=3$). This fact corroborates the original hypothesis of assuming the presence of three populations perfectly separated in the Balearic archipelago, that are equivalent to the *Menorca*, *Mallorquina* and *Ibicenca* breeds as also have additionally proved, the productive and zoometric data studied.

RESUM

L'arxipèlag balear, degut al seu aïllament geogràfic és una comunitat autònoma amb una àmplia diversitat de races ramaderes. La seva condició insular porta implícita l'existència de races autòctones diferents a cadascuna de les illes que l'integren. No obstant això, el model de producció industrial sorgit durant la segona meitat del s.XX, va suposar l'aparició de races ramaderes amb major capacitat productiva que van anar substituint a aquestes races, les quals aviat van començar a veure compromesa la seva supervivència.

En referència a aus de corral, a les Illes Balears avui dia existeixen tres races de gallines oficialment reconegudes per l'Estat Espanyol, les quals estan catalogades com en Perill d'Extinció: la gallina Menorca, la gallina Mallorquina i la gallina Eivissenca, originàries cadascuna de les illes Menorca, Mallorca i Eivissa respectivament. Les dues primeres van aconseguir el seu reconeixement oficial a l'any 2004 en base al RD 1687/1997 amb l'ordre APA/3280/2004, mentre que la gallina Eivissenca ha estat incorporada al *Catàlogo Oficial de Razas de Ganado de España* més recentment, en juny de 2011 (BOE núm. 39 del 15 de febrer de 2012, Ordre AAA/251/29/2012 del 9 de febrer per la qual es modifica l'Anexo I del RD 2129/2008 de 26 de desembre).

Si ens basam en la normativa existent sobre programes de conservació de races en perill d'extinció a l'Estat Espanyol (RD 1682/1997, RD 997/1999, RD 1366/2007 i RD 2129/2008), derivades de les bases establertes en relació aquesta matèria per la Unió Europea, previ seguiment de les recomanacions de la FAO, s'exigeix per a cadascuna d'aquestes poblacions, la realització d'estudis que contemplin els seus aspectes etnològics, zootècnics i productius, així com la seva caracterització morfològica, reproductiva i genètica.

Així els treballs i actuacions realitzades des de maig de 2008 fins a mitjans del 2011, formen part d'un Projecte de Caracterització Comparada de les tres races de Gallines Balears, a nivel morfològic, productiu i genètic, el qual ha donat lloc a la present tesi doctoral i que ha comptat amb la participació de les associacions de criadors de les tres races de gallines balears i tres institucions: Instiut de Biologia Animal de les Illes Balears (IBABSA), Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries de Catalunya (IRTA), Patronat per a la Recuperació i Defensa de les Races Autòctones de les Illes Balears (PRAIB) i en alguna de les seves fases: del Consell Insular d'Eivissa (CIE).

Els animals a partir dels quals es va realitzar aquesta caracterització comparada van néixer dels ous provinents de cadascuna de les tres illes segons la raça i foren aportats per cadascuna de les tres associacions de criadors. Es van realitzar tres tandes

d'incubacions de les tres races, donant lloc a tres naixements o lots, dos a l'illa de Mallorca i un a l'illa de Menorca.

La **caracterització morfològica** es va dur a terme a partir de la realització d'un estudi zoomètric en el qual es van usar 42 gallines de la fins llavors agrupació racial Gallina Eivissenca, 42 gallines de la raça Menorca i 42 gallines de la raça Mallorquina (varietat *Blat Palla*) de 52 setmanes de vida. Es van prendre un total de 26 mesures per animal, dividides en vàries categories segons la regió corporal de l'au: cap, coll, tronc, extremitats, i les característiques generals, i es van calcular 8 índexs corporals, mitjançant una adaptació del mètode de caracterització morfològica proposat per Francesch et al.

Totes aquestes mesures es van tractar com a variables dependents, estudiant el factor Raça, amb tres nivells: Eivissenca (IB), Menorca (ME) i Mallorquina (MA) mitjançant el procediment *General Lineal Model (GLM)* del paquet estadístic SAS 9.1. amb un nivell de significació de 0,05. A més, es va usar el mateix paquet estadístic per calcular el coeficient de correlació de Pearson mitjançant el procediment *Correlation* per establir la correlació entre les 26 mesures zoomètriques en cada raça, acceptant-se també per l'esmentat càlcul un nivell de significació del 0,05, i per a calcular les components principals (ACP) i la distància de Mahalanobis entre races per mitjà del procediment *Candisc*. L'arbre de les distàncies de Mahalanobis fou construït mitjançant la versió 4 del programa MEGA.

L'aplicació d'aquest mètode zoomètric ens ha permès establir diferències generals entre les tres races de gallines balears.

Tenint en compte la regió corporal, la gallina Eivissenca ha resultat la més pesada amb un valor de 2442 g., superant en més de 300 g. el pes de la gallina Menorca i en quasi 700 g. el de la Mallorquina. La raça Menorca ha estat la que ha presentat unes proporcions més allargades, mentre que la Mallorquina ha resultat la més lleugera i la de menor grandària.

En quant a la regió cranial, la raça Menorca ha presentat la major grandària tant de cresta com orelletes així com la major llargària de barbetes, marcant una clara diferència respecte de les dues altres races balears. Atenent als resultats obtinguts en les correlacions simples de diferents mesures zoomètriques, s'han trobat 23 correlacions significatives comuns en les tres races de gallines balears de les 312 calculades. Entre les races Menorca i Eivissenca se n'han trobat 18, mentre que entre la Mallorquina i l'Eivissenca s'han obtingut 6 i finalment, entre la Mallorquina i Eivissenca únicament 5.

La gallina Eivissenca ha presentat el major nombre de correlacions significatives en les que les altres dues races no han mostrat cap correlació, concretament 57, mentre que en la gallina Menorca han estat 37 i en la Mallorquina 22.

L'anàlisi canònic de components principals realitzat ha determinat l'existència de dos factors, I i II, que expliquen el 100% de la variança obtinguda. El factor I, el qual determina la diferenciació entre la gallina Menorca i les altres dues, ha explicat el 75,64% de la variabilitat, essent les variables llargària i amplària de les orelletes i llargària de l'ala plegada les que han contribuït en major mesura a aquesta diferenciació. El factor II, el qual determina la diferenciació entre la gallina Mallorquina i l'Eivissenca, ha explicat el 24,36%, de la variança observada, essent el pes i les mesures tarsals les variables que més han influït en aquesta diferenciació.

Els resultats derivats de l'anàlisi canònic de les components principals i del càlcul de les distàncies de Mahalanobis fan patent una diferenciació de la raça Menorca amb respecte a les altres dues races balears, que han resultat estar més pròximes però perfectament diferenciades l'una de l'altra.

La **caracterització productiva en creixement i posta** s'ha dut a terme a partir de 733 pollets obtinguts en els tres naixements esmentats anteriorment. D'aquests, 257, 231 i 245 pollets foren de les races Eivissenca, Mallorquina i Menorca respectivament.

Es van realitzar pesades individuals de tots els animals, durant les dues primeres setmanes de vida cada mitja setmana i a partir de les dues setmanes, un cop a la setmana fins a la setmana 20.

Un cop constituïts els lots conjunts de femelles i mascles seleccionats, es van pesar tots ells individualment a les 26,31,52 i 72 setmanes de vida. La determinació del consum es realitzà un cop per setmana fins a la setmana 20 en polletes i fins al moment en el qual els pollastres aconseguiren el pes mínim comercial pel sacrifici, estipulat al voltant dels 2,2 Kg, i també posteriorment a les 26,31,52 i 72 setmanes. En els galls, els registres de consum juntament amb els dels pesos, es van emprar per realitzar el càlcul de l'índex de conversió (IC) en les tres races fins a la setmana 20 de vida.

En referència a la posta, s'enregistraren les setmanes en les quals van tenir lloc els inicis de posta de la manada per cadascuna de les races en els tres naixements així com també el percentatge setmanal de posta, realitzant-se pesades dels ous de tots els lots justament el dia en el qual les gallines complien cada setmana d'edat, des de l'inici de posta fins a la setmana 72.

A partir d'aquests controls es van calcular el nombre d'ous post per gallina, el pes promig dels ous i l'índex de conversió per cada dotzena d'ous en els tres naixements i en les tres races.

Per estudiar el creixement es va usar la funció de Richards, calculant el paràmetres propis de dita funció, entre ells el pes a la maduresa (A), i els derivats d'aquesta, edat per a la

qual la taxa de creixement és màxima (T_i), pes a l'edat T_i (W_i), i el grau de maduresa a una determinada edat t (u_t). Per a obtenir les estimacions dels paràmetres propis de la funció de Richards es va aplicar el procediment *nlin* del paquet estadístic SAS 9.1.

Així mateix, es realitzà un anàlisi de la varianza per mostres no equilibrades dels factors Raça i Lot per a les variables A , T_i i W_i mitjançant el procediment *global linear model* (GLM) del paquet estadístic SAS 9.1. Per a obtenir el grau de maduresa en els galls i gallines de cada lot, es van calcular els paràmetres propis migs de l'esmentada funció en cada cas fent servir el procediment *Means* del SAS.

En el cas dels galls es va calcular el grau de maduresa de cada lot i raça al pes aproximat de sacrifici, basant-nos en el promig del lot, i en les femelles, el grau de maduresa a l'inici de posta i al pic de posta.

Les diferències entre races i lots es van estudiar utilitzant el procediment GLM del paquet estadístic SAS 9.1. En referència a la caracterització de la posta, es va analitzar el pes de l'ou mitjançant la funció de Gompertz usant també el procediment GLM del SAS 9.1, considerant-se tres factors: Raça, Lot i Edat i les corresponents interaccions.

La raça Eivissenca ha resultat la més pesada així com la que ha aconseguit un pes a la maduresa (A) més elevat, essent aquest últim de 3,5 Kg. en els galls i 2,7 Kg. en les gallines. A la raça Menorca aquests valors han estat de 2,6 i 2,1 Kg. per galls i gallines respectivament, mentre que la Mallorquina ha enregistrat els valors més baixos, 2,2 Kg. pels galls i 1,6 Kg. per les gallines.

Els galls de la raça Eivissenca han assolit els 2,1 Kg. de pes viu a les 16 setmanes, els de la Menorca a les 20 i els de la Mallorquina a la 26. La raça Eivissenca ha manifestat el major consum individual acumulat i individual diari, tant en galls com en gallines, seguida en ordre per la Menorca, i finalment, ha estat la Mallorquina la que ha enregistrat el menor consum. Tot i consumint una major quantitat de pinso total, els galls de la raça Eivissenca han obtingut el millor IC, que ha estat de 4,06 a la setmana 16. La raça Menorca ha mostrat un IC de 5,25 a la setmana 20, mentre que la Mallorquina en aquesta mateixa setmana no ha aconseguit arribar al pes mínim, enregistrant un pes de 1,776 Kg. amb un IC de 5,44. Aquests resultats designen a la raça Eivissenca com la més capacitada de les tres per destinar-se a una producció càrnia alternativa de tipus extensiu.

Els galls i gallines de la raça Eivissenca han manifestat també un pes on la velocitat de creixement és màxima (W_i) de 1340 i 895 g. per galls i gallines respectivament, que ha resultat significativament superior al de la raça Menorca, el qual ha estat de 975 i 745 g., essent aquest a la vegada significativament major al presentat per la Mallorquina, que ha resultat de 940 i 600 g. pels galls i gallines respectivament.

No s'han observat diferències entre races en relació al paràmetre edat a la que assoleixen el màxim creixement (T_i) ni pels galls ni per les gallines, estant aquest comprès entre els 74 i els 80 dies pels galls i entre els 74 i 78 dies per les gallines.

La raça Mallorquina ha presentat un grau de maduresa en el moment en què els galls assoleixen el pes mínim de sacrifici (u_{ps}) del 94% aproximadament, essent aquest significativament superior al 86% de la Menorca i al 66% de l'Eivissenca.

Les gallines de les tres races semblen presentar aproximadament el mateix grau de maduresa a l'inici de la posta (u_{ip}) i al pic de posta (u_{pp}), el qual ha estat de l'ordre del 87 i 94% respectivament. L'Eivissenca ha resultat la raça que ha manifestat l'inici de posta promig de la manada més aviat, que ha estat a les 25 setmanes, encara que el de la Mallorquina ha resultat molt similar, a les 25,3 setmanes, mentre que el de la raça Menorca ha estat posterior, a les 27 setmanes.

També ha estat l'Eivissenca la raça que ha enregistrat el pic de posta més elevat, un 63,75% a la setmana 39. La Menorca ha manifestat el pic de posta també a la mateixa setmana, però amb un percentatge menor de 58,18%. A diferència d'aquestes, la raça Mallorquina ha tingut el seu pic de posta dues setmanes més tard i aquest ha estat el menor de tots, 35,14 %.

La raça Eivissenca ha presentat una posta acumulada de 146,15 ous en la setmana 72, la de la raça Menorca ha estat de 129,11, mentre que la de la raça Mallorquina s'ha situat en 84 ous. En quant al pes de l'ou, l'Eivissenca ha aconseguit valors al voltant dels 62 g., la Menorca, de 58 g. i els de la Mallorquina han superat lleugerament els 50 g.

A pesar d'haver estat la raça Eivissenca la que ha experimentat el major consum acumulat i individual diari a la setmana 72 així com el major consum mig al llarg de la seva vida productiva, la raça Menorca ha presentat el millor IC (Kg. pinso/dotzena d'ous) al final del control realitzat a la setmana 72, el qual ha estat de 4,87.

L'Eivissenca i la Mallorquina han manifestat IC en posta de 5,02 i 6,29 respectivament en aquesta mateixa setmana.

Per a dur a terme la **caracterització genètica** es va obtenir sang de 48 aus de raça Menorca, 46 de raça Eivissenca i 47 de raça Mallorquina i es va usar inicialment un panell de 29 microsatèl·lits. El microsatèl·lit MCW 0206 no va amplificar-se a les races balears i per tant fou descartat, emprant-se finalment 28 microsatèl·lits. D'aquests, 15 es van extreure del marc del projecte Europeu **AVIANDIV** i els 13 restants, a partir del Genebank. Les dades genètiques obtingudes foren analitzades amb el software informàtic Genealex 6 per estimar els paràmetres de diversitat genètica: nombre mig d'al·lels (N_a), nombre

efectiu d'al·lels (N_{ae}), nombre d'al·lels únics (N_{au}), així com les freqüències al·lèliques per les tres races de gallines.

La riquesa al·lèlica ($A[g]$), corregida segons el mètode de Rarefracció pels 20 individus dels quals es disposa informació per a tots els marcadors, fou calculada per cadascuna de les tres races balears mitjançant el software FSTAT 2.9.3.

Es realitzà l'anàlisi de la varianza molecular (AMOVA) i es van calcular els valors de F_{IS} per cada locus i raça, i globals per raça, comprovant la seva diferenciació de 0 amb un nivell de significació de 0,05, mitjançant el programa Arlequin v. 3.5. Amb aquest mateix programa es van calcular també les distàncies genètiques entre les tres races, usant-se com a mesura d'aquesta els F_{ST} pariat, concretament l'adaptació que suposen d'aquests les distàncies genètiques de Reynolds, amb 10000 permutacions i un nivell de significació del 0,05.

Per al càlcul de l'heterocigositat observada (H_o) i esperada (H_e) per a tots els loci en cadascuna de les tres poblacions balears així com la global per cada població i la realització de l'anàlisi factorial de correspondències (AFC), es va emprar el programa Genetix v. 4.03. La distancia genètica estàndard de Nei (D_s) i el PIC (*Polimorphic Information Content*) global per tots els marcadors i per cadascuna de les races es van calcular mitjançant el programa Molkin v. 3, i es va construir a partir de les distàncies D_s obtingudes, el dendrograma o arbre filogenètic mitjançant el mètode de Neighbor-Joining (N-J) amb el programa MEGA 5.1.

El nombre més probable de poblacions (K) es detectà mitjançant el software Structure v. 2.3 i l'aplicació del mètode descrit per Evanno et al. Es va utilitzar el model *admixture* amb freqüències al·lèliques correlacionades. En aquest cas es fixaren 100.000 iteracions (*burnin length*) i 1.000.0000 d' iteracions MCMC (cadena de Markov i Monetcarlo), de $2 \leq K \leq 8$. Així, es realitzaren 20 simulacions per cada K , i a partir d'aquestes, mitjançant el programa CLUMPP, es va dur a terme una comparació pariada i l'alineació més correcta resultant de entre el total de simulacions establertes per cada K . Les solucions amb una similitud de coeficients $\geq 95\%$ es consideraren idèntiques. La K que va resultar tenir el major percentatge de solucions idèntiques es va considerar com la més probable. Els diversos patrons poblacionals es visualitzaren mitjançant l'ús del software Distruct.

A pesar que el nombre efectiu promig d'al·lels (N_{ae}) ha resultat similar per les tres races balears, ha estat l'Eivissenca la que ha presentat el major valor N_a , essent aquest de 4,9, seguida de la Mallorquina que l'ha tengut de 4,3. Finalment, la raça Menorca ha mostrat el

menor valor, essent aquest de 4 aproximadament. La raça Eivissenca també ha resultat tenir el valor més elevat de riquesa al·lèlica ($A[g]$), essent aquesta de 4,5 aproximadament, després l'ha seguida la Mallorquina amb un valor de 3,8 i per últim, la Menorca, amb un valor de 3,6.

En quant a dades relatives a polimorfisme, les races Eivissenca i Mallorquina l'han presentat elevat en tots els loci, essent aquest del 100%, mentre que en la Menorca ha estat del 96,43%. Un total de 69 al·lells únics han estat trobats d'entre els 369 existents entre les tres races balears, el que suposa un 18,70%. L'Eivissenca ha presentat el major percentatge d'al·lells únics (20,44%), seguida de la Menorca (19,82%), i per últim, la Mallorquina, que ha enregistrat un 15,70%. D'aquests 69, un total de 7 han mostrat una freqüència superior al 20%, 2 en la raça Menorca, 2 en l'Eivissenca i 3 en la Mallorquina. L'al·lel 250 del locus MCW103 ha estat el que s'ha manifestat amb major freqüència, i ho ha fet en la raça Mallorquina amb un percentatge del 46,8%.

Els valors de PIC per cada marcador tenint en compte les tres races balears en conjunt s'han comprès entre 0,122 (presentat pel MCW0248) i el 0,818 (trobat al MCW0034), mentre que el valor mig del total de marcadors ha radicat en 0,564. El PIC promig en la raça Eivissenca ha estat de 0,401, i per a les races Mallorquina i Menorca, ha estat de 0,345 i 0,315, respectivament. La raça Mallorquina ha mostrat una H_o de 0,52, la pertanyent a la raça Eivissenca ha estat de 0,51, mentre que la de la Menorca ha estat de 0,42. Per a la raça Mallorquina, la H_e ha estat de 0,53, mostrant un valor de F_{IS} que no s'ha diferenciat significativament de 0, tractant-se per tant, d'una població propera a l'equilibri H-W. Contràriament al que succeeix a les races Menorca i Eivissenca, que han presentat valors de H_e de 0,48 i 0,58 respectivament, obtenint valors de F_{IS} que han diferit significativament de 0, el qual ens indica per tant, un efecte de població tancada amb cert nivell d'endogàmia i sense control dirigit d'aparellaments.

En quant a les distàncies genètiques, tant els F_{ST} com les D_s de Nei han resultat significativament diferents de 0 en tots els casos. La D_s de Nei trobada entre les races Menorca i Mallorquina (0,356) ha estat significativament major que les altres dues, de la mateixa manera que succeïa amb el F_{ST} però on no es podia aportar en aquest cas evidència estadística de la significació.

La distància existent entre les races Mallorquina i Eivissenca (0,348) ha estat significativament menor a l'anterior, i l'obtinguda entre la Menorca i l'Eivissenca (0,312) ha resultat la menor de totes. El dendrograma de N-J ha permès apreciar una major diferenciació genètica de la raça Mallorquina amb respecte del subgrup format per les

raças Menorca i Eivissenca, però sense obviar la marcada separació entre aquestes dues raças, que queda patent de forma notable amb l'anàlisi AFC. El nombre més probable de poblacions ha resultat ser 3 ($K=3$), corroborant-se així la nostra hipòtesi inicial de l'existència de tres poblacions ben diferenciades de gallines en l'arxipèlag balear equivalents, per tant a les raças Menorca, Mallorquina i Eivissenca, tal com han evidenciat complementàriament les dades productives i zoomètriques estudiades.

RESUMEN	i-viii
ABSTRACT	ix-xvi
RESUM	xvii-xviii
ÍNDICE	1-4
TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y ANEXOS	5-10
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	11-41
1.1. CONCEPTO DE RAZA	12-14
1.2. LAS RAZAS DE GALLINAS BALEARES	14-26
1.2.1. LA GALLINA MENORCA.....	17-21
1.2.2. LA GALLINA MALLORQUINA.....	21-22
1.2.3. LA GALLINA IBICENCA.....	23-26
1.3. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS GENÉTICOS	27-36
1.3.1. BIODIVERSIDAD DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.....	27-28
1.3.2. PÉRDIDA DE BIODIVERSIDAD EN LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.....	28-34
1.3.3. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS.....	34-35
1.3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS.....	35-36
1.4. CONSERVACIÓN DE LAS GALLINAS BALEARES	36-40
1.5. OBJETIVOS GENERALES	41
2. ZOMETRÍA COMPARADA DE LAS GALLINAS BALEARES	42-81
2.1. INTRODUCCIÓN	43-48
2.1.1. ANTECEDENTES EN LA APLICACIÓN DE LA ZOMETRÍA EN AVES.....	44-48
2.1.2. OBJETIVOS.....	48
2.2. MATERIAL Y MÉTODOS	49-54
2.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	50
2.2.2. LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN Y CONDICIONES EXPERIMENTALES.....	50
2.2.3. MANEJO DE LOS ANIMALES.....	50-51
2.2.4. RECOGIDA DE DATOS.....	51-52
2.2.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	52
2.2.6. REGISTROS DE CAMPO.....	53
2.2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	53-54
2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55-78
2.3.1. MEDIDAS ZOMÉTRICAS.....	56-62
2.3.2. CORRELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS REALIZADAS.....	62-73
2.3.3. ANÁLISIS CANÓNICO DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	73-76
2.3.4. DISTANCIA DE MAHALANOBIS.....	77
2.3.5. COMPARACIÓN DE LAS RAZAS BALEARES CON OTRAS RAZAS DE GALLINAS.....	78
2.4. CONCLUSIONES	79-81

3. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA COMPARADA: CRECIMIENTO Y PUESTA.....	82-230
3.1. INTRODUCCIÓN.....	83-115
3.1.1. APUNTES HISTÓRICOS SOBRE AVICULTURA.....	84-90
3.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN AVÍCOLA.....	90-103
3.1.2.1. Producción de carne.....	92-96
3.1.2.2. Producción de huevos.....	96-103
3.1.3. USO DE LAS RAZAS AUTÓCTONAS EN LA PRODUCCIÓN AVIAR.....	103
3.1.4. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LAS RAZAS DE GALLINAS.....	104-107
3.1.4.1. Importancia y utilidad.....	104
3.1.4.2. Antecedentes con respecto a la caracterización productiva en las gallinas españolas.....	104-107
3.1.5. ESTUDIO DEL CRECIMIENTO.....	108-113
3.1.5.1. Concepto de modelo matemático y de crecimiento.....	108-109
3.1.5.2. Modelos de crecimiento.....	109-113
3.1.6. ESTUDIO DE LA PUESTA.....	114
3.1.7. OBJETIVOS.....	115
3.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	116-124
3.2.1. ANIMALES PARTICIPANTES.....	117
3.2.2. DIETA.....	117
3.2.3. UBICACIÓN.....	118-119
3.2.4. CONTROLES REALIZADOS.....	119-120
3.2.5. FUNCIONES DE CRECIMIENTO Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	120-123
3.2.6. PUESTA Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.....	124
3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	125-227
3.3.1. CRECIMIENTO.....	126-184
3.3.1.1. PARÁMETROS Y CURVAS DE CRECIMIENTO.....	126-161
3.3.1.1.1. Parámetros A,b,k y n.....	126-129
3.3.1.1.2. Pesos observados y estimados.....	129-134
3.3.1.1.3. Curvas de crecimiento ajustadas.....	135-137
3.3.1.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO.....	138-161
3.3.1.1.4.1. Parámetros A, Ti Y Wi.....	138-155
3.3.1.1.4.1.1. Peso a la madurez (A).....	141-148
3.3.1.1.4.1.2. Edad en el punto de inflexión (Ti).....	148-152
3.3.1.1.4.1.3. Peso en el punto de inflexión (Wi).....	152-155
3.3.1.1.4.2. Comentarios a las diferencias entre lotes.....	155-156
3.3.1.1.4.3. Comparación descriptiva entre ambos sexos.....	156-161
3.3.1.2. GRADO DE MADUREZ.....	161-166
3.3.1.3. CONSUMO.....	166-177
3.3.1.4. ÍNDICES DE CONVERSIÓN.....	177-184
3.3.2. PUESTA.....	185-227

3.3.2.1. PARÁMETROS DE PUESTA.....	185-217
3.3.2.1.1. Inicio de puesta.....	185-188
3.3.2.1.2. Porcentaje de puesta y número de huevos acumulado.....	188-199
3.3.2.1.3. PESO DEL HUEVO.	200-217
3.3.2.1.3.1. Parámetros.....	200-202
3.3.2.1.3.2. Pesos del huevo observados y estimados.....	203-211
3.3.2.1.3.3. Análisis estadístico.....	212-217
3.3.2.2. CONSUMO EN PUESTA.....	217-224
3.3.2.3. ÍNDICES DE CONVERSIÓN EN PUESTA.....	224-227
3.4. CONCLUSIONES.....	228-230
4. ESTUDIO GENÉTICO COMPARADO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES.....	231-316
4.1. INTRODUCCIÓN.....	232-276
4.1.1. MARCADORES GENÉTICOS.....	233-235
4.1.2. DEFINICIÓN DE MICROSATÉLITES. APLICACIONES.....	235-238
4.1.3. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR AL USO DE MICROSATÉLITES.....	239-241
4.1.3.1. Homoplasia.....	239
4.1.3.2. Alelos nulos.....	239-240
4.1.3.3. Patrón mutacional y tasa de mutación.....	240-241
4.1.4. REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR).....	241-244
4.1.5. MODELOS EVOLUTIVOS Y TAMAÑO EFECTIVO DE LA POBLACIÓN (N_e).....	244-245
4.1.6. VARIABILIDAD GENÉTICA.....	245-253
4.1.6.1. PARÁMETROS DE VARIABILIDAD GENÉTICA.....	246-253
4.1.6.1.1. Frecuencia alélica.....	246
4.1.6.1.2. Porcentaje de loci polimórficos.....	247
4.1.6.1.3. Número promedio de alelos por locus (N_a).....	247
4.1.6.1.4. Número efectivo de alelos (N_{ae}).....	247-248
4.1.6.1.5. Número de alelos únicos o privados (N_{au}).....	248
4.1.6.1.6. La riqueza alélica ($A [g]$).....	248-249
4.1.6.1.7. Heterocigosidad esperada (H_e) o Diversidad Génica (DG).....	249-250
4.1.6.1.8. Heterocigosidad observada (H_o).....	250
4.1.6.1.9. Estadísticos <i>F</i> -WRIGHT (F_{IT} , F_{IS} , F_{ST}).....	250-253
4.1.6.1.10. PIC (<i>Polymorphism Information Content</i>).....	253
4.1.7. DISTANCIAS GENÉTICAS.....	253-260
4.1.7.1. TIPOS DE DISTANCIAS GENÉTICAS.....	254-258
4.1.7.1.1. Distancia estándar de Nei (D_s).....	254-255
4.1.7.1.2. Distancia de Nei (D_N).....	255-256
4.1.7.3. Distancia de Cuerda (D_C).....	256
4.1.7.4. Distancia genética de Reynolds (D_L).....	257
4.1.7.5. F_{ST}	257-258
4.1.7.6. Otras distancias.....	258

4.1.7.7. Consideraciones en la elección del tipo de distancia genética.....	258-260
4.1.8. ÁRBOLES FILOGENÉTICOS O DE DISTANCIAS GENÉTICAS.....	260-264
4.1.8.1 UPGMA (Unweighted Pair Group Method using arithmetic Averages).....	262-263
4.1.8.2. N-J (Neighbour-Joining).....	263-264
4.1.8.3. Consideraciones en la elección del método de construcción del dendrograma.....	264-265
4.1.9. ANÁLISIS FACTORIAL DE CORRESPONDENCIAS (AFC).....	265-266
4.1.10. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL Y ASIGNACIÓN DE INDIVIDUOS A POBLACIONES.....	266-269
4.1.10.1. Consideraciones en la elección del método de asignación.....	268-269
4.1.11. ANTECEDENTES DEL USO DE ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES EN GALLINAS.....	269-275
4.1.12. OBJETIVOS.....	275-276
4.2. MATERIAL Y MÉTODOS.....	277-284
4.2.1. OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SANGRE.....	278
4.2.2. MARCADORES DE DNA UTILIZADOS.....	278-279
4.2.3. AISLAMIENTO Y CUANTIFICACIÓN DEL ADN.....	280
4.2.4. GENOTIPADO DE MICROSATÉLITES.....	280-282
4.2.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS Y PROGRAMAS DE GENÉTICA UTILIZADOS.....	282-284
4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	285-314
4.3.1. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA.....	286-314
4.3.1.1. Número promedio de alelos (N_a), número efectivo de alelos (N_{ae}) y riqueza alélica ($A [g]$).....	286-291
4.3.1.2. Frecuencias alélicas.....	292-293
4.3.1.3. Porcentaje de loci polimórficos.....	293-294
4.3.1.4. Número de alelos únicos (N_{au}).....	295-299
4.3.1.5. Contenido de Índice polimórfico (PIC).....	299
4.3.1.6. DIFERENCIAS ENTRE RAZAS A NIVEL ESTADÍSTICO.....	299-314
4.3.1.6.1. Resultados del análisis molecular de la varianza (AMOVA).....	299-300
4.3.1.6.2. Heterocigosidad y valores de F_{IS}	300-305
4.3.1.6.3. Cálculo de distancias genéticas.....	306-307
4.3.1.6.3.1. F_{ST} Como medida de la distancia genética	306
4.3.1.6.3.2. Distancia genética estándar de Nei (D_S)	306-307
4.3.1.6.4. Árbol de distancia genética.....	307-309
4.3.1.6.5. Análisis factorial de correspondencias (AFC).....	309-310
4.3.1.6.6. Estructura de la población.....	310-314
4.4. CONCLUSIONES.....	315-316
5. CONCLUSIÓN GENERAL.....	317-318
6. BIBLIOGRAFÍA.....	319-359
7. ANEXOS.....	360-363

TABLAS.

Tabla 2.1. Clave de medidas zoométricas e índices tomados en las tres razas de gallinas baleares.....	51
Tabla 2.2. <i>Ls means ± Std error</i> de las medidas corporales tomadas en tres lotes de 42 gallinas de cada una de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	56
Tabla 2.3. <i>Ls means ± Std error</i> de las medidas craneales tomadas en tres lotes de 42 gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	60
Tabla 2.4. <i>Ls means ± Std error</i> de los índices corporales estudiados en 42 gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	61
Tabla 2.5. Correlaciones significativas en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	63
Tabla 2.6. Correlaciones significativas en gallina Ibicenca (IB) y Menorca (ME).....	65
Tabla 2.7. Correlaciones significativas en gallina Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).....	66
Tabla 2.8. Correlaciones significativas en gallina Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	66
Tabla 2.9. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Ibicenca (IB).....	67
Continuación tabla 2.9. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Ibicenca (IB).....	68
Tabla 2.10. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Menorca (ME).....	70
Tabla 2.11. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Mallorca (MA).....	72
Tabla 2.12. Correlaciones significativas en dos de las razas pero con correlaciones opuestas.....	73
Tabla 2.13. Coeficientes canónicos estandarizados.....	75
Tabla 2.14. Medias de las variables canónicas entre razas: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	76
Tabla 2.15. Distancias de Mahalanobis de las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	77
Tabla 3.1. Evolución del consumo de carne y huevos (por Kg/ habitante y año) desde el año 2004 hasta el 2007 y las previsiones para el 2011 y 2013 en la Europa de los 27.....	91
Tabla 3.2. Evolución del comercio exterior de la carne de ave en los años 2009-2010.....	93
Tabla 3.3. Producción de carne por especies (en millones de toneladas) en los países de la Europa de los 27 (EU 27) para el año 2009.....	95
Tabla 3.4. Censo de gallinas ponedoras en España (miles), distribuido por CCAA.....	100
Tabla 3.5. Evolución del comercio exterior de huevos en toneladas, equivalente huevo cáscara en los años 2009 y 2010.....	101
Tabla 3.6. Pollitos nacidos en los tres nacimientos durante el 2008 para el estudio de caracterización comparada de las razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME).....	117
Tabla 3.7. Estimación de los parámetros de la función de Richards (A,b,k y n) y R ² , y estimación de los parámetros derivados del modelo (Ti, Wi,) para las gallinas (H) y gallos (M) de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).....	127
Tabla 3.8. Pesos observados y estimados (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).....	133
Tabla 3.9. Pesos observados y estimados (g.) en los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).....	134

Tabla 3.10. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones logarítmicas de los parámetros A, Ti y Wi, en los gallos y en las gallinas.....	138
Tabla 3.11. <i>Ls means ± Std error</i> para las variables A, Ti y Wi en los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).....	139
Tabla 3.12. <i>Ls means ± Std error</i> para las variables A, Ti y Wi en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).....	140
Tabla 3.13. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones en arco seno del grado de madurez en el momento en que el peso es de 2.1 Kg., peso mínimo comercial para el sacrificio (u_{tps}) en los gallos.....	161
Tabla 3.14. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones en arco seno de los grados de madurez en el inicio de puesta (u_{tip}) y el pico de puesta (u_{tpp}) en las gallinas.....	162
Tabla 3.15. <i>Ls means ± Std error</i> del grado de madurez en el momento en que los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) adquieren los 2,1 Kg. de peso vivo aproximadamente (u_{ps}) en los tres lotes (1, 2 y 3).....	163
Tabla 3.16. <i>Ls means ± Std error</i> del grado de madurez al inicio de puesta (u_{ip}) y en el pico de puesta (u_{pp}) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).....	164
Tabla 3.17. Consumo individual acumulado en g. en los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.....	167
Tabla 3.18. Consumo individual diario en cada semana en g. en los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.....	168
Tabla 3.19. Consumo individual acumulado en g. en las pollitas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) hasta la semana 20 de vida.....	173
Tabla 3.20. Consumo individual diario en cada semana en g. en las pollitas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.....	176
Tabla 3.21. Índices de conversión (IC) de los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en cada uno de los tres lotes (1, 2 y 3) y el IC promedio (P) hasta las 20 semanas de vida.....	178
Tabla 3.22. Porcentaje de puesta en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en cada lote (1, 2 y 3) y su promedio (P)	190
Tabla 3.23. Número de huevos acumulado en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en cada lote (1, 2 y 3) y su promedio (P).....	196

Tabla 3.24. Estimaciones de los parámetros (PAR) A, B y $k \pm Std\ error$ de la ecuación de Gompertz realizadas mediante el procedimiento <i>nlin</i> del paquete estadístico SAS 9.1 para las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).....	202
Tabla 3.25. Peso del huevo observado y estimado (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).....	204
Continuación tabla 3.25. Peso del huevo observado y estimado (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).....	205
Tabla 3.26. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), edad (EDAD), lote (LOT) y de las interacciones dobles (RA*EDAD, RA*LOT, EDAD*LOT) y triple (RA*EDAD*LOT) entre ellos para la variable peso del huevo.....	212
Tabla 3.27. <i>Ls means</i> $\pm Std\ error$ de los efectos raza y lote y su interacción para la variable peso del huevo en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).....	212
Tabla 3.28. Consumo acumulado en g. en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) para los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) en las semanas 20, 26, 31, 52 y 72 de vida.....	217
Tabla 3.29. Consumo diario en g. en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) para los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) en las semanas 20, 26, 31, 52 y 72 de vida, así como el consumo promedio de la raza a lo largo de su vida productiva, considerada ésta entre las 20 y las 72 semanas (CVP).....	220
Tabla 3.30. IC/docena en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) para cada lote (1, 2 y 3) y su promedio (P) a las 40, 52 y 72 semanas de vida.....	225
Tabla 4.1. Características y usos de los principales marcadores de DNA.....	235
Tabla 4.2. Microsatélites usados en diferentes estudios llevados a cabo en gallinas y su coincidencia con el presente estudio.....	275
Tabla 4.3. Distribución cromosómica, información de los primers usados para su amplificación por PCR y la temperatura óptima de amplificación ($T^{\circ}ann^{**}$) de los 28 microsatélites utilizados.....	279
Tabla 4.4. Reactivos usados y sus concentraciones así como condiciones de amplificación en la PCR.....	281
Tabla 4.5. Número de muestras (N), número de alelos (N_a), número efectivo (N_{ae}), y riqueza alélica ($A[g]$) por locus, así como sus promedios en las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).....	291
Tabla 4.6. Número de alelos (N_a) y sus frecuencias alélicas mínimas (Frec. mín.) y máximas (Frec. máx.) de cada uno de los 28 microsatélites analizados para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).....	292
Tabla 4.7. Número de alelos únicos (N_{au}) y sus frecuencias en las tres razas de gallinas Baleares: Menorca (ME) Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).....	297
Tabla 4.8. Análisis molecular de la varianza (AMOVA).....	299

TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y ANEXOS

Tabla 4.9. Heterocigosidad esperada (H_e), heterocigosidad esperada no sesgada ($H_{n.b.}$) y heterocigosidad observada (H_o) \pm Desv. Est. por locus y población y los valores globales así como el valor de F_{IS} por cada locus y población y valor global con su significación ($\alpha=0,05$) en las tres razas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).....	305
Tabla 4.10. Cálculo de los F_{ST} pareados entre las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA), a partir de las distancias genéticas de Reynolds con 10000 permutaciones y su significación ($\alpha=0,05$).....	306
Tabla 4.11. Cálculo de la Distancia Estándar de Nei (D_s) (Nei, 1972) a partir del <i>Averaged Kinship Over Microsatellites (coancestry-related genetic parameters without weighting them by the PIC)</i> (1000 bootstrapping) entre las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA) y su significación mediante IC.....	307

GRÁFICOS.

Gráfico 2.1. Peso de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	57
Gráfico 2.2. Medidas corporales (cuello y tronco) de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	58
Gráfico 2.3. Medidas corporales (extremidades) de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	59
Gráfico 2.4. Medidas corporales craneales de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	60
Gráfico 2.5. Índices corporales para las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).....	61
Gráfico 3.1. Distribución de la producción de carne de aves por Comunidades Autónomas en el año 2010 (MARM).....	93
Gráfico 3.2. Distribución porcentual de la carne de pollo en los Estados miembros de la Unión Europea en el 2010 (MARM).....	94
Gráfico 3.3. Importancia de los países productores de carne de pollo en la UE expresada en porcentaje de sacrificio en el 2009. Francia (FR), Reino Unido (UK), España (ES), Alemania (DE), Polonia (PL), Italia (IT). Fuente: Eurostat. 2009.....	96
Gráfico 3.4. Distribución del censo total de gallinas ponedoras por Comunidades Autónomas en el 2009.....	98
Gráfico 3.5. Distribución de la producción total de huevos por Comunidades Autónomas en el 2009.....	99
Gráfico 3.6. Producción total de huevos en la Unión Europea en el año 2010.....	102
Gráfico 3.7. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 1 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.....	135
Gráfico 3.8. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 2 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.....	135
Gráfico 3.9. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 3 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.....	137

TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y ANEXOS

Gráfico 3.10. Consumo individual acumulado en g. en los pollos (M) y pollitas (H) de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) para cada uno de los tres lotes (1, 2 y 3) en las primeras 20 semanas de vida.....	170
Gráfico 3.11. Promedio del porcentaje de puesta de las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 de vida.....	194
Gráfico 3.12. Promedio del número de huevos acumulado (N ^a HU AC) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 de vida.....	195
Gráfico 3.13. Estimación para el peso del huevo del lote 1 de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).....	207
Gráfico 3.14. Estimación para el peso del huevo del lote 2 de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).....	207
Gráfico 3.15. Estimación para el peso del huevo del lote 3 de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).....	208
Gráfico 3.16. Estimación para el peso del huevo en la raza Ibicenca (IB), en los tres lotes (1, 2 y 3).....	209
Gráfico 3.17. Estimación para el peso del huevo en la raza Mallorquina (MA) en los tres lotes (1, 2 y 3).....	210
Gráfico 3.18. Estimación para el peso del huevo en la raza Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3).....	211
Gráfico 3.19. Consumo de pienso promedio (g.) de los tres lotes de gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) a las 26, 31, 52 y 72 semanas de vida.....	218
Gráfico 4.1. Porcentaje de loci polimórficos en las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorquina (MA).....	294

FIGURAS.

Figura 1.1. Mapa de España con la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares y las tres razas de gallinas baleares: Menorca, Mallorquina e Ibicenca.....	16
Figura 1.2. Estado de riesgo de las diferentes especies de ganado. (FAO).....	33
Figura 1.3. Estado de riesgo para todas las especies ganaderas en general y para los mamíferos y aves en particular. (FAO).....	33
Figura 2.1. Representación canónica de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA).sobre el plano factorial I-II.....	76
Figura 2.2. Diagrama de Neighbor-Joining para las distancias de Mahalanobis basadas en medidas zoométricas de las tres razas de gallinas Baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA).....	77
Figura 3.1. Distribución de la producción de huevos en el Estado Español (en miles de docenas) por Comunidades Autónomas.....	99
Figura 4.1. Esquema del proceso de la técnica PCR.....	243
Figura 4.2. Clasificación de los métodos de construcción de árboles filogenéticos.....	261

TABLAS, GRÁFICOS, FIGURAS Y ANEXOS

Figura 4.3. Dendrograma N-J a partir de la distancia genética estándar de Nei (Nei, 1972) para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorquina (MA).....	308
Figura 4.4. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorquina (MA).....	310
Figura 4.5. Descripción de los cuatro pasos básicos (A-D) del método para la estimación de la K más probable descrito por Evanno et al.....	311
Figura 4.6. Estimación de la estructura poblacional de las gallinas Baleares.....	314

ANEXOS.

Anexo 7.1. Tabla de correlación de la raza Ibicenca.....	361
Anexo 7.2. Tabla de correlación de la raza Menorca.....	362
Anexo 7.3. Tabla de correlación de la raza Mallorquina.....	363

1. INTRODUCCIÓN GENERAL.

1.1. CONCEPTO DE RAZA.

El concepto de raza resulta de entrada controvertido, pues son muchas las definiciones de éste que han sido acuñadas a lo largo de la historia por diversos autores (González,1903;Kronacher,1937;Aparicio,1956;Alderson,1974;Turton,1974;Orozco,1985; Rodero y Herrera, 1998 y 2000; Schefert,2000; Cavalli Sforza, 2000; Sierra, 2001).

Éste ha llevado de forma inherente siempre implícita una condición dinámica, que se achaca tanto a lo que pretende definir como a las distintas acepciones que de éste se han ido dando a lo largo del tiempo en función de la corriente científica imperante.

Vamos a revisar las definiciones más recientes que se han dado de raza, considerando las aportadas a partir de la segunda mitad del s.XX. Así, según Aparicio (1956), *“las razas constituyen conjuntos de individuos con caracteres morfológicos, fisiológicos y psicológicos propios, por los que se les distingue de otros de su misma especie y que son transmisibles por herencia dentro de un margen de fluctuación conocido”*.

Alderson (1974) define a las razas como *“los grupos de animales de características similares que reproduciéndose entre sí dan una progenie del mismo tipo, dentro de los estándares publicados por la organización de registro”*.

Schefert (2000) hace referencia a este concepto como el *“grupo subespecífico de animales domésticos con características externas definidas e identificables que le permite ser diferenciado por apreciación visual de otros grupos definidos de la misma especie”*.

La FAO (Feed and Agriculture Organisation), organismo de la ONU destinado al trabajo de las cuestiones relacionadas con la producción de alimentos y la alimentación, trata a las razas como unidades más bien culturales que técnicas, y las define como *“un grupo subespecífico de animales domésticos con características externas identificables y definibles que posibilitan su separación de otros grupos definidos similares dentro de las mismas especies mediante una evaluación visual o un grupo de animales para el cual la separación geográfica y/o cultural de otros fenotípicamente similares, le ha permitido que se acepte para ellos una identidad distinta.”*

Orozco (1985) ofrece una visión de las razas que quizás podría ser de gran ayuda para esclarecer el concepto.

Este autor cita textualmente que *“nadie puede impedirle a un ganadero, a un técnico o a cualquier persona que tenga acceso a un conjunto de animales definir una población concreta como raza. Si para ello se basa en unas características determinadas, objetivas, uniformes y distintas a las de otras poblaciones, puede hablar, si quiere, de una nueva raza. La raza es simplemente estar de acuerdo con unas características concretas y muy exigentes, perfección en color, tipo, porte, medidas de diferentes partes del cuerpo bien determinadas, etc. Y si la raza está definida así, no hay ninguna objeción que hacer.*

La raza, consciente o inconscientemente, ha sido hecha por el hombre, aunque con la intervención del medio actuando a través de la selección natural”.

Sierra (2001), hace referencia a raza como un *“concepto técnico-científico, identificador y diferenciador de un grupo de animales, a través de una serie de características (morfológicas, productivas, psicológicas, de adaptación, etc) que son transmisibles a la descendencia, manteniendo por otra parte una cierta variabilidad y dinámica evolutiva”.*

Desde un punto de vista de clasificación taxonómica, cada raza queda encuadrada en un orden jerárquico, entre la especie, en lo más alto, y las subrazas, variedades y estirpes en lo más bajo, y en definitiva, las razas podrían definirse *“como poblaciones que se distinguen por un conjunto de caracteres visibles exteriormente (morfológicos, biométricos y funcionales), que están determinados genéticamente y que se han diferenciado de otras de la misma especie a lo largo del proceso histórico, teniendo en cuenta que se han originado y localizado en un área determinada con un ambiente común y en cuya formación intervienen dos procesos, uno biológico y otro antropológico”* (Rodero y Herrera, 1998 y 2000).

Herrera (2002) también define el concepto de Agrupación Racial como el *“grupo de animales domésticos con uniformidad de caracteres visibles, pero de homogeneidad no demostrada científicamente”.*

En el transcurso histórico, según Denis (1982) las razas pasan por diferentes estadios en los que primero son subespecies geográficas (previas a la domesticación), luego se convierten en razas primitivas (con una limitada intervención del hombre), posteriormente evolucionan a razas naturales (etapa de transición a las actuales), a continuación adquieren el estatus de razas actuales (intensa intervención del hombre

pero conservando el carácter regional), e incluso existe un paso más, pudiéndose definir las razas mejoradas, las cuales poseen una proyección internacional.

De todas las definiciones anteriormente expuestas podríamos llegar a la conclusión de que para realizar la catalogación de una población animal como raza, ésta debería reunir al menos tres requisitos: homogeneidad morfológica entre sus integrantes, diferenciación de éstos respecto a grupos cercanos, y la perpetuación de estas características diferenciadas a través de la descendencia.

En el proceso de diferenciación de las razas intervienen diferentes mecanismos como el efecto de las mutaciones, el aislamiento reproductivo, la deriva genética, la selección natural y la artificial llevada a cabo por el hombre. A efectos prácticos es importante considerar dos periodos bien diferenciados en este proceso de formación de las razas, uno previo a su constitución desde el punto de vista zootécnico y otro posterior, en el que existe un reconocimiento administrativo, oficial y técnico. En este segundo periodo intervienen factores de muy diversa índole. Quizás podríamos concluir que en la práctica, una raza es aquella población de animales domésticos que la entidad administrativa competente estima como tal, haciendo hincapié en que cada país tiene su propio marco legislativo para proceder al reconocimiento oficial de las razas, que si bien se sustenta en exhaustivos estudios científicos y cuenta con asesoramiento técnico, también influyen en gran medida en dicho proceso, factores políticos, administrativos y económicos.

1.2. LAS RAZAS DE GALLINAS BALEARES.

Las Islas Baleares por su calidad de archipiélago, son una comunidad autónoma dotada de una amplia diversidad de razas ganaderas.

Probablemente las características insulares de nuestra región y su especial situación logística en el Mediterráneo, fueron las responsables de que nuestro archipiélago constituyera una localización geográfica muy disputada entre los diversos pueblos del Mediterráneo, siendo tierra de asentamiento de culturas muy dispares hasta la conquista catalana.

Estos numerosos pueblos colonizadores no ocuparon de forma uniforme todas las islas. Además, cada uno de ellos pudo traer consigo animales domésticos originarios de sus regiones a medida que ocupaban las islas, los cuales se fueron adaptando a las condiciones particulares de cada isla o se hibridaron con los que ya pudieran existir en éstas de las anteriores civilizaciones.

Si a ello le sumamos, el carácter aislado, poco viajero y comercial de los habitantes de estas islas en estos últimos siglos, puesto que apenas existió relación entre las diversas islas del archipiélago, puede que todo ello, haya desembocado en la actual diferenciación de razas existentes, convirtiendo al archipiélago balear en una de las comunidades autónomas con más diversidad de recursos zoogenéticos ganaderos del estado español.

Así de forma general cada isla habría tenido desde antaño sus propias razas ganaderas autóctonas, las cuales han sido cruciales para la subsistencia de sus pobladores.

Si hacemos referencia concreta a las gallinas, tradicionalmente habría una población característica en la isla de Mallorca, otra en la de Menorca y otra en la isla de Ibiza.

La aparición de razas ganaderas con mayor capacidad productiva durante el segundo tercio del siglo XX, ocasionó la hibridación con éstas y la sustitución de razas autóctonas españolas en pureza, condenando a muchas de ellas a casi su total desaparición (García y Cordero, 2006).

Desgraciadamente la problemática sufrida por las razas autóctonas en las Islas Baleares, no ha sido distinta de la existente en el resto del país, y con el desarrollo y mejora de las comunicaciones marítimas con la Península, el modelo productivo de la ganadería industrial que defendía el uso de razas selectas mejoradas más productivas, también se extendió al archipiélago balear.

En avicultura, ello supuso que muchos ejemplares en pureza de gallinas de cada raza balear se cruzaran con estirpes comerciales más ponedoras y/o cárnicas, cuando no se sustituyeran poblaciones enteras de razas locales por esas más productivas, relegándolas casi a su total desaparición (Cubiló et al., 2006).

En el seno de esta situación de alarma, la conservación de algunos ejemplares por parte de algunos ganaderos insulares sensibilizados no dispuestos a perder del todo ese patrimonio genético muestra de identidad cultural, y el apoyo técnico y administrativo de algunas instituciones insulares, permitió la implantación de programas de recuperación, conservación y mejora productiva de estas razas autóctonas con el objetivo de volverlas a introducir en nuestras islas recuperando el papel productivo que antaño tuvieron y satisfacer las exigencias del mercado local.

En las Islas Baleares existen actualmente tres razas de gallinas oficialmente reconocidas por el Estado Español, categorizadas como en Peligro de Extinción: la gallina Menorca, la gallina Mallorquina y la gallina Ibicenca, originarias cada una de las islas Menorca, Mallorca e Ibiza respectivamente. En la figura 1.1. se muestra la localización del archipiélago balear y las gallinas autóctonas de cada isla.

Las dos primeras consiguieron su reconocimiento oficial en el año 2004, en base al RD 1687/1997 con la orden APA/3280/2004, mientras la gallina Ibicenca ha sido incorporada al Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España más recientemente, en junio de 2011 (BOE núm. 39 del 15 de febrero de 2012, Orden AAA/251/29/2012 del 9 de febrero por la que se modifica el Anexo I del Real Decreto 2129/2008 de 26 de diciembre).



Figura 1.1. Mapa de España con la Comunidad Autónoma de las Islas Baleares y las tres razas de gallinas baleares: Menorca, Mallorquina e Ibicenca.

A continuación se detallarán los antecedentes históricos y productivos más relevantes de cada una de estas tres razas de gallinas baleares.

1.2.1. LA GALLINA MENORCA.

La gallina de raza Menorca es la más cosmopolita de las tres razas baleares y la que posee una mayor historia escrita, y aunque se desconoce la fecha exacta de su origen, hallazgos prehistóricos pertenecientes a la época talaiótica demuestran que existen restos de estas gallinas datados entre los años 1000 y 600 a. de C., cuando aún era totalmente desconocida su presencia en la zona occidental de la Península Ibérica. (información obtenida del informe del Reconocimiento oficial de la gallina Menorca)

La primera referencia bibliográfica de esta raza es de 1752, en la que J. Amstrong, noble militar inglés desterrado a la isla de Menorca, describe la existencia de esta gallina de coloración negra en su libro "Historia de la Isla de Menorca".

Además, existen evidencias bibliográficas de la importación de gallinas de esta raza a Inglaterra a partir del año 1830, donde fue rápidamente difundida. Muestra de esta gran aceptación, fue la creación del primer club de esta raza a principios del siglo XIX (Orozco, 1989).

Diversas fuentes bibliográficas corroboran que los ingleses realizaron una gran labor de selección con esta raza, existiendo constancia de su exhibición en ferias y exposiciones agrícolas como la de Bristol, así como una importante difusión mundial. Según la bibliografía, esta raza se extendió por Europa, llegando a Alemania en 1880 desde donde alcanzó otros países del continente, y posteriormente a través de las rutas comerciales británicas y holandesas, se expandió a América, África del Sur y Nueva Zelanda. (Orozco, 1989a).



Fotos 1.1 y 1.2. Ejemplares de gallo y gallina de raza Menorca participantes en concursos morfológicos en Inglaterra. A la izquierda, el *Mcnab Minorca* de Lord Dewars, Campeón Supremo de la Olimpiada de 1924. A la derecha, *Lady Brenda*, Campeona del Club Show y de todas las razas en 1932 de Tom Sedden.

(http://www.poultryphotos.co.uk/minorca_montage.htm)

Datos bibliográficos de los años 20 relatan que a pesar de que la situación de la raza en la isla de Menorca fuera inestable, existía cierta actividad de selección, aunque productiva como ave de puesta sin considerar el criterio morfológico, el cual tenía mayor peso en la raza que se criaba en el panorama internacional.

Muestra del interés por la cría de esta raza fueron la celebración de concursos avícolas donde participaba la raza de Menorca, realización de cursos de formación en manejo reproductivo a cargo del Sr. Salvador Castelló (Real Escuela de Avicultura de Arenys de Mar) y los artículos relacionados con esta raza y su producción en la “Revista de Menorca” en los años 1907 y 1922 y en “Avicultura Industrial” en el año 1943.

Antaño se la conocía también con el nombre de Española de Cara Roja, pero posteriormente fue designada como gallina de raza Menorca, nombre con el que actualmente se la conoce en todo el mundo.

Gracias a la actuación de determinados criadores en la isla de Menorca con la voluntad de seguir protegiendo y mejorando la gallina local como parte de su identidad, a finales de los años 60, se inició un programa de recuperación a partir de los pocos núcleos existentes en los que estas gallinas conservaban aún las características primitivas de las Gallinas de Raza Menorca, lo cual fue fundamental para asegurar su continuidad.

Desafortunadamente, durante el segundo tercio del siglo XX, la población de gallinas de raza Menorca disminuyó drásticamente, lo que se achaca a la implantación del modelo productivo industrial, hibridándose ésta con las estirpes ponedoras o bien sustituyéndose totalmente por éstas.

Tan crítica era la situación en la isla, que en los años 70 y 80 tuvieron que realizarse reintroducciones con ejemplares procedentes de Inglaterra (Catchot, 2001).



Foto 1.3. Detalle de la cabeza de un gallo de raza Menorca.

Puesto que allí, esa raza disponía de un gran prestigio y su cría estaba muy extendida, existiendo ya desde antaño, asociaciones que velaban por la raza, tanto en Inglaterra como en Alemania o Estados Unidos.

El directorio del profesor Somes, de la Universidad de Connecticut (Estados Unidos), recalca en esta época (1978), en el *International Registry of Poultry Genetic Stocks*, 16 referencias de centros de cría repartidos por todo el mundo en los cuales se mantenían ejemplares de raza Menorca.

Así, otras fuentes bibliográficas determinaban una presencia muy sólida de esta raza también en Holanda, Canadá e incluso Sudáfrica.

Aunque en este caso, se explotaba exclusivamente la función ornamental de la raza, también denominada deportiva, donde primaba la morfología sobre cualquier aptitud productiva de ésta (Catchot, 2001).

Sin embargo, esta fama internacional como ave ornamental, seguía contrastando con la drástica posición de ave productiva en la isla de Menorca en los años 90, relegándola a una situación de elevado riesgo de desaparición en ella. Únicamente se mantenía una pequeña población en el centro de Capacitación de Sa Granja de Maó, la cual distribuía huevos para difundir su cría, tal como indicó Pons en 1999.

El papel de Pons fue crucial para la constitución en el año 2001, de una asociación que velara por el mantenimiento y cría de las gallinas de raza Menorca, la *Associació de Gallines Menorquines* (ASSOGAME), tal como aparece descrito en la bibliografía (Buenaventura, 2003).

Según fuentes bibliográficas sólo existían en marzo de 2003, unos 200 ejemplares de esta raza en las Islas Baleares, poniéndose de manifiesto la necesidad extrema de la implantación de un plan de actuación que asentara genéticamente una raza tan conocida internacionalmente.



Foto 1.4. Gallina de raza Menorca.

En el año 2004, esta raza obtuvo su reconocimiento oficial como tal y fue incluida en el catálogo estatal de razas ganaderas, cuya referencia aparece en el apartado anterior.

Y en ese mismo año, mediante un proyecto financiado por el programa *Leader IIIa de Menorca*, se llevó a cabo un trabajo de recuperación y un estudio sobre caracterización productiva de la gallina de raza Menorca, en el que intervinieron además de ASSOGAME, el *Consell Insular de Menorca* (CIME), el *Institut de Biologia Animal de les Illes Balears* (IBAB,SA), el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries* (IRTA) y la Universidad de *Lleida* (UdL), con el que se consiguió la formación de una población base de gallina Menorca así como el estudio de los parámetros de crecimiento y puesta de la población formada. Los resultados derivados de este estudio fueron publicados (Villalba et al., 2007).

ASSOGAME adquirió el reconocimiento oficial por parte de la administración para velar por la cría y fomento de esta raza y el permiso para llevar su Libro Genealógico en marzo del 2006.

Actualmente se hace difícil calcular el número de aficionados en todo el mundo que hoy día disponen en sus corrales de gallinas de la raza Menorca pero, se puede afirmar que se encuentran en todos los continentes. Aunque no podemos eludir el hecho de que la pervivencia en su isla de origen haya sido bastante complicada en algunos momentos, donde llegó a extinguirse casi por completo.

Diversos autores han dejado constancia escrita de las características morfológicas de esta raza (Payeras y Falconer, 1998; Anguera, 2006) y su estándar racial puede consultarse en el libro Gallinas de Raza (Francesch, 2006).



Fotos 1.5. Gallo de raza Menorca.

1.2.1. LA GALLINA MALLORQUINA.

Por lo que respecta a la Gallina Mallorquina, ésta no posee una historia tan extensa como la Menorca y la primera referencia que de ella encontramos data de los años treinta (Francesch, 2006), pues ésta ya se exponía en ferias y muestras avícolas.

Parece ser que ya en estos eventos concursaba en la categoría de especie con estándar ya fijado y con unas variedades de color ya definidas. No obstante, este estándar no ha sido localizado y se desconocen los detalles del proceso de formación de esta gallina.

Su producción de carne y huevos ha estado vinculada a una economía casera en las zonas rurales de la isla de Mallorca, siendo una raza rústica de crecimiento lento.

No fue hasta finales de la década de los 80, concretamente en 1988, cuando Serra enumeró sus principales características. A finales de la década de los 90, ya en 1998, Quetglas, Payeras y Falconer recogieron las características morfológicas de estas gallinas, que aparecen publicadas en un libro escrito por Payeras y Falconer en 1998.

Estas descripciones sentaron las bases para realizar los estudios que permitieron a Francesch, Payeras y Sanchís, en el año 2000, establecer ya un patrón racial en base a la población existente en la isla de Mallorca.

En general ésta es considerada como un ave de tipo Mediterráneo, de carácter valiente y elegante, con una cresta sencilla y derecha, orejillas blancas y el plumaje ceñido.

Se definieron cuatro variedades de gallina Mallorquina: Trigueña con el manto del gallo pajizo, Aperdizada, Negra con el manto del gallo plateado (Abedul) y Negra Barrada con el manto del gallo plateado.

Una vez realizada la definición del estándar en el marco de colaboración establecido, el mismo equipo de trabajo llevó a cabo la fijación de la variedad Trigueña Pajiza o *Rossa*.

Tal como se ha mencionado anteriormente, la Gallina Mallorquina adquirió su reconocimiento oficial como raza en el año 2004.

En esa misma época se materializó la creación de una asociación que velara por su recuperación y fomentara su cría, la “*Associació d'Avicultors de Gallina Mallorquina*” (AVIMA). Y en marzo del 2006 dicha asociación obtuvo el reconocimiento oficial de la administración para realizar la gestión de su libro genealógico, cuya propuesta de estructura y norma que rigiera su funcionamiento también fue presentada.

Las características morfológicas de esta raza de gallinas también están recogidas en una publicación de Anguera (2006) y su estándar racial también se encuentra disponible en el libro *Gallinas de Raza* (Francesch, 2006).



Fotos 1.6 y 1.7. Gallinas y gallo de raza Mallorquina variedad *Trigueña Paja*.

1.2.1. LA GALLINA IBICENCA.

Al igual que sucede con la gallina Mallorquina, no existen datos bibliográficos antiguos a los que hacer referencia en cuanto a aspectos morfológicos de esta raza, pues éstas convivían con los payeses en las casas rurales siendo explotadas para su autoconsumo, abasteciendo de huevos y carne a sus familias y si existía excedente, entonces se destinaba a la venta para la población local o para la exportación.

En lo que respecta al uso productivo sí que hemos encontrado información bibliográfica, que nos demuestra que en épocas pasadas en la isla de Ibiza se criaban gallinas (Vuillier, 1893; Lluís Salvador, 1900; Navarro, 1901) con el único fin de ser productores de carne y huevos y sin existir una tradición de coleccionarlas o seleccionarlas por su morfología, tal como se ha visto en la raza de Menorca, por lo que no tenemos ninguna información de cómo eran, teniendo por seguro, que serían las autóctonas de nuestra isla.

A pesar de que el nombre oficial de esta raza es el de Ibicenca, y por tanto podríamos pensar que fuese únicamente relativo a la isla de Ibiza, debemos comentar en este punto que Ibiza siempre ha estado asociada a una isla vecina menor situada al sur de ésta, Formentera, siendo el conjunto formado por ambas conocido con el nombre de Islas Pitiüsas.



Foto 1.8. Típica gallina Ibicenca negra semipesada en el pueblo de Santa Eulalia (Ibiza, 1929).

(Martin Davies)

Estas dos islas fueron gestionadas administrativamente de forma conjunta mediante un único Consejo Insular hasta el año 2007, en el que se creó el *Consell Insular de Formentera*.

A diferencia de Ibiza, que ha sido un enclave geográfico estratégico para muchos pueblos como fenicios, púnicos, romanos, vándalos, árabes y catalanes, la Pitiüsa Menor, ha sido desde antaño muy difícil de poblar por todos estos colonizadores.

Los motivos más importantes que explican este impedimento para la colonización son la conflictiva situación geográfica de la isla, la escasa disposición de recursos, las pestes y algunos problemas jurisdiccionales. Todo ello hace que no encontremos referencias bibliográficas de presencia humana en Formentera hasta mediados del siglo XVII en las que se relata que propietarios ibicencos tenían ya animales en esta isla (Marí J., 2000).

Aunque no será hasta finales de este mismo siglo y principios del XVIII, cuando se inicie el repoblamiento definitivo de la isla. Los pobladores ibicencos se llevaron consigo animales domésticos ganaderos a la isla vecina, por lo que es lógico pensar que se incluyó a las gallinas, hecho que nos permitiría decir con casi total seguridad, que la gallina Ibicenca es la gallina típica de las Islas Pitiüsas.



Foto 1.9. Gallina de Raza Ibicenca, variedad *Negra Plateada*.

No será hasta finales del siglo XX, cuando empiezan a aparecer las primeras menciones sobre las características morfológicas o productivas de esta gallina (Pedro, 1990 y 2003; Payeras y Falconer, 1998; Anguera, 2006).

Payeras y Falconer (1998) recogen información además sobre su origen, citando que la gallina Ibicenca o Pitiüsa se diferencia claramente de las razas Mallorquina y Menorca, pues aún estando la gallina Ibicenca encuadrada dentro del tronco Mediterráneo como éstas dos, presenta también características morfológicas típicas del tronco Atlántico, tales como el tipo más pesado, la cresta más pequeña y el color rojo de las orejillas.

Todos estos autores ya recalcan por aquella época que la población de gallina Ibicenca se encontraba aún en una fase de preestandarización y era de suma importancia crear su patrón racial y llevar a cabo el reconocimiento de dicha raza por los organismos oficiales.

Una vez publicado oficialmente el reconocimiento de las razas Mallorquina y Menorca en el año 2004, dentro del marco de los programas de Conservación de Recursos Genéticos, el *Govern Balear* incorporó la gallina Ibicenca en los estudios de caracterización con el objetivo de llegar a obtener su reconocimiento oficial como raza.

Se contactó entonces con los criadores susceptibles de tener gallinas de raza a los que se les propuso la participación en un programa de recuperación de la misma. Estos criadores se organizaron creando una asociación en el año 2005, la "*Associació de criadors de Gallina Eivissenca*".

Así en el año 2007, el gobierno autonómico incorporó en sus registros oficiales a la gallina Ibicenca como Agrupación Racial (Decreto 5/2007, de 2 de febrero, por el que se aprueba el Catálogo de Agrupaciones Raciales de los Animales Domésticos Autóctonos de las Illes Balears y se regulan las entidades dedicadas a su fomento (BOIB núm. 20, de 2 de agosto de 2007).

Un año después, en el 2008, el *Consell Insular de Eivissa*, administración competente en la materia, reconoció a la *Associació de Criadors de Gallina Eivissenca* como asociación oficial para dar soporte y fomento a dicha agrupación.

Es en ese mismo año 2008, en el seno del proyecto de caracterización comparada de las gallinas baleares, cuando se inician los estudios morfológicos para empezar a definir la gallina Ibicenca, una base fundamental de los cuales, fueron los estudios de la genética del color, concretamente del Locus E, responsable de la coloración general del ave (Francesch et al., 2009).

Estos estudios, junto a los resultados obtenidos en los trabajos morfológicos realizados en el marco del proyecto de caracterización comparada, han permitido proceder a la definición y estandarización de la gallina Ibicenca.

Se han descrito tres variedades y su estándar puede encontrarse en el informe de reconocimiento oficial de la gallina Ibicenca (Méndez et al., 2011b), disponible en la web de la Federación Pitiusa de Razas Autóctonas (FEPIRA). (http://www.razas-autoctonas.com/images/reconocimiento_gallina_oct2011.pdf)

La gallina Ibicenca, que inició su participación en el estudio de caracterización comparada de las gallinas baleares, del cual se deriva esta tesis, como Agrupación Racial, obtuvo en junio de 2011, su reconocimiento oficial como raza, incluyéndose en el Catálogo Oficial de Razas Autóctonas de España (BOE núm. 39 del 15 de febrero de 2012, Orden AAA/251/29/2012 del 9 de febrero por la que se modifica el Anexo I del Real Decreto 2129/2008 de 26 de diciembre), cumpliéndose por tanto, uno de los objetivos finales de dicha caracterización comparada.



Fotos 1.10. y 1.11. Gallinas y Gallo de raza ibicenca, variedad *Trigueña Plateada*.

1.3. CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS.

1.3.1. BIODIVERSIDAD DE LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.

La biodiversidad se define como el conjunto de ecosistemas, especies y variedades genéticas existentes en un país, según la Convención sobre Biodiversidad celebrada en Río de Janeiro en 1992.

Hay que tener en cuenta que cada país es soberano de la biodiversidad presente, pero que toda ella se considera un bien de toda la humanidad.

De esa biodiversidad forma parte también *“la biodiversidad para la alimentación y la agricultura que engloba los componentes de la diversidad biológica que son esenciales para alimentar a las poblaciones humanas y mejorar la calidad de vida. Comprende la variedad y la variabilidad de los ecosistemas, los animales, las plantas y los microorganismos a nivel genético, de especie y de ecosistema, necesarias para sostener la vida humana y las funciones clave de los ecosistemas.”* (FAO, Food and Agriculture Organisation, www.fao.org).

La FAO apunta que *“tal diversidad es el resultado de miles de años de actividades agrícolas y ganaderas, de utilización de la tierra y los bosques, así como de actividades pesqueras y acuícolas en combinación con millones de años de selección natural, remarcando que “la mayor parte de la población humana vive en zonas en las que la producción de alimentos y la naturaleza coexisten”.*

Este organismo también hace hincapié en que *“la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura desempeñan un papel crucial en la lucha contra el hambre garantizando la sostenibilidad medioambiental y aumentando la producción agrícola y de alimentos”.*

Ello significaría que la explotación de los recursos debiera hacerse sin comprometer el capital natural, incluidos los servicios ecosistémicos y la biodiversidad, aprovechando al máximo los procesos biológicos. Por lo que recalca que *“será necesario mantener y utilizar de forma sostenible una diversidad genética y de especies elevada y que dicha diversidad además contribuirá a mantener y rehabilitar los ecosistemas productivos para que las generaciones futuras cuenten con alimentos abundantes y una agricultura próspera”.*

Dentro de este gran concepto de biodiversidad, dejando al margen la vegetal, trataremos la diversidad de los animales domésticos (DAD), la que está compuesta por los recursos genéticos animales (RGA), que son especies, razas y estirpes de bovinos, ovinos, caprinos, equinos, porcinos, búfalos y aves de corral que suponen un interés económico, científico y cultural para la agricultura (FAO, 1988).

La biodiversidad de las aproximadamente 35 especies que han sido domesticadas para su uso en la agricultura y la producción de alimentos es el principal capital biológico para el fomento del sector ganadero y es fundamental para la seguridad alimentaria y el desarrollo rural sostenible. Muchas razas autóctonas, algunas de las cuales se encuentran en peligro de extinción, presentan características como la capacidad de resistencia al estrés climático y a enfermedades y parásitos, que hacen que estén bien adaptadas a las condiciones locales y que podrían ser de gran importancia para la producción ganadera en el futuro. Pese a ello, a menudo este recurso se descuida y su gestión es escasa.

1.3.2. PÉRDIDA DE DIVERSIDAD EN LOS ANIMALES DOMÉSTICOS.

No fue hasta la década de los 90, cuando comenzó a vislumbrarse la naciente preocupación por la rápida pérdida de esta biodiversidad que amenazaba al planeta.

Es conocido el movimiento de sensibilización sobre las razas autóctonas que desde la segunda mitad del siglo XX se viene desarrollando, impulsado y dirigido por la FAO, con la colaboración de numerosos países y organismos privados.

Podemos enumerar múltiples factores que suponen una amenaza contra la biodiversidad como la rápida y uniforme dispersión del modelo productivo intensivo aplicado en gran parte de la superficie del planeta, la globalización del mercado internacional y/o la demanda cambiante de los mercados, los cruzamientos absorbentes con otras razas, los brotes de enfermedades y sus programas de control, la degradación de los ecosistemas donde habitan, los desastres naturales o la aplicación de políticas de desarrollo y estrategias de gestión ganadera inadecuadas.

El desarrollo de la ganadería durante el siglo XX se centró en un número muy reducido de razas en todo el mundo, con frecuencia sin la debida reflexión acerca de la manera en que los distintos entornos de producción influyen en la capacidad de los animales para sobrevivir, producir y reproducirse, apunta la FAO.

La aplicación del modelo productivo ganadero de tipo industrial o intensivo basado en la explotación de un reducido número de razas pero altamente seleccionadas para producir elevadas cantidades de carne, leche o huevos en condiciones ambientales muy controladas es uno de los principales responsables de la extinción de las razas (FAO, 1998).

Estas pocas razas comerciales no ofrecen una reserva genética suficiente para el futuro, puesto que la selección en este tipo de producción implica un declive de la diversidad genética dentro de las razas o líneas altamente productivas. Además, las razas locales existentes y adaptadas a las diversas regiones del planeta se van reemplazando progresivamente por estas otras razas más selectas, lo cual las conduce a la desaparición o al riesgo de extinción.

A partir de ahí, paralelamente a la expansión internacional del modelo de producción industrial, fue aumentando progresivamente el interés mundial en el estudio y conocimiento de las razas y agrupaciones raciales autóctonas, especialmente desde que la FAO manifestara esta situación de alarma de los recursos zoogenéticos y contemplara la trascendencia de “identificar, evaluar, utilizar eficazmente y conservarlos”.

Como consecuencia de ello se realizaron encuestas para el establecimiento de bases de datos de los recursos zoogenéticos existentes, propuestas por la Federación Europea de Zootecnia y se creó un banco de datos para estos recursos.

Otra acción orientada a la necesidad de conservación de la biodiversidad fue la celebración del convenio sobre la Diversidad Biológica en Río de Janeiro durante la “Cumbre de la Tierra” en junio de 1992.

Ese mismo año la FAO elaboró un protocolo para la conservación de poblaciones en peligro de extinción con el que estandarizar el trabajo de los países en este ámbito y que que aún hoy día, tiene validez.

Todo ello, llevó a la Unión Europea a publicar en el Diario Oficial de la Comunidad Europea, el reglamento 1467/94 del Consejo de 20 de junio sobre la conservación, caracterización y utilización de los recursos genéticos del sector agrario, remarcando así el deber de cada estado miembro de conservar los recursos genéticos y salvaguardar la diversidad biológica.

Además, la FAO también creó en 1996 una herramienta de comunicación e información internacional para la implementación de estrategias para el ordenamiento de los RGA con el objetivo de coordinar y asesorar a los gobiernos, agencias internacionales, ONGs y otras entidades de los diferentes países del mundo en la gestión de estos RGA, el Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales domésticos (DAD-IS, <http://dad.fao.org/>).



Foto 1.12. Gallos de las razas Menorca al fondo y Mallorquina variedad *Paja*.

Según esta organización, es crucial contar con información amplia y sistematizada de los recursos zoogenéticos para la adaptación y el desarrollo de nuestros sistemas de producción agropecuarios a los cambios drásticos que se están produciendo en el sector ganadero conforme se generaliza la producción a gran escala, como respuesta a la creciente demanda de carne, leche y huevos.

En el estudio de la situación de la biodiversidad ha resultado necesario catalogar el estado de riesgo de los recursos genéticos animales existentes, para el cual se han propuesto distintas clasificaciones a lo largo de los años.

Brooke y Ryder (1978) designaron cinco categorías (I: En Peligro, II: Vulnerable, III: Rara, IV: No amenazada momentáneamente, V: Indeterminada, con datos insuficientes) para clasificar a las especies silvestres, teniendo en cuenta los censos y las tasas de declinación. Posteriormente, Maijala et al. (1984) introdujo el estado de “*población amenazada*” que se da cuando una población se ve impedida para mantener un número de individuos suficiente como para preservar sus características distintivas de las de otras

poblaciones. Entre los diversos factores que afectan al grado de amenaza de una población, podemos encontrar su tamaño actual, su tendencia al cambio, el riesgo de sufrir cruzamientos con otras razas, el que exista una asociación de criadores que vele por la conservación de esa raza y el patrón de distribución de los animales.

La FAO (1998) también establece una categorización del estado del riesgo en siete estamentos en función del número de reproductores, machos, hembras y totales:

1. Extinta: cuando no hay machos (o semen) ni hembras reproductoras (u ovocitos), ni embriones. No es posible recuperar la población.
2. Crítica: cuando hay menos de 100 reproductoras, menos de 5 reproductores, o el número de reproductores totales está en descenso y por debajo de 120, y menos del 80% de ellos son criados en pureza.
3. Crítica mantenida: es una población crítica, pero existen programas activos de conservación o de mejora de la población.
4. En peligro extinción: si el total de hembras reproductoras es menor o igual a 1000 o el número total de machos reproductores es menor o igual a 20; o si el tamaño de la población en general es mayor que 1000 y menor o igual a 1200, con tendencia decreciente y el porcentaje de hembras que se aparean con machos de su misma raza es inferior a 80%.
5. En peligro-mantenida: cuando la población está en peligro pero existe un programa de conservación o mejora de la misma.
6. Fuera de peligro: cuando el número de reproductoras es superior a 1000, el de reproductores superior a 20 o el número total de reproductores está por encima de 1200 y en aumento.
7. Desconocida: no hay información disponible que permita evaluar la situación de la población.

Existe otra clasificación, la propuesta por la EAAP (Asociación Europea de Producción Animal), la cual establece la división en cinco categorías en función del incremento de la consanguinidad en 50 años (ΔF):

1. En peligro crítico: ΔF superior al 40%.
2. En peligro: ΔF entre un 26 y un 40%.
3. Ligeramente en peligro: ΔF entre un 16 y un 25%.
4. Posiblemente en peligro: ΔF entre un 5 y un 15%.

5. Fuera de peligro: ΔF por debajo del 5%.

También la Unión Europea dispone de un sistema de clasificación del estado de riesgo de una raza. En este caso establece cual es el número de animales criados en pureza por debajo del cual una raza es considerada como en “riesgo de abandono”. Esta cifra es de 7500 en bovinos, 10000 en ovinos y caprinos, 5000 en equinos, 15000 en porcinos y 25000 en aves (Reglamento CE de la Comisión 445/2002).

El banco de datos mundial para los recursos zoogenéticos para la alimentación y la agricultura de la FAO, contiene información de un total de 7616 razas de ganado de las cuales 1491 razas de todo el mundo pueden desaparecer definitivamente en un futuro próximo. Se estima que alrededor de 20% de las razas están clasificadas como en peligro de extinción. Además, durante los últimos seis años se extinguieron 62 razas, resultando en la pérdida de casi una raza por mes.

Según esta organización, las regiones con la proporción más alta de sus razas clasificadas en peligro de extinción son Europa y el Cáucaso (28% de razas de mamíferos y 49% de razas de aves), y América del Norte (20% de razas de mamíferos y 79% de razas de aves).

A pesar de la dominancia aparente de estas dos regiones, los problemas en otros lados pueden estar ocultos debido al gran número de razas para las que se desconoce su situación de peligro de extinción. Así, en América Latina y el Caribe, el 68% de las razas de mamíferos y el 81% de aves se clasifican como en peligro de extinción. Mientras que en África, el 59% de razas de mamíferos y el 60% de las aves están catalogadas como en peligro de extinción.

A nivel de especies ganaderas, las especies de mamíferos que tienen la mayor proporción de razas en peligro de extinción son los caballos (23%), seguidos de los conejos (20%), cerdos (18%) y bovinos (16%).

En cuanto a aves, de entre las especies más usadas en avicultura, las razas que están en peligro de extinción suponen el 34% en pavos, 33% en gallinas, 31% en gansos y 24% en patos. En la figura 1.2. se puede apreciar el estado de riesgo para las cinco especies de ganado más importantes a nivel internacional según la FAO.

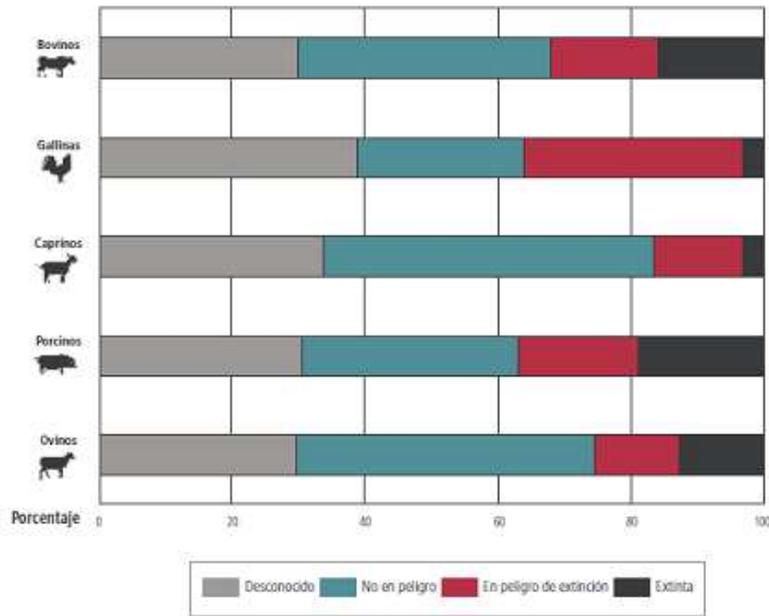


Figura 1.2. Estado de riesgo de las diferentes especies de ganado. (FAO)

En la figura 1.3. se observa de forma más clara a través de los tres gráficos el porcentaje que está en cada estado de riesgo tanto de forma global para todas las especies ganaderas como para los mamíferos y aves por separado, según la FAO.

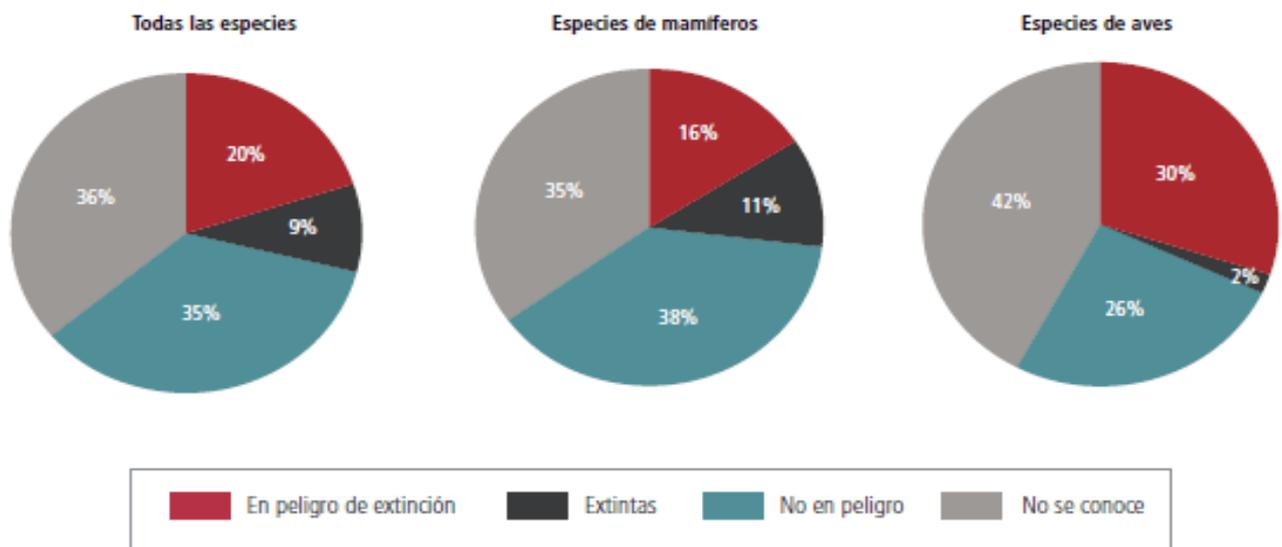


Figura 1.3. Estado de riesgo para todas las especies ganaderas en general y para los mamíferos y aves en particular. (FAO)

Estas cantidades son sólo una parte del panorama de erosión genética ya que no se cuenta con datos poblacionales para el 36% de las razas. Ello significa que recursos genéticos sin información se están perdiendo, antes de que se puedan estudiar sus características y evaluar su potencial, lo cual es sumamente importante.

Por ello la FAO reitera que “*se requieren esfuerzos intensos para entender, priorizar y proteger los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura así como acordar el establecimiento de un tratado internacional para la gestión de estos recursos*”.

1.3.3. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS.

Tal como se ha venido reflejando anteriormente, la diversidad de los animales domésticos ha mermado de manera considerable en los últimos años, muchas razas ya se han perdido para siempre y otras muchas están desapareciendo a un ritmo vertiginoso.

En este punto se pueden exponer una serie de motivos que justifican la conservación de los recursos zoogenéticos que aún existen (Oldenbroek et al., 1999; Estrategia mundial para la ordenación de los recursos genéticos de los animales de granja, FAO, 2000):

- 1) Porque son una oportunidad para futuras demandas del mercado, puesto que en países desarrollados existe una demanda creciente de alimentos especializados de origen animal, lo cual requiere de la diversificación de los sistemas de producción y de los productos animales. Además hay que tener en cuenta el auge progresivo que está teniendo el uso de animales en actividades deportivas y recreativas.
- 2) Porque constituyen un seguro frente a los cambios productivos futuros. El que los sistemas intensivos necesiten alto consumo de fertilizantes, piensos y tratamientos veterinarios requiere de seguimientos a los animales para apreciar cambios en sus respuestas a estos tratamientos, por lo que se necesita disponer de variación genética para realizar así los cambios productivos, por lo que es muy importante contar con variación genética. Por la contra, los modelos productivos alternativos más sostenibles, requieren de la existencia de esa diversidad, pues tienen en el uso de las razas autóctonas como base ganadera uno de sus principios.
- 3) Por su valor socio-económico actual. Existen razas autóctonas que por su rusticidad y adaptación se usan para el aprovechamiento de ambientes marginales, así como se obtienen a partir de ellas también productos regionales diferenciados, constituyendo además una fuente de alimento y sustento que genera ingresos para dichos productores.
- 4) Por constituir una oportunidad para investigación. Muchas líneas de investigación estudian la relación de algunos genes, la resistencia a enfermedades, los aspectos

reproductivos, con la producción y la calidad de los productos, etc. Ello exige de amplia variabilidad para poder llevar a cabo cruzamientos entre razas con diferentes características.

5) Por razones históricas y culturales, puesto que las razas son el resultado de un extenso proceso de domesticación, muestra de una perfecta adaptación a los territorios en donde viven, en el que queda patente una estrecha simbiosis entre el hombre y los animales, que nos afecta como miembros de una sociedad copartícipe de este valioso patrimonio genético, tal como lo demuestra también el que muchos de ellos estén presentes en ceremonias y sean una pieza clave en las costumbres y tradiciones de grupos étnicos.

6) Por su valor ecológico, puesto que la interacción con animales autóctonos constituye un elemento clave en la evolución del ecosistema de cada área. Además, estas razas son imprescindibles en los sistemas de producción agroecológica que quieran desarrollarse en cada localidad.

Existen declaraciones que exponen que los RGA deberían mantenerse per sé sin tener que establecer ningún objetivo ni causa que justifique su conservación.

Tanto si se han fijado objetivos de conservación como si no, por el mero hecho de que somos incapaces de prever las necesidades futuras y de que desconocemos el potencial genético y productivo de la mayoría de razas en peligro de extinción, y no sabemos cuándo podría ser necesario y útil para la humanidad todo este conocimiento, debería ser primordial la inversión en la conservación de los RGA.

1.3.4. CARACTERIZACIÓN DE LOS RECURSOS ZOOGENÉTICOS.

En el año 2007, la FAO, llevó a cabo la publicación del primer informe sobre la situación global de los RGA, en el que se establecía la necesidad de realizar inventarios de razas y proceder a su caracterización y monitarización. A la vez que también establecía recomendaciones para la caracterización y valoración de estos y definía las pautas para la Medida de la Diversidad de los Animales Domésticos (MoDAD).

Así según la FAO, la caracterización tiene como objetivo obtener un mejor conocimiento de los RGA e implica la identificación, descripción y documentación de poblaciones de razas, en relación con los sistemas de producción en los cuales fueron desarrolladas y con los hábitats a los que están adaptadas.

Dicha caracterización puede realizarse con diferentes propósitos, como pudiera ser el proporcionar una valoración del rendimiento esperado de ciertas razas para los diferentes sistemas de producción, o bien el aportar la información necesaria para planificar programas de conservación en caso de razas en peligro de extinción.

Por tanto, siguiendo estas recomendaciones, la evaluación de la importancia de una raza desde la perspectiva de conservación, requiere la síntesis de información desde diversas fuentes, incluyendo:

- Estudios de la diversidad de sus características fenotípicas, información de los atributos y características de adaptación específicas, las cuales definen su identidad.
- Estudios de genética molecular, los cuales proporcionan medidas objetivas de la diversidad entre y dentro de razas, permitiendo estudiar las relaciones genéticas entre ellas así como evidenciar atributos genéticos únicos o fenómenos de aislamiento genético en el pasado.
- Evidencias sobre la importancia histórica o cultural que haya tenido esa raza en el área donde se desarrolló, así como información zootécnica y cualquier otro conocimiento asociado con ella que pudiera ser relevante.

Los métodos y herramientas que se usen para realizar dicha caracterización dependerán del sistema de gestión que se lleve a cabo en cada raza.

1.4. CONSERVACIÓN DE LAS GALLINAS BALEARES.

Ya hemos venido remarcando la crítica situación en la que se encontraban las razas autóctonas ganaderas baleares durante la segunda mitad del siglo XX, la gran mayoría al borde de la extinción, cuando no, las que se seguían explotando por su interés económico, estaban en un proceso evidente de sustitución o cruce con razas mejoradas foráneas (Cubiló et al., 2006).

Desde entonces ha existido una sensibilización por la conservación de estas razas entre los ganaderos baleares, que se ha traducido en la creación de diferentes asociaciones que aúnan esfuerzos para velar por su protección, concienciando a la sociedad balear sobre la importancia de conservar estas razas locales a parte de por su valor productivo,

por ser elementos integrantes de un patrimonio histórico-cultural que nos pertenece a todos.

Este sentimiento proteccionista se inició en la isla de Mallorca, reflejándose en la constitución en 1980 del *Patronat de Races Autòctones de Mallorca (PRAM)*, y posteriormente en 1992, de la *Associació d'Aviram de les Illes Balears (AVIB)*, que englobaba a criadores de distintas especies de aves domésticas autóctonas baleares.

Posteriormente en el año 2000, la voluntad de integración de asociaciones de las demás islas, convirtió al *PRAM* en el *Patronat per a la Recuperació i Defensa de les Races Autòctones de les Illes Balears (PRAIB)*, entidad privada que proporcionaba apoyo técnico y administrativo a todas sus asociaciones componentes.

En este punto, debemos resaltar que la labor de conservación de estas asociaciones se ha llevado a cabo siempre con la colaboración de la Administración Insular y Autonómica. La de esta última se ha manifestado habitualmente a través de su empresa de servicios ganaderos, *Institut de Biologia Animal de les Illes Balears (IBAB,SA)*, realizando la gestión económico-administrativa y técnica de los programas de conservación de forma directa, o mediante convenios con entidades científicas públicas o privadas, siendo algunos de estos, universidades como la Universidad Autónoma de Barcelona o la de Córdoba, u otros centros de investigación como el *Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries (IRTA)* de Cataluña.

La administración realizó en una primera fase una labor previa de soporte a la creación de asociaciones y formación de sus miembros, para constituir la estructura asociativa adecuada que permitiera a los criadores ser promotores de esos programas de conservación. Así, los criadores de cada raza autóctona balear son actualmente miembros de una asociación propia reconocida por la administración autonómica competente, con sus estatutos, que además la autoriza a gestionar su Libro Genealógico. A la vez que todas las asociaciones se integran en el Patronato de Razas Autóctonas de las Islas Baleares de forma voluntaria.

Hasta la fecha, el reconocimiento oficial de las agrupaciones raciales es competencia de la Administración Autonómica mientras que el de las razas, corresponde a la estatal, al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), previa solicitud y

estudio de la misma, en base a las disposiciones legales publicadas en el seno de la Comunidad Autónoma.

Si nos basamos en la normativa existente sobre programas de conservación de razas en peligro de extinción en el Estado Español (RD 997/1999, de 11 de junio sobre fomento de las razas autóctonas españolas de protección especial en peligro de extinción, derogada por el RD 1366/2007, de 19 de octubre por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones destinadas al fomento de las razas autóctonas en peligro de extinción y el RD 2129/2008, de 26 de diciembre, por el que se establece el Programa Nacional de Conservación, Mejora y Fomento de razas ganaderas las cuales figuran en el Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España (RD 1682/1997 de 7 de noviembre, actualizado para distintas razas con posterioridad), derivadas de las bases establecidas en dicha materia en la Unión Europea, previo seguimiento de las recomendaciones de la FAO, se exige para cada una de estas poblaciones, la realización de estudios que contemplen sus aspectos etnológicos, zootécnicos y productivos, así como su caracterización morfológica, reproductiva y genética.

Siguiendo todas estas pautas y en la línea de lo expuesto anteriormente, en el caso concreto de las gallinas, los trabajos y actuaciones realizadas desde de mayo de 2008 a mediados del 2011, forman parte de un Proyecto de Caracterización Comparada de las tres razas de Gallinas Baleares, a nivel morfológico, productivo y genético, el cual ha dado lugar a la presente tesis doctoral y que ha contado con la participación de las asociaciones de criadores de las tres gallinas baleares y tres de las instituciones anteriormente mencionadas: el IBABSA, el IRTA , el PRAIB, además del Consell Insular d'Eivissa (CIE) en alguna fase del proyecto.

Éste queda incluido dentro otro proyecto más global, el Programa General de Conservación de las Gallinas Baleares, en el que se diseñan actuaciones concretas para cada raza acorde a su situación.

Los animales a partir de los cuáles se realizara dicha caracterización comparada nacieron de huevos de tres orígenes distintos en función de la raza estudiada:

-La *“Associació de Gallina Menorquina (ASSOGAME)”* aportó los huevos fértiles de la gallina de raza Menorca originarios de la explotación *“Sa Canera”*, situada en Ciutadella (Menorca).

-La “*Associació d'Avicultors de Gallina Mallorquina*” proporcionó los huevos fértiles de la variedad Pajiza de la gallina Mallorquina.

-Así mismo en el 2008 la “*Associació de criadors de Gallina Eivissenca*” también cedió huevos de la entonces agrupación racial de gallina Ibicenca, pues estos estudios se hacían también con el objetivo de demostrar su distinción y diferenciación como raza, hecho que se produjo en junio del 2011.

Se realizaron tres tandas de incubaciones de huevos de las tres razas, teniendo lugar tres nacimientos o lotes, dos en la isla de Mallorca y uno en la isla de Menorca.

Los resultados específicos de esta caracterización comparada son los que se describen en la presente tesis doctoral.

De forma complementaria, en el marco de este proyecto de caracterización comparada a nivel morfológico, se han realizado dos publicaciones, una relativa a genética del color, concretamente sobre el Locus E en la gallina Ibicenca (Francesch et al., 2009) y otra relativa a la zoometría comparativa de las tres razas (Méndez et al., 2011a).

En la raza Menorca, el estudio de caracterización morfológica y productiva llevado a cabo en Sa Granja (Cubiló et al., 2006) necesitaba de una continuidad que profundizara en el estudio de las posibilidades productivas de la gallina de Menorca, mejorando aquella población base productivamente a la vez que morfológicamente, con lo cual la población derivada de este estudio comparado se ha adherido a la reminiscente de aquella población base.

Actualmente en el año en curso, la gallina de raza Menorca está siguiendo un programa de mejora productiva en el que participan la asociación de criadores ASSOGAME, el IBABSA, el IRTA y el CIME en el que se está llevando un control del pedigrí de los ejemplares a la vez que una exhaustiva selección enfocada a mejorar la puesta de esta raza sin descuidar las características morfológicas que la caracterizan.

Sin embargo, a pesar de los grandes esfuerzos realizados por las entidades anteriormente nombradas, datos del 2010 nos muestran como el censo registrado de esta raza apenas ha aumentado en 100 ejemplares desde el 2001, contabilizándose 309 ejemplares, 233 gallinas y 66 gallos y 22 socios inscritos, lo cual hace patente la necesidad de seguir trabajando e invirtiendo los recursos necesarios para mejorar la

situación de esta raza en la isla de Menorca, a fin de verla presente en el agro de la isla, abasteciendo de huevos y de carne, a las familias menorquinas.

En cuanto a la raza Mallorquina, los estudios de caracterización comparada contaron únicamente con la única variedad fijada en aquel momento, la Pajiza. Debemos mencionar que los resultados que hasta la fecha de hoy han sido divulgados a partir de este proyecto, son los primeros en hacer referencia a la caracterización productiva de la gallina de raza Mallorquina.

En todo este tiempo, la asociación de criadores, en conjunción con el IBABSA y el IRTA, ha continuado mejorando los aspectos morfológicos y productivos de la variedad Pajiza mediante estudios de crecimiento y puesta, y ha emprendido la labor de fijación de la variedad Barrada. Actualmente se está desarrollando por tanto un programa de mejora productiva para la puesta así como el control del pedigrí de estas dos variedades.

Según datos censales oficiales del 2010, la asociación de criadores de esta raza estaba formada por 14 socios criadores y 357 ejemplares, 294 gallinas y 64 gallos, lo cual pone de manifiesto, al igual que en el caso de la raza Menorca, que estamos ante una raza en grave peligro de extinción, por lo que es de una relevancia vital, el trabajo de difusión de la raza que desempeña la asociación así como la realización de estudios productivos que permitan mejorar esta raza encontrando su nicho en el mercado local mallorquín.

Para la gallina Ibicenca si existía un objetivo específico adicional, al cual podía responderse con este proyecto de caracterización comparada, y era demostrar que la agrupación racial gallina Ibicenca constituía un grupo genético diferenciado de las otras dos, lo cual justificaría y evidenciaría su condición de raza.

Cuando se dispuso de los resultados preliminares de la caracterización genética de las tres razas en marzo de 2011, con los datos de ésta y los de la productiva y morfológica, se elaboró un informe técnico con el que optar al reconocimiento oficial de ésta como raza autóctona, que el Comité Nacional de Razas Autóctonas aprobó el 9 de junio del 2011.

Desde entonces las acciones de continuidad en el seno de esta raza pasan por establecer las bases para la publicación de su Libro Genealógico así como continuar con la fijación de las tres variedades definidas en su estandar racial, sin olvidar las labores de fomento de su cría.

1.5. OBJETIVOS GENERALES.

La presente tesis doctoral tiene los siguientes objetivos generales:

- Realizar una caracterización morfológica de las tres razas de gallinas baleares basada en la toma de medidas zoométricas.
- Establecer la caracterización productiva, tanto en crecimiento como en puesta, de las tres razas de gallinas baleares.
- Llevar a cabo una caracterización en diversidad genética de las tres razas de gallinas baleares mediante el uso de marcadores microsatélites.
- Proceder a la comparación de las tres razas en base a los resultados obtenidos en los tres puntos anteriores, y siempre que sea posible, completar dicha comparación contrastándolos con los datos bibliográficos existentes para otras razas de gallinas tanto españolas como foráneas.



Foto 1.13. Gallos de la raza Menorca.

2. ZOMETRÍA COMPARADA DE LAS GALLINAS BALEARES.

2.1. INTRODUCCIÓN.

2.1.1. ANTECEDENTES EN LA APLICACIÓN DE LA ZOOMETRÍA EN AVES.

La Zoometría estudia las formas de los animales mediante mediciones craneales y corporales concretas.

La toma de medidas en aves es una práctica relativamente reciente de la cual no existe mucha bibliografía.

Las primeras referencias encontradas al respecto relatan la toma de 6 medidas zoométricas: peso corporal, longitud corporal, perímetro pectoral, longitud del fémur, longitud del tarso y longitud tarsometatarsiana tanto en machos como en hembras de una población de Pollos Indígenas Senegaleses (Guèye et al., 1998).

Existen también trabajos de este tipo en Pollos Amarillos de Jinghai (Yang et al., 2006), donde se describe la realización de la medición de la longitud corporal, longitud de la quilla, perímetro torácico, longitud del tarso, perímetro del tarso y peso corporal.

Esta recogida de medidas anatómicas también se ha hecho en otras especies de aves como los patos o los gansos. Concretamente en un estudio de una población de Gansos Nativos Turcos (Saatci and Tülkü, 2007) se realiza la toma de 8 medidas zoométricas: peso corporal, diámetro del cráneo, longitud del cuello, longitud corporal, longitud del tronco, perímetro pectoral, longitud del ala y longitud del metatarso.

Existe otro trabajo realizado sobre una población local de Patos de Muscovy (Raji et al., 2009) en el cual se aumenta el número de medidas zoométricas a 10: peso corporal, longitud del metatarso, perímetro del metatarso, longitud femoral, perímetro femoral, perímetro pectoral, anchura pechuga, longitud corporal, longitud del pico y longitud del ala.

En la bibliografía encontramos otro estudio realizado también sobre una población de Patos de Muscovy (Ogah et al., 2009), en el cual se toman el peso corporal, la longitud corporal y el perímetro torácico.

También en Patos de Muscovy africanos se han realizado medidas zoométricas para estudiar el dimorfismo sexual (Yakubu, 2009). En este caso concreto las medidas que se tomaron fueron longitud corporal, longitud del pico, perímetro pectoral, longitud del muslo, longitud del cuello, longitud del metatarso, longitud total de la pierna y longitud del ala.

Además en éste se reporta por primera vez el cálculo de 4 índices morfológicos: índice de masa, que se obtiene de dividir el peso corporal entre la longitud corporal; índice de robustez, que se calcula como el cociente entre el perímetro pectoral y la longitud corporal; índice de la longitud de la pierna, en el cual se divide la longitud total de la pierna entre la longitud corporal y por último, índice de condición, en el cuál se divide el peso corporal entre la longitud del ala.

Ya se habían publicado con anterioridad a éste último, trabajos acerca del uso de la zoometría para estudiar el dimorfismo sexual en gallinas. Dichos datos los encontramos en los estudios realizados en la Gallina Local de la región central de la provincia de Villa Clara en Cuba (Pérez et al., 2004).

En este caso el número de medidas tomadas se eleva a 13: longitud corporal, perímetro pectoral, longitud del muslo, longitud de la pierna, longitud del tarso, longitud del ala, anchura del ala, altura de la cresta, longitud de la orejilla, ancho de la orejilla, longitud de la barbilla, anchura de la barbilla y longitud de la cola.

De características similares es el trabajo realizado sobre una población de pollos indígenas en Botswana (Badubi et al., 2006), donde además de analizarse algunos parámetros productivos, se describe la toma de algunas medidas corporales, entre otros aspectos morfológicos.

Las medidas que se tomaron fueron la longitud corporal, longitud del tarso, tamaño de la cresta, tamaño del pico, peso corporal, longitud de la pierna, longitud de la cola y longitud del espolón en poblaciones de tres regiones diferentes de Botswana.

Por último, también se han usado estas medidas para comparar razas de una misma especie. Uno de los pocos trabajos existentes en este campo y que se ha llevado a cabo recientemente, es la descripción de la metodología para poder caracterizar morfológicamente a las razas de gallinas a través de la toma de medidas zoométricas y su aplicación concreta para comparar dos razas de gallinas autóctonas catalanas (Francesch et al., 2010): la “Pendesenca” variedad aperdizada (Francesch y Jordà, 1988) y la “Empordanesa” variedad rubia (Francesch, 1994).

En este caso se realiza una toma de medidas más exhaustiva, pues se describen un total de 25 medidas.

Además en este trabajo, es también inédito el que las medidas se agrupen y ordenen en diversas categorías: características generales, cabeza, cuello, cuerpo y extremidades. En la primera categoría se engloba el peso corporal, la medida ornitológica y la envergadura.

En lo que respecta a la cabeza, hay un total de 12 medidas: longitud del cráneo, anchura del cráneo, longitud de la cresta, altura de la cresta, longitud ocular, anchura ocular, longitud orejillas, anchura orejillas, longitud barbillas, anchura barbillas, longitud pico y anchura pico.

Cabe mencionar que este trabajo constituye la primera referencia a medidas oculares de las anteriormente revisadas.

En la categoría de cuello se describe la longitud del cuello y en el cuerpo, las medidas a tomar son longitud del dorso, longitud de la quilla, longitud de la cola y ángulo de la pechuga.

Finalmente en el apartado de extremidades se registran la longitud del muslo, longitud de ala plegada, longitud del tarso, diámetro del tarso y longitud del dedo medio.

Además con dichas medidas se plantea el cálculo de 5 índices corporales, índice craneal, índice ocular, índice de la cresta, índice de la orejilla e índice de barbillas.

En cuanto a este estudio de comparación de las dos razas de gallinas autóctonas catalanas (Francesch et al., 2010), se encontraron 9 variables que resultaron ser significativamente diferentes entre ambas razas.

La gallina Empordanesa pesaba más y tenía un valor más elevado en referencia a las medidas craneales que la Penedesenca. Sin embargo, ésta tenía una mayor longitud de quilla y ángulo de pechuga.

También se analizaba en éste, la influencia del operador que tomaba las medidas, encontrándose diferencias significativas en las medidas de longitud ocular, longitud de la orejilla, longitud del cuello, longitud del muslo, longitud del tarso y longitud del dedo medio entre los diferentes operadores que midieron los animales.

A medida que se ha ido estudiando la zoometría a lo largo del tiempo, también se han ido estableciendo análisis estadísticos para estimar las relaciones entre las diversas medidas con diferentes finalidades.

Una de las relaciones más estudiadas ha sido la del peso corporal con otras medidas zoométricas con la finalidad de saber si alguna de ellas pudiera servir para predecir, de una forma fiable, el peso corporal.

En los trabajos anteriormente descritos (Guèye et al., 1998; Saatci and Tülkü, 2007) se analiza la correlación de las distintas medidas zoométricas tomadas con el peso corporal y ambos concluyen que la longitud corporal y el perímetro pectoral son las medidas más apropiadas para predecir el peso corporal.

No obstante el estudio llevado a cabo por Raji et al. (2009) concluye que, si bien se observa mayor correlación entre perímetro pectoral y longitud corporal y peso corporal tal como se indica en los dos estudios anteriores, la mejor predicción del peso corporal se obtiene del análisis de regresión entre el perímetro pectoral, longitud corporal y la anchura de la pechuga.

En el caso de los estudios que hacen referencia al dimorfismo sexual, se han empleado diferentes estadísticos para analizar los datos.

En los estudios realizados en la Gallina Local de la región central de la provincia de Villa Clara en Cuba (Pérez et al., 2004) se calcularon el promedio, el mínimo, el máximo, la desviación estándar y el coeficiente de variación de cada una de las medidas para los machos y para las hembras y luego se compararon mediante la aplicación de una *t* de student. También se analizó la correlación entre el peso vivo y la longitud corporal, perímetro pectoral, longitud del muslo, longitud de la pierna y longitud del tarso para cada sexo.

En el estudio realizado por Badubi et al. (2006) se obtuvo una correlación altamente significativa entre el peso corporal y la longitud del tarso, hallazgo éste que difiere bastante de los resultados de los trabajos anteriormente mencionados.

El estudio de Yakubu (2009), en el cual se analizan las relaciones entre las medidas anatómicas tomadas con el objetivo de predecir el sexo, concluye que, al menos 6

medidas, de las cuales la longitud del ala resultó ser la más definitiva, podían usarse para predecir el sexo de los patos con una elevada fiabilidad.

Por otra parte, la zoometría también ha estado presente en los análisis de correlación canónica (CCA), método de análisis clásico multivariante usado para analizar la correlación entre dos grupos de datos.

Este tipo de tratamiento estadístico se ha llevado a cabo con algunas razas de patos (Ogah et al., 2009) ayudando a determinar la interrelación entre diversos grupos de caracteres, tales como las medidas corporales y el peso a distintas edades.

También se han realizado estudios de este tipo en gallinas. Así, en el caso del Pollo Amarillo de Jinghai (Yang et al., 2006), se estableció la correlación canónica entre el peso corporal, las medidas corporales y las características de la carcasa según la edad de los pollos, concluyéndose que la longitud corporal y la longitud del tarso fueron las variables que tuvieron un mayor efecto en el peso en los pollos de 12 y 16 semanas.

2.1.2. OBJETIVOS.

El objetivo de dicho capítulo es:

- Adaptar y aplicar la metodología descrita por Francesch et al. (2010) basada en la zoometría, para llevar a cabo la caracterización morfológica comparada de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca, Menorca y Mallorquina.



Foto 2.1. Gallo de raza Mallorquina.

2.2. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.

Para la realización de este trabajo se utilizaron 42 gallinas de la entonces agrupación racial de Gallina Ibicenca, 42 gallinas de la raza Menorca y 42 gallinas de la raza Mallorquina (variedad *Trigueña Paja*) de 52 semanas de vida.

Los tres grupos de gallinas se mantuvieron en una explotación del pueblo de Sant Rafel, Ca na Rafala, perteneciente al municipio de Sant Antoni de Portmany, en la isla de Ibiza. Los tres lotes de gallinas llegaron a la explotación a las 6 semanas de edad en agosto del 2008.

2.2.2. LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN Y CONDICIONES EXPERIMENTALES.

Los tres grupos de gallinas de cada una de las razas se situaron en tres espacios diferentes compartimentados habilitados en la finca para tal fin.

Cada espacio estaba dividido en una zona interior y otra exterior, a la cual accedían las gallinas por medio de unas rampas elevadas.

La zona interior estaba dividida a su vez en dos zonas, una cuyas paredes eran de piedra, más oscura y más resguardada, y otra, con más luz y una de sus paredes de rejilla, lo cual favorecía la ventilación.

La zona exterior no estaba cubierta pero sí envuelta totalmente de rejilla metálica para impedir la entrada de otros animales.



Fotos 2.2. y 2.3. Instalaciones (Ca na Rafala, Sant Rafel, Ibiza) en las que se albergaban los animales, partes interior (izquierda) y exterior (derecha).

2.2.3. MANEJO DE LOS ANIMALES.

Desde su llegada a la explotación, los animales fueron mantenidos en las mismas condiciones. Los tres grupos fueron alimentados con el mismo pienso ecológico proporcionado por el Celler Cooperatiu de Salelles.

Al principio, recibieron un pienso para ponedoras de 6 a 18 semanas con un 16% de proteína bruta (PB) y 2850 Kcal/Kg. de energía metabolizable (EM) y cuando alcanzaron esta edad, se les cambió por el pienso para ponedoras de más de 18 semanas de la misma casa, que tenía un 17% de (PB) y 2749 Kcal/Kg. de EM.

A partir de las 20 semanas las aves fueron mantenidas con un total de 14 horas de luz diarias, combinando la luz natural y artificial.

2.2.4. RECOGIDA DE DATOS.

Se tomaron un total de 26 medidas por animal, las cuales se enumeran en la tabla 2.1., divididas en varias categorías según la región corporal del ave: cabeza, cuello, tronco, extremidades, y las características generales, siguiendo el método de caracterización morfológica propuesto por Francesch et al. (2010) ya referido más ampliamente en la introducción, pero realizando varias adaptaciones.

Tabla 2.1. Clave de medidas zoométricas e índices tomados en las tres razas de gallinas baleares.

MEDIDA ZOOMÉTRICA o ÍNDICE	ABREVIATURA
Longitud cráneo	LC
Anchura cráneo	AC
Longitud cresta	LCR
Anchura cresta	ACR
Longitud ocular	LO
Anchura ocular	AO
Longitud orejilla	LOR
Anchura orejilla	AOR
Longitud pico	LP
Anchura pico	AP
Longitud barbilla	LB
Anchura barbilla	AB
Peso	PES
Medición ornitológica	MO
Envergadura	ENV
Longitud cuello	LCU
Longitud dorso	LD
Longitud cola	LCO
Ángulo de pecho	ANP
Longitud quilla	LQ
Longitud ala plegada	LAP
Longitud muslo	LM
Longitud tarso	LT
Diámetro tarso ántero-posterior	DTAP
Diámetro tarso látero-medial	DTLM
Longitud dedo medio	LDM
Índice de Cráneo	IC
Índice Ocular	IO
Índice de Cresta	ICR
Índice de Pico	IP
Índice de Orejillas	IOR
Índice de Barbillas	IB
Índice de Pechuga	IPE
Índice de Tarso	IT

La primera de ellas consistió en considerar dos medidas del diámetro del tarso:

1. 1. Diámetro del tarso antero posterior (DTAP): es la que se obtiene de medir el tarso en dirección cráneo caudal en la parte media del hueso metatarso, sin hacer presión sobre la piel de recubrimiento, que es flexible.

1. 2. Diámetro del tarso latero medial (DTLM): se toma en el mismo punto que la anterior pero realizando la medida en dirección latero medial.

Además también se consideró adecuada la medición de otros tres índices corporales adicionales:

-Índice de Pico (IP) = Longitud Pico (LP) / Anchura Pico (AP)

-Índice de Pechuga (IPE) = Longitud Quilla (LQ) / Ángulo de la Pechuga (ANP)

-Índice de Tarso (IT) = Diámetro de Tarso Antero Posterior (DTAP) / Diámetro de Tarso Latero Medial (DTLM)

2.2.5. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

La variable peso fue medida con una balanza electrónica cuya precisión era de 1 g.

Para llevar a cabo las medidas de las variables MO, ENV, LCU, LD, LCO y LAP se usó una cinta métrica ($\pm 1\text{mm}$), y para las medidas de las variables LC, AC, ACR, LCR, LM, AO, LP, AP, LO, LOR, AOR, LB, AB, LQ, LT, DT y LDM, un pie de rey ($\pm 0,01\text{mm}$).

Finalmente la medida ANP se realizó con un goniómetro.



Foto 2.4. Toma de la medida ANP con el goniómetro.

2.2.6. REGISTROS DE CAMPO.

Las medidas se registraron en una ficha individual para cada ave.

La toma de las medidas se realizó entre dos personas, una, siempre la misma, que sujetaba a la gallina y otra, siempre la misma también, que tomaba la medida.

2.2.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

Se trataron las 26 medidas zoométricas y los 8 índices corporales como variables dependientes, estudiándose el factor Raza, con tres niveles: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA), mediante el procedimiento *General Linear Model (GLM)* del paquete estadístico SAS 9.1. Se consideró un nivel de significación de 0,05.

El modelo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + e_{ij}$$

Y_{ij} = Respuesta esperada en la variable dependiente

μ = media de la población

α_i = efecto del factor raza para el nivel i

e_{ij} = residuo

Además se calculó el coeficiente de correlación de Pearson mediante el procedimiento *Correlation* del paquete estadístico SAS 9.1 para establecer la correlación entre las 26 medidas zoométricas en cada raza, aceptándose también para dicho cálculo un nivel de significación de 0,05.

Con el mismo programa estadístico, se calcularon también las componentes principales y la distancia de Mahalanobis entre razas utilizándose para ello, el procedimiento *Candisc*.

El análisis de componentes principales (ACP) es un método de ordenamiento que se realiza sobre variables cualitativas a partir de una matriz de correlación o bien de una matriz de varianza-covarianza entre las variables originales.

Este tipo de análisis no se basa en un modelo estadístico particular ni requiere del cumplimiento de supuestos previos (Darío, 2008).

Su finalidad última radica en simplificar la estructura existente, disminuyendo la dimensionalidad de las variables originales sin perder información. Así, el número de éstas se reduce a un pequeño número de índices o factores que son una combinación lineal de éstas y que luego se representan en el análisis.

Mediante el ACP se puede conocer el grado de relación existente entre las razas, pues éste busca explicar una gran parte de la varianza total, permitiendo saber cuáles son las variables que han contribuido en mayor medida a la diferenciación entre éstas.

La distancia de Mahalanobis (Mahalanobis, 1936) es una medida para determinar la similitud entre dos variables aleatorias multidimensionales.

La distancia de Mahalanobis entre dos variables aleatorias con la misma distribución de probabilidad \vec{x} y \vec{y} con matriz de covarianza Σ se define como:

$$d_m(\vec{x}_1, \vec{x}_2) = \sqrt{(\vec{x}_1 - \vec{x}_2)^T \Sigma^{-1} (\vec{x}_1 - \vec{x}_2)}$$

El árbol de las distancias de Mahalanobis se construyó usando la versión 4 del programa MEGA (Tamura et al., 2007).



Foto 2.5. Pollitas de la raza Mallorquina variedad Paja.

2.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En cuanto a los resultados obtenidos, explicaremos en primer lugar los conseguidos en las medidas zoométricas corporales, a continuación comentaremos los resultados de las medidas craneales y por último, los hallados en los índices corporales.

Para permitir una mejor interpretación de los resultados logrados, se han elaborado gráficos con algunas de las medidas más relevantes.

Posteriormente explicaremos los resultados derivados de la correlación estudiada para las tres razas y los resultados provenientes de los citados análisis de componentes principales y cálculo de distancia de Mahalanobis.

Por último, realizaremos alguna comparación de las razas baleares con otras razas de gallinas.

2.3.1. MEDIDAS ZOOMÉTRICAS.

En la tabla 2.2. se muestran las *LS means* de las medidas corporales de las tres razas de gallinas y las diferencias entre ellas. Se han encontrado **diferencias significativas** en **13** de las **14 medidas corporales** estudiadas, **no existiendo** éstas para la **medida ángulo de pecho**.

Tabla 2.2. *Ls means* \pm *Std error* de las medidas corporales tomadas en tres lotes de 42 gallinas de cada una de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
peso	2442,33 \pm 49,71 a	2071,47 \pm 48,38 b	1763,93 \pm 46,02 c
medición ornitológica	570,20 \pm 5,00 b	616,55 \pm 4,80 a	526,83 \pm 4,56 c
envergadura	779,05 \pm 4,09 b	814,08 \pm 3,99 a	746,43 \pm 3,79 c
longitud cuello	141,66 \pm 3,52 c	174,21 \pm 3,43 a	154,78 \pm 3,26 b
longitud dorso	213,33 \pm 3,86 b	231,60 \pm 3,76 a	196,95 \pm 3,57 c
longitud quilla	126,16 \pm 1,87 a	118,00 \pm 1,82 b	108,81 \pm 1,73 c
ángulo de pecho	75,08 \pm 1,55 a	74,68 \pm 1,51 a	72,28 \pm 1,44 a
longitud cola	161,86 \pm 3,34 b	182,37 \pm 3,21 a	144,88 \pm 3,05 c
longitud ala plegada	212,83 \pm 1,34 b	229,66 \pm 1,31 a	205,64 \pm 1,24 c
longitud muslo	143,88 \pm 1,32 b	149,42 \pm 1,29 a	129,12 \pm 1,23 c
longitud tarso	101,11 \pm 0,89 a	103,34 \pm 0,87 a	89,62 \pm 0,83 b
diámetro tarso a-p	14,55 \pm 0,16 a	13,37 \pm 0,16 b	12,50 \pm 0,15 c
diámetro tarso l-m	10,96 \pm 0,13 a	9,79 \pm 0,12 b	9,36 \pm 0,12 b
longitud dedo medio	59,71 \pm 0,58 a	58,05 \pm 0,56 a	52,74 \pm 0,54 b

Las medias con letra diferente en una misma fila son significativamente diferentes. ($p \leq 0.05$)

Si empezamos comentando el peso, la **gallina Ibicenca** es la **que ha resultado tenerlo más elevado**.

Tal y como muestra el gráfico 2.1., ha superado en más de 300 g. el de la gallina Menorca y en casi 700 g. el de la Mallorquina.

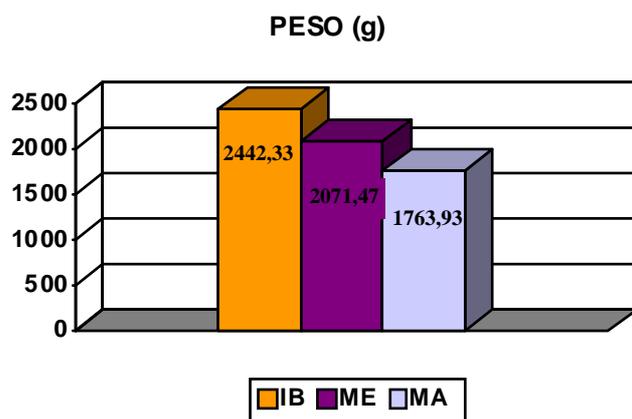
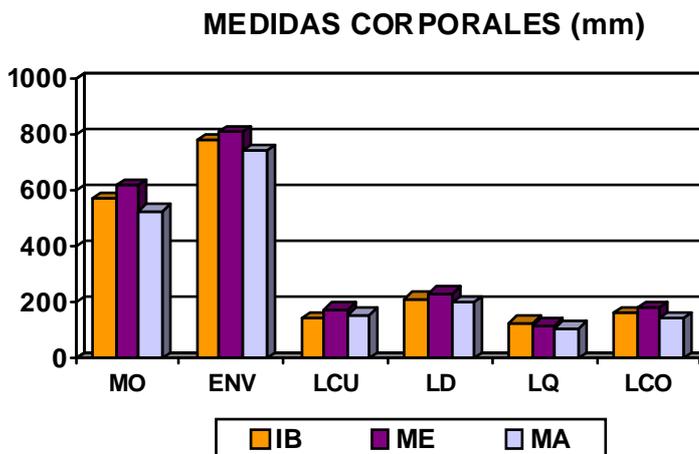


Gráfico 2.1. Peso de las tres razas de gallinas baleares Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA).

Si hacemos referencia al resto de medidas corporales, centrándonos en las que se refieren a cuello y tronco, las cuales se muestran en el gráfico 2.2., podemos apreciar como la **gallina Menorca ha presentado los valores más elevados para la mayoría de las medidas**, pues ha tenido una mayor envergadura y medición ornitológica, además de una mayor longitud de cuello, dorso y cola.

La única medida en la cual **la Ibicenca ha** conseguido un **valor superior**, ha sido la **longitud de la quilla**.

Cabe resaltar que **la gallina Mallorquina ha sido la que ha obtenido los valores más bajos** para estas **medidas excepto para la longitud del cuello**, la cual ha resultado ser **significativamente superior a la Ibicenca**.



MO= Medida Ornitológica **ENV=** Envergadura **LCU=** Longitud Cuello
LD= Longitud Dorso **LQ=** Longitud Quilla **LCO=** Longitud Cola

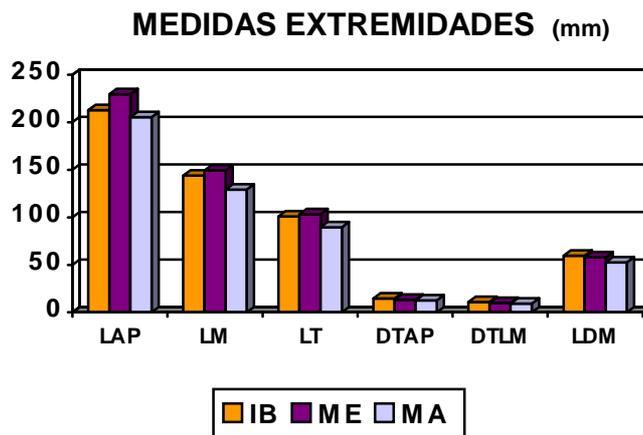
Gráfico 2.2. Medidas corporales (cuello y tronco) de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

Con respecto a las medidas de las extremidades, que mostramos en el gráfico 2.3., la **gallina Menorca** ha sido la que ha obtenido **una mayor longitud del ala plegada y del muslo**.

En referencia a la **longitud del tarso y del dedo medio**, las gallinas **Ibicenca y Menorca no han mostrado diferencias entre ellas**, siendo ambas significativamente superiores a la Mallorca.

Sin embargo, si consideramos el **diámetro del tarso**, la **gallina Ibicenca** ha sido la que ha obtenido **mayores valores en las dos mediciones** que se realizaron de éste.

En la **medida latero medial de este diámetro**, las gallinas **Menorca y Mallorca** han logrado **valores similares**, a diferencia de la **antero posterior**, para la cual la **Menorca** ha conseguido **valores significativamente superiores** a ésta.



LAP= Longitud Ala Plegada **LM**= Longitud Muslo **LT**= Longitud Tarso
DTAP= Diámetro Tarso Antero Posterior **DTLM**= Diámetro Tarso Latero Medial
LDM= Longitud Dedo Medio

Gráfico 2.3. Medidas corporales (extremidades) de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorquina (MA).

Las diferencias en las medidas corporales que ha presentado la **gallina Menorca** con respecto a las otras dos, pueden orientarnos a una **mayor estilización de ésta**, lo cual podría responder a la selección que se ha venido realizando durante mucho tiempo atrás como ave ornamental.

En la tabla 2.3. se recogen las *LS means* de las medidas craneales.

De las 12 medidas estudiadas, se han presentado **diferencias significativas** en **10** de ellas, **no mostrándose** éstas ni para la medida de la **anchura ocular**, ni para la **longitud del pico**.

Los resultados obtenidos en este caso coinciden con los obtenidos para las medidas corporales, ya que la **gallina Menorca** ha sido una vez más, la que **ha presentado valores superiores para el mayor número de medidas**.

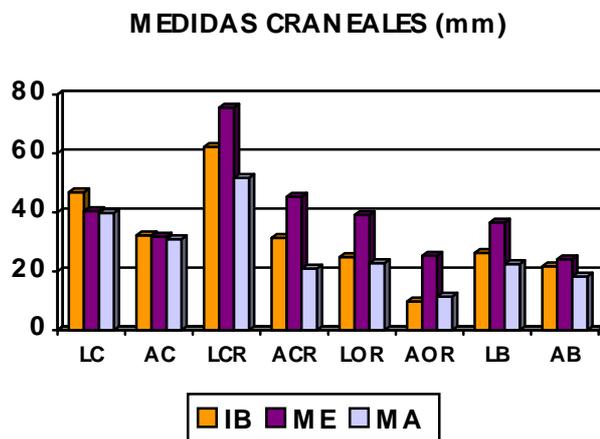
Tabla 2.3. *La means ± Std error* de las medidas craneales tomadas en tres lotes de 42 gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
longitud cráneo	46,80 ± 0,74 a	40,45 ± 0,72 b	39,83 ± 0,68 b
anchura cráneo	32,16 ± 0,28 a	31,74 ± 0,27 ab	30,86 ± 0,26 b
longitud cresta	62,16 ± 2,06 b	75,55 ± 2,01 a	51,66 ± 1,91 c
anchura cresta	31,36 ± 1,61 b	45,31 ± 1,57 a	20,90 ± 1,49 c
longitud ocular	10,88 ± 0,16 b	11,81 ± 0,16 a	10,78 ± 0,15 b
anchura ocular	5,86 ± 0,15 a	6,10 ± 0,14 a	5,74 ± 0,14 a
longitud pico	27,64 ± 0,35 a	26,95 ± 0,34 a	26,16 ± 0,32 a
anchura pico	14,22 ± 0,22 a	13,71 ± 0,22 a	12,90 ± 0,21 b
longitud orejillas	24,88 ± 0,84 b	39,08 ± 0,85 a	22,76 ± 0,77 b
anchura orejillas	9,83 ± 0,56 b	25,24 ± 0,54 a	11,45 ± 0,52 b
longitud barbillas	26,22 ± 1,01 b	36,58 ± 1,06 a	22,48 ± 1,01 b
anchura barbillas	21,69 ± 0,73 a	24,08 ± 0,71 a	18,24 ± 0,68 b

Las medias con letra diferente en una misma fila son significativamente diferentes. ($p \leq 0.05$)

Ésta ha resultado tener una mayor longitud y anchura de la cresta y orejillas y una longitud ocular y de las barbillas superior, tal y como se percibe en el gráfico 2.4.

Sin embargo, para la **longitud del cráneo**, ha sido la **gallina Ibicenca** la que ha conseguido el mayor valor.



LC= Longitud Cráneo AC= Anchura Cráneo LCR= Longitud Cresta
 ACR= Anchura Cresta LOR=Longitud Orejilla AOR= Anchura Orejilla
 LB= Longitud Barbillas AB= Anchura Barbillas

Gráfico 2.4. Medidas corporales craneales de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

En la tabla 2.4. se exponen las *LS means* de los índices corporales estudiados.

De los **8 índices**, **no se han observado diferencias significativas entre razas en 3 de ellos**: el **índice ocular**, el **índice de pico** y el del **tarso**.

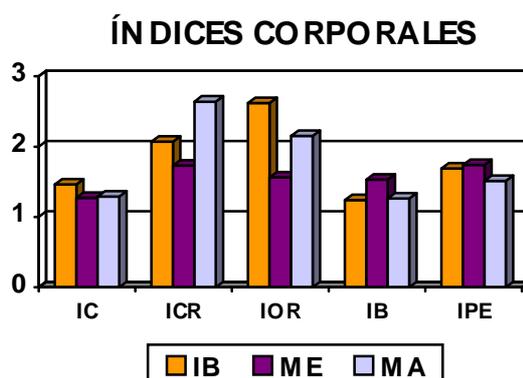
Tabla 2.4. *Ls means* \pm *Std error* de los índices corporales estudiados en 42 gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

ÍNDICE CORPORAL	IB	ME	MA
índice craneal	1,46 \pm 0,02 a	1,27 \pm 0,02 b	1,29 \pm 0,02 b
índice ocular	1,94 \pm 0,05 a	1,88 \pm 0,05 a	1,96 \pm 0,05 a
índice cresta	2,07 \pm 0,08 b	1,73 \pm 0,08 c	2,64 \pm 0,08 a
índice orejillas	2,62 \pm 0,09 a	1,56 \pm 0,09 c	2,15 \pm 0,08 b
índice barbillas	1,24 \pm 0,05 b	1,53 \pm 0,05 a	1,26 \pm 0,04 b
índice pico	1,96 \pm 0,03 a	1,98 \pm 0,03 a	2,04 \pm 0,03 a
índice pechuga	1,69 \pm 0,02 a	1,74 \pm 0,03 a	1,51 \pm 0,03 b
índice tarso	1,33 \pm 0,02 a	1,37 \pm 0,02 a	1,34 \pm 0,02 a

Las medias con letra diferente en una misma fila son significativamente diferentes. ($p \leq 0.05$)

En el gráfico 2.5. podemos observar como la gallina Ibicenca ha tenido un índice de cráneo y de orejillas **significativamente superior a las otras dos**.

De ello se deduce que, en proporción, **ésta posee un cráneo de apariencia más alargada y unas orejillas de apariencia menos redondeada que el resto**.



IC= Índice Craneal ICR=Índice Cresta IOR= Índice Orejillas
 IB= Índice Barbillas IPE= Índice Pechuga

Gráfico 2.5. Índices corporales para las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

La **gallina Mallorquina** ha presentado el **mayor valor para el índice de cresta**, seguida de la **Ibicenca**.

El hecho de que la **Menorca** tenga un valor menor podría explicarse debido a que **esta última muestra tanto una gran longitud como anchura de la cresta, con lo cual el índice es menor** y por tanto, **su cresta resulta más grande**.

En cuanto al **índice de barbillas**, la **Menorca** ha conseguido el **valor más elevado**. Ello puede traducirse en que **las barbillas de la Menorca resultan ser más alargadas que en la Ibicenca y Mallorquina, cuya apariencia es más redondeada**.

Por último, el **índice de pechuga** ha sido **similar para las razas Ibicenca y Menorca**, pero ha diferido notablemente en la Mallorquina.

A través de éste último índice deducimos que las gallinas de las razas **Ibicenca y Menorca** han presentado una pechuga de apariencia más alargada que la **Mallorquina**, de manera **que ésta con una quilla más corta y un ángulo de pechuga similar**, ha presentado el **menor índice** y por tanto, **una pechuga de apariencia más redondeada**.

2.3.2. CORRELACIONES ENTRE LAS MEDIDAS REALIZADAS.

En los anexos 7.1., 7.2. y 7.3. se adjuntan las tablas de correlación obtenidas en cada una de las razas baleares.

En cuanto a las correlaciones estudiadas, se han encontrado **23 correlaciones significativas** en las **tres razas** de las 312 correlaciones posibles, las cuales se muestran en la tabla 2.5.

Tabla 2.5. Correlaciones significativas en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
AB-ACR	0,4	0,61	0,45
AB-LB	0,58	0,6	0,67
AB-LCR	0,63	0,45	0,61
AC-LT	0,35	0,32	0,38
ACR-LB	0,47	0,81	0,41
ACR-LCR	0,79	0,89	0,78
AP-LP	0,39	0,37	0,43
DTAP-LM	0,44	0,37	0,55
DTAP-LT	0,39	0,37	0,48
ENV-LAP	0,68	0,67	0,53
ENV-LM	0,68	0,41	0,55
ENV-LT	0,67	0,57	0,41
ENV-MO	0,65	0,45	0,36
LAP-LM	0,56	0,5	0,41
LB-LCR	0,54	0,6	0,58
LDM-LM	0,36	0,4	0,37
LM-LT	0,65	0,63	0,47
MO-LCO	0,55	0,62	0,55
MO-LM	0,51	0,37	0,33
PES-ACR	0,38	0,37	0,69
PES-LCR	0,53	0,5	0,71
PES-LM	0,43	0,48	0,33
PES-LT	0,45	0,46	0,61

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorca

En la tabla anteriormente mostrada se puede apreciar como las **variables peso (PES)** y **envergadura (ENV)** han obtenido el **mayor número de correlaciones, 4** cada una.

El **peso (PES)** se ha **correlacionado significativamente en las tres razas** con la **anchura de la cresta (ACR)**, la **longitud de la cresta (LCR)**, la **longitud del muslo (LM)** y la **longitud del tarso (LT)**.

La **envergadura (ENV)** también **se ha correlacionado con estas dos últimas**, además de hacerlo con la **longitud del ala plegada (LAP)** y la **medición ornitológica (MO)**.

Las variables **MO** y **anchura de barbillas (AB)**, han resultado estar **correlacionadas con otras 3** medidas cada una.

La **MO se ha correlacionado** también con la **LM**, de la misma forma que lo han hecho las dos medidas anteriormente mencionadas, con la **ENV** y la **longitud de la cola (LCO)**.

La **anchura de barbillas (AB)** se ha correlacionado con la **longitud de éstas (LB)** y con la **longitud y anchura de la cresta (LCR y ACR)**.

Es interesante resaltar aquí como la **LM se ha correlacionado tanto con el peso** y la **ENV** como con la **MO**. Además la **LT** también se ha correlacionado con el **peso** y con la **ENV**.

Si hacemos referencia a **las correlaciones** significativas encontradas en dos de las razas, en este caso las **existentes entre la raza Ibicenca** y la **Menorca han sido 18** y se presentan en la tabla 2.6.

Tal como se observa en ésta, **las variables que han obtenido mayor número de correlaciones significativas** para medidas de estas dos razas **han coincidido con las que se han mostrado en la tabla 2.5.**, a diferencia de que en este caso, la medición ornitológica ha mostrado 6 correlaciones y el peso sólo 3.

La **MO se ha correlacionado con la ACR y LCR**, la **LAP**, la **longitud ocular (LO)**, la **LT** y **con el peso**, que además lo ha hecho con la **ENV** y la **longitud del dedo medio (LDM)**.



Foto 2.6. Gallinas de raza Ibicenca variedad *Trigueña Plateada* en proceso de fijación.

Tabla 2.6. Correlaciones significativas en gallina Ibicenca (IB) y Menorca (ME).

MEDIDA	IB	ME	MA
AC-LM	0,3	0,41	0,09
ACR-AOR	0,36	0,37	0
ANP-LQ	-0,31	-0,8	0,07
AOR-LB	0,3	0,47	-0,01
ENV-LOR	0,31	0,3	-0,15
LAP-LDM	0,4	0,6	0,23
LAP-LT	0,61	0,34	0,21
LDM-LT	0,39	0,42	0,28
LOR-LT	0,39	0,44	0,18
LT-LCU	0,35	0,31	0,26
MO-ACR	0,32	0,43	-0,01
MO-LAP	0,53	0,4	0,02
MO-LCR	0,37	0,5	0,04
MO-LO	0,43	0,47	0,07
MO-LT	0,37	0,37	0,22
PES-ENV	0,52	0,39	0,19
PES-LDM	0,3	0,46	0,16
PES-MO	0,4	0,48	0,11

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorquina

En la tabla 2.7. se muestran las **6 correlaciones significativas existentes** entre las medidas zoométricas para las razas de **gallina Ibicenca** y **Mallorquina**.

En **3 de ellas se ha visto involucrado también el peso**, aunque en este caso **se ha correlacionado con los diámetros de los tarsos (DTAP y DTLM) y la anchura de las barbillas (AB)**.

Tabla 2.7. Correlaciones significativas en gallina Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
DTAP-AB	0,32	-0,19	0,35
ENV-DTAP	0,43	0,26	0,4
LM-LQ	0,43	-0,08	0,39
PES-AB	0,49	0,25	0,57
PES-DTAP	0,51	0,28	0,42
PES-DTLM	0,35	0,03	0,3

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorca

Entre las razas **Menorca** y **Mallorca** se han obtenido únicamente **5 correlaciones significativas** que se reflejan en la tabla 2.8.

De la misma manera que anteriormente, **la variable peso (PES)** ha vuelto a tener mayor presencia apareciendo en 2 de las 5 correlaciones encontradas para estas dos razas, pero aquí en vez de con el diámetro del tarso, **se ha correlacionado con la anchura del cráneo (AC)** y **la longitud de las barbillas (LB)**.

Tabla 2.8. Correlaciones significativas en gallina Menorca (ME) y Mallorca (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
ACR-LT	0,03	0,31	0,35
ENV-LDM	0,26	0,46	0,34
LB-LD	-0,13	0,32	0,38
PES-AC	0,27	0,42	0,42
PES-LB	0,23	0,68	0,47

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorca

La gallina **Ibicenca** ha mostrado un **mayor número de correlaciones significativas en las que las otras dos razas no han presentado ninguna correlación**, concretamente **57**, las cuales se exponen en la tabla 2.9.

Resulta interesante resaltar que **esta raza** ha tenido **12 correlaciones significativas** referentes a **medidas tarsales a diferencia de las otras dos**.

Además, las medidas **anchura de barbillas (AB)**, **longitud y anchura de orejillas (LOR y AOR)** también han estado implicadas en bastantes **correlaciones significativas solamente para esta raza**.

Por último, resaltar aquí que el **peso (PES)**, la **medición ornitológica (MO)** y la **envergadura (ENV)** también muestran el **mayor número de correlaciones existentes**, siendo **4 para el peso y 6 tanto para la ENV como para la MO**.

Tabla 2.9. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Ibicenca (IB).

MEDIDA	IB	ME	MA
AB-AOR	0,31	0,05	0,11
AB-LAP	0,45	-0,17	-0,02
AB-LM	0,52	0,08	0,08
AB-LOR	0,31	0,01	0,01
AB-LT	0,41	-0,02	0,26
AC-LAP	0,45	0,01	0,01
AC-LP	0,53	0,02	0,26
ANP-AB	-0,44	-0,05	-0,11
ANP-LB	-0,33	0,07	-0,03
AO-LCR	0,32	-0,05	0,07
AO-LO	0,43	0,1	0,15
AO-LQ	0,46	0,05	0,11
AOR-DTAP	0,39	0,25	0,06
AOR-LB	0,58	-0,2	0,16
AOR-LCR	0,44	0,25	-0,05
AP-DTAP	0,43	0,24	0,23
DTAP-LAP	0,32	0,12	0,15
DTAP-LDM	0,53	0,14	0,08
DTAP-LP	0,5	-0,1	0,2
DTAP-LQ	0,3	0,22	0,22
DTLM-AC	0,3	-0,05	0,15
DTLM-AP	0,31	0,17	0,28
DTLM-LD	0,5	-0,13	0
DTLM-LOR	0,34	-0,04	0,16
DTLM-LP	0,39	0,07	0,12
DTLM-LQ	0,33	0,19	0,27
ENV-AB	0,33	-0,22	0,29
ENV-AC	0,32	-0,02	0,07
ENV-ANP	-0,36	0,25	0,08

Continuación tabla 2.9. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Ibicenca (IB).

MEDIDA	IB	ME	MA
ENV-AP	0,33	0,05	0,19
ENV-LP	0,45	0,11	0,25
ENV-LQ	0,61	-0,02	0,24
LAP-LCU	0,31	0,25	-0,14
LAP-LOR	0,33	0,19	0,00
LAP-LP	0,46	0,04	-0,05
LCO-LCR	0,34	0,22	-0,13
LCO-LOR	-0,45	0,14	0,07
LCU-AP	0,35	-0,04	0,27
LCU-LOR	0,37	-0,08	0,17
LD-LC	0,39	0,02	0,25
LM-LCU	0,32	0,25	0,05
LP-ACR	0,30	-0,29	0,20
LP-LCR	0,32	-0,29	0,09
LQ-AC	0,35	-0,06	0,20
LQ-LP	0,30	-0,09	0,27
LQ-LT	0,41	-0,03	0,25
LT-AP	0,32	0,08	0,18
MO-ANP	-0,36	0,17	-0,12
MO-AOR	0,36	0,29	-0,08
MO-DTAP	0,36	0,15	0,18
MO-LDM	0,36	0,27	0,12
MO-LP	0,32	-0,04	-0,05
MO-LQ	0,56	-0,12	0,17
PES-AP	0,44	-0,26	0,24
PES-LAP	0,55	0,25	0,12
PES-LO	0,33	0,18	0,13
PES-LP	0,48	-0,09	0,13

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, ME = Gallina Menorca, MA = Gallina Mallorca

En **segundo lugar**, la gallina **Menorca**, ha presentado **37 correlaciones significativas** que no se han mostrado ni para la raza Ibicenca ni para la Mallorca, las cuales se exponen en la tabla 2.10.

Cabe destacar que en este caso algunas de **las medidas que han presentado un mayor número de correlaciones significativas han sido** las relativas a la **longitud de orejillas (LOR)**, de la misma forma que ocurría en la Ibicenca, y a la **longitud ocular (LO)**.

Además la **longitud del dorso (LD)** también ha mostrado un importante número de **correlaciones no observadas en las otras dos razas**.

La LOR se ha correlacionado con la anchura de la cresta (ACR), la anchura ocular (AO), el diámetro del tarso antero posterior (DTAP), la longitud de las barbillas (LB), la longitud de la cresta (LCR), la medición ornitológica (MO), la longitud del dorso (LD) y el peso (PES) y la longitud del dorso, además de correlacionarse también con la LB y la LCR, lo hizo con la envergadura (ENV), la longitud del ala plegada (LAP), la longitud de la cola y con la longitud del muslo (LM).

En este caso el peso (PES), la MO y la ENV se han correlacionado con un número relativamente importante de medidas, aunque para las medidas ENV y MO no han sido tantas como en el caso de la Ibicenca.



Foto 2.7. Gallos y gallinas de raza Ibicenca variedad *Negra Barrada*.

Tabla 2.10. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Menorca (ME).

MEDIDA	IB	ME	MA
AB-LP	0,25	0,33	0,12
AC-DTAP	0,15	0,41	0,2
AC-LC	0,18	0,68	-0,03
ACR-LOR	-0,02	0,39	0,28
ANP-LAP	-0,19	0,41	0,14
ANP-LDM	-0,13	0,36	-0,03
ANP-LT	-0,23	0,34	0,03
AO-AP	-0,02	0,47	0,19
AO-DTAP	0,16	0,41	0,1
AOR-LOR	0,06	0,63	0,09
AOR-LT	0,18	0,51	0,12
AP-AC	0,2	0,3	0,1
DTAP-LC	-0,07	0,39	0,08
DTAP-LOR	0,12	0,34	0,01
ENV-LCR	0,15	0,32	0,09
ENV-LD	0,22	0,39	0
ENV-LO	0,25	0,5	0,06
LAP-LO	0,27	0,45	0
LB-LO	0,05	0,33	0,15
LB-LOR	0,29	0,6	0,03
LCO-LO	0,17	0,35	-0,18
LCR-LD	0,06	0,37	0,18
LCR-LOR	0,08	0,36	0,28
LD-LAP	0,20	0,34	0,05
LD-LDM	0,26	0,32	-0,02
LD-LOR	0,25	0,34	0,22
LDM-AC	0,10	0,30	-0,16
LM-LO	0,20	0,37	0,04
LO-LCR	0,14	0,30	0,06
LT-LB	0,26	0,31	0,24
MO-LB	0,20	0,47	0,17
MO-LD	0,12	0,40	0,16
MO-LOR	0,00	0,51	0,23
PES-AOR	0,24	0,41	-0,06
PES-LC	0,11	0,33	0,21
PES-LD	0,27	0,35	0,26
PES-LOR	0,16	0,63	0,22

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorquina

En la tabla 2.11. **se muestran las 22 correlaciones significativas que ha presentado la gallina Mallorquina y que no se han encontrado para las otras dos razas.**

Se puede apreciar como esta **raza ha mostrado un número de correlaciones considerable** para la medida **anchura de las barbillas (AB)**, de forma similar a lo que sucedía en **la Ibicenca**, aunque en menor número, **y a diferencia de la Menorca, que no ha tenido ninguna correlación para esta medida.**

Esta anchura **se ha correlacionado con la longitud del cráneo (LC), longitud del cuello (LCU), longitud ocular (LO) y longitud de la quilla (LQ).**

Así mismo, las medidas referentes a la cresta también han mostrado bastantes correlaciones a diferencia de lo ocurrido para las otras dos razas.

La **anchura de la cresta (ACR)**, como ya lo hizo la AB, ha **presentado correlación con la LQ** así como con la **anchura del pico (AP)** y el **diámetro del tarso ántero-posterior (DTAP).**

La **longitud de la cresta (LCR)** **se ha correlacionado también** con la **AP**, la **LCU** y la **LQ** como en los casos anteriores, además de con la **longitud del tarso (LT).**

En este caso **y a diferencia de las otras dos razas de gallinas, no se ha encontrado ninguna correlación diferente a las comunes para las tres razas ya expuestas en la tabla 2.5., ni para la envergadura (ENV) ni para la medición ornitológica (MO) y el peso únicamente se ha correlacionado con la LQ.**

Tabla 2.11. Correlaciones significativas únicamente en la gallina Mallorquina (MA).

MEDIDA	IB	ME	MA
AB-LC	0,03	-0,02	0,36
AB-LCU	0,22	-0,01	0,35
AB-LO	0,02	0,2	0,37
AB-LQ	0,28	-0,11	0,34
AC-LO	-0,09	-0,19	0,31
ACR-LQ	0,11	-0,06	0,62
ANP-DTLM	-0,09	-0,22	-0,35
AO-LP	0,13	0,3	0,36
AP-ACR	-0,04	-0,13	0,3
AP-LCR	-0,06	-0,05	0,35
DTAP-ACR	0,05	0,05	0,3
DTLM-LM	0,27	0,02	0,5
DTLM-LO	-0,06	0,17	0,3
LB-LC	-0,24	0	0,33
LC-LCO	0,11	0,06	0,33
LC-LDM	-0,23	-0,01	0,36
LCR-LCU	0,24	0	0,34
LCR-LQ	0,09	-0,03	0,42
LCR-LT	0,1	0,29	0,33
LCU-LO	-0,09	0,17	0,51
LDM-LQ	0,26	-0,17	0,31
PES-LQ	0,17	0,02	0,56

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorquina, **MA** = Gallina Mallorquina

Por último, en la tabla 2.12. se muestran **los resultados de las 2 correlaciones opuestas que han resultado ser significativas para dos de las razas.**

Ello significa que **para la misma correlación en una raza ha resultado ser positiva y en la otra, negativa.**

Tabla 2.12. Correlaciones significativas en dos de las razas pero con correlaciones opuestas.

MEDIDA	IB	ME	MA
ANP-LM	-0,42	0,35	-0,05
LCU-LD	0,08	-0,33	0,68

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$

IB = Gallina Ibicenca, **ME** = Gallina Menorca, **MA** = Gallina Mallorquina

2.3.3. ANÁLISIS CANÓNICO DE COMPONENTES PRINCIPALES (ACP).

El Análisis Canónico de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables).

El objetivo es por tanto, llegar a una reducción del número de variables de una matriz de datos que suponga la menor pérdida de información posible.

Este análisis es multivariante canónico y transforma las variables en variables canónicas.

Estas nuevas variables, denominadas componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

El primer factor recoge la mayor proporción posible de la variabilidad original mientras que el segundo recoge la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente.

En nuestro caso, la matriz de datos de las 26 variables zoométricas estudiadas ha sido sometida a este análisis, obteniéndose dos conjuntos de variables canónicas: los factores I y II.

Según los resultados obtenidos **el factor I ha explicado el 75,64% de la variabilidad, mientras que el factor II ha explicado el 24,36%.**

Nótese que en este caso ambos factores han explicado el 100 % de la varianza obtenida.

Las variables que han mostrado más peso específico en el porcentaje de la variabilidad explicada por cada factor son aquellas cuyo valor absoluto es mayor.

En la tabla 2.13. se muestran los coeficientes canónicos estandarizados, que son los valores de la varianza explicada dentro de cada factor.

Podemos observar como en nuestro caso, **el factor I se ha explicado mayoritariamente por las variables longitud y anchura de las orejillas (LO y AO)**. Aunque también ha tenido un **notable peso la longitud del ala plegada (LAP)**.

Así mismo, podría recalcarse la contribución de la **medición ornitológica (MO)**, la **longitud de las barbillas (LB)** y la **envergadura (ENV)**.

Ya hemos remarcado previamente que **el factor I es el más relevante al explicar la mayor parte de la variabilidad observada, y en este caso, mediante este factor se establece una clara diferenciación entre la gallina Menorca y las otras dos gallinas baleares, Ibicenca y Mallorca.**

Según la tabla mostrada, **las variables que han intervenido en mayor medida en la formación del factor II, han sido en primer lugar, el peso y en segundo lugar, el paquete de medidas tarsales: la longitud del tarso y del dedo medio, así como los dos diámetros tarsales.**

Este factor es el que explica la diferenciación entre la gallina Ibicenca y la Mallorca.

Tabla 2.13. Coeficientes canónicos estandarizados.

VARIABLE	FACTOR 1	FACTOR 2
PES	-0,108603	0,791337
MO	0,669579	0,536219
ENV	0,640229	0,521057
LC	-0,317963	0,581152
AC	0,025723	0,379028
LCR	0,550951	0,403867
ACR	0,64318	0,455149
LO	0,431124	0,121913
AO	0,164801	0,088746
LP	-0,013496	0,316642
AP	-0,001639	0,469121
LOR	0,837699	0,253636
AOR	0,94638	0,039943
LB	0,661214	0,298416
AB	0,381184	0,37979
LCU	0,533323	-0,165243
LD	0,450643	0,368132
CO	0,543738	0,405358
LQ	-0,028243	0,6181
ANP	0,041354	0,148536
LAP	0,751011	0,381208
LM	0,482997	0,684237
LT	0,425081	0,739759
DTAP	-0,118262	0,745777
DTLM	-0,242644	0,722017
LDM	0,140284	0,74272

En la tabla 2.14. se reflejan las medias de las variables canónicas entre razas.

Aquí vuelve a quedar de manifiesto como **el factor I establece una diferenciación principal entre la gallina Menorca y las otras dos razas baleares, pues su valor absoluto es el más elevado.**

Para el factor II, en este caso el valor absoluto obtenido para la Menorca es muy bajo, siendo este factor el sustancial para establecer las diferencias entre la gallina Ibicenca y la Mallorquina.

Tabla 2.14. Medias de las variables canónicas entre razas: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

RAZA	FACTOR 1	FACTOR 2
IB	-2,66	2,108
MA	-1,638	-2,061
ME	4,261	0,336

Los resultados derivados de los análisis de la correlación canónica entre las tres razas se muestran de forma gráfica en la figura 2.1. Así se observan de forma más comprensible los resultados obtenidos.

Si dividimos el eje de abscisas por la mitad, a la derecha se sitúa el conjunto formado por la Menorca y a la izquierda, y en cierta manera solapados, los conjuntos pertenecientes a la Ibicenca y la Mallorca. Esta es la diferenciación que se realiza mediante el factor I (CAN 1 en el gráfico).

En el eje de ordenadas queda representada la diferenciación que se lleva a cabo mediante el factor II (CAN 2 en el gráfico) quedando patente la separación existente entre las gallinas Ibicenca y Mallorca.

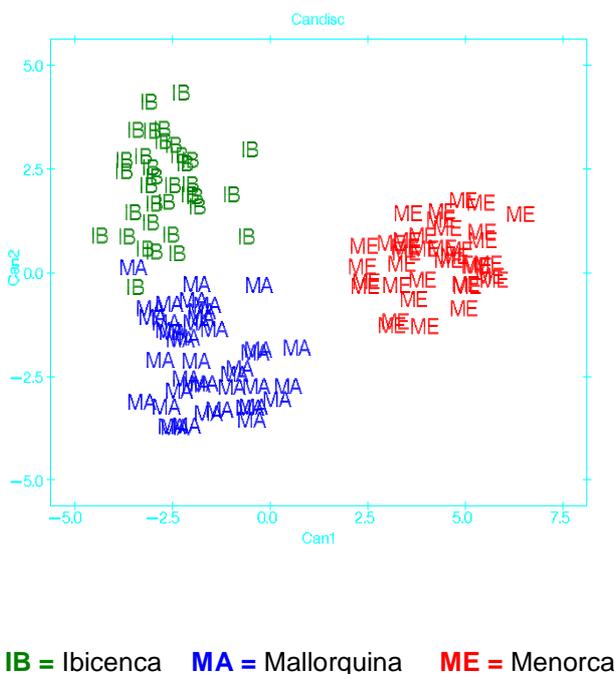


Figura 2.1. Representación canónica de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA) sobre el plano factorial I-II.

2.3.4. DISTANCIA DE MAHALANOBIS.

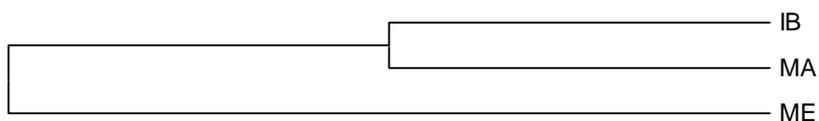
Las distancias de Mahalanobis de las tres razas de gallinas baleares, que han resultado ser estadísticamente significativas, se pueden observar en la tabla 2.15.

Tabla 2.15. Distancias de Mahalanobis de las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

	IB	MA	ME
IB	0		
MA	18,427	0	
ME	51,044	40,551	0

La figura 2.2. muestra la aplicación del método Neighbor-Joining a las distancias de Mahalanobis que se exponen en esta tabla 2.15.

A través de ella volvemos a evidenciar **la clara separación que existe originariamente entre la gallina Menorca y las otras dos gallinas baleares, que aparecen englobadas dentro de un mismo subgrupo, pero que a su vez también se diferencian una de la otra**, tal como se puede observar en la segunda bifurcación de la figura.



IB = Ibicenca MA = Mallorca ME = Menorca

Figura 2.2. Diagrama de Neighbor-Joining para las distancias de Mahalanobis basadas en medidas zoométricas de las tres razas de gallinas Baleares: Ibicenca (IB), Menorca (ME) y Mallorca (MA).

2.3.5. COMPARACIÓN DE LAS RAZAS DE GALLINAS BALEARES CON OTRAS RAZAS DE GALLINAS.

No se han encontrado en la bibliografía trabajos como el aquí realizado para poder establecer comparaciones de forma rigurosa.

No obstante, enlazando el presente trabajo con el llevado a cabo por Francesch et al. (2010), en el que, como ya se ha dicho, se propone la metodología que ha sido utilizada en este trabajo, podemos apreciar cómo se compararon también dos razas de gallinas catalanas, la Penedesenca y Empordanesa.

Si bien allí las medidas fueron tomadas por otros operadores, la edad de las gallinas no ha sido la misma y las condiciones de cría y manejo tampoco fueron iguales, se pueden realizar algunas comparaciones a grandes rasgos de este conjunto de razas.

Ya en el citado trabajo se comenta, que a pesar de las diferencias entre la Penedesenca y Empordanesa, se las observa con mucha semejanza morfológica y comparando los resultados con las baleares, parece que **la Mallorquina sería la única que podría entrar en el grupo formado por las dos catalanas.**

La Ibicenca se apartaría por ser considerablemente más pesada y la Menorca, por ser toda ella de estructuras más alargadas, a la vez que con un mayor desarrollo de la cresta, barbillas y orejillas.

Finalmente, si se establece una comparación, dentro de lo posible, entre los resultados obtenidos en las gallinas baleares y los del trabajo realizado en las gallinas de Villa Clara en Cuba (Pérez et al, 2004), en el que se estudian 14 medidas zoométricas, de las cuales, al menos 9 parece que coinciden con las que se han utilizado en el presente trabajo, una vez más, **parece que de las gallinas baleares, la Mallorquina sería la que presentaría unos valores más similares a aquéllas.**

2.4. CONCLUSIONES.

Según todo lo expuesto anteriormente, podríamos concluir que:

1. La aplicación de este método zoométrico nos permite establecer diferencias generales entre las tres razas de gallinas baleares.
2. A groso modo, si hacemos referencia a la región corporal, la gallina Ibicenca ha resultado ser la más pesada, la Menorca la que ha mostrado unas proporciones más alargadas y la Mallorquina la más ligera y de menor tamaño.
3. Si prestamos atención a la región craneal, la Menorca ha sido la que ha presentado un mayor tamaño tanto de cresta y orejillas como una mayor longitud de barbillas, marcando una clara diferencia con respecto a las otras dos gallinas baleares.
4. Atendiendo a los resultados obtenidos en las correlaciones simples de diferentes medidas zoométricas, podemos decir que de las 312 calculadas se han encontrado 23 significativas comunes en las tres razas de gallinas baleares.
5. En las razas Menorca e Ibicenca se han hallado 18 correlaciones significativas comunes, entre las razas Mallorquina e Ibicenca se han obtenido 6 y entre la Menorca y la Mallorquina únicamente 5.
6. La gallina Ibicenca ha mostrado un mayor número de correlaciones significativas en las que las otras dos razas no han presentado ninguna correlación, concretamente 57, la gallina Menorca ha conseguido 37 y por último, la Mallorquina ha tenido 22.
7. El análisis canónico de componentes principales realizado ha determinado la existencia de dos factores, el I y II, explicando estos el 100% de la varianza obtenida.
8. El factor I, el cual determina la diferenciación entre la gallina Menorca y las otras dos, ha explicado el 75,64% de la variabilidad, siendo las variables longitud y anchura de las orejillas y longitud del ala plegada las que han contribuido en mayor medida a esa diferenciación.

9. El factor II, el cual determina la diferenciación entre la gallina Mallorquina y la Ibicenca, ha explicado el 24,36%, de la varianza observada, siendo el peso y las medidas tarsales las variables que más han influido en dicha diferenciación.
10. De los resultados derivados del análisis canónico de las componentes principales y del cálculo de las distancias de Mahalanobis se extrae que la gallina Menorca se diferencia notablemente de las otras dos gallinas baleares, que han resultado estar más próximas.



Foto 2.8. Lote de gallinas de raza Ibicenca, variedad *Negra Plateada*.

**3. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA
COMPARADA:
CRECIMIENTO Y PUESTA.**

3.1. INTRODUCCIÓN

3.1.1. APUNTES HISTÓRICOS SOBRE AVICULTURA.

La hipótesis más probable referente al origen de nuestras gallinas domésticas, es la que postula que éstas proceden de la domesticación del gallo salvaje *Gallus gallus*, que a día de hoy aún habita en su medio natural en el sur y sureste asiático, y al que se le conoce también como Gallo de Bankiva.

Esta hipótesis también da cabida a la posible participación de otras especies del género *Gallus* o incluso de faisánidos, que expliquen la enorme diversidad que radica en la especie *Gallus domesticus* (Francesch, 2006).

Actualmente se cree que dicha domesticación se inició en China hace unos 7000 años. A pesar de que podemos atribuirles un triple uso sacro, lúdico y productivo, en los primeros momentos se utilizaron mayoritariamente de forma sacra y lúdica más que explotar su uso productivo.

Los gallos cumplían un papel fundamental en los sacrificios y se usaban para ahuyentar a los malos espíritus, estando el consumo de la carne de gallo doméstico prohibido en China, a diferencia del de la carne de gallo salvaje la cual sí podía comerse (Francesch, 2006).

En cuanto a su utilidad lúdica, entendiéndose por ésta las peleas o riñas de gallos, éste fue el uso principal de esta especie para los pueblos persas y mesopotámicos. Igual que también lo fue para los griegos, que parece ser que fueron los primeros europeos que los tuvieron, y tan sólo se comían su carne los pobres.

En África, se designa a los egipcios como el primer pueblo que, ya en épocas faraónicas, prestó una cierta atención a las gallinas y algunas anátidas como fuentes de alimentación. Se relata que incluso incubaban artificialmente sus huevos en lugares semisubterráneos mediante el calor producido por el estiércol de camello.

Los egipcios ya consideraban a las ocas como un manjar de clases privilegiadas hace unos 1.500 años a. de J.C., sin olvidar tampoco su función sacra, pues eran también víctimas de sacrificios a los dioses (Castelló, 1989).

Parece ser que las gallinas llegaron a Europa por dos frentes: por Grecia y por el norte a través de Rusia. Julio César narra en su conquista de la Galia, que los pueblos celtas que

habitaban previamente esas tierras, organizaban riñas de gallos, pero tenían prohibido el consumo de su carne (Francesch, 2006).

En Europa, fueron por tanto los romanos, los primeros en introducir la utilidad productiva de la gallina. Tenían ya incluso clases diferenciadas, unas aves más aptas para pelea y otras para producción. Lo cual significa que tampoco descartaron ni su lado lúdico, pues las peleas de gallos eran un buen entretenimiento para las legiones en campaña, ni su uso sacro, para el que usaban únicamente aves de pata blanca o azul pizarra, rechazando las de pata amarilla (Francesch, 2006).

De la etapa griega y romana, se encuentran referencias a la cría de gallinas en las obras de Aristóteles, Catón, Varrón y Columela, siendo este último, un autor español que escribió el primer verdadero tratado de avicultura, con descripción incluso de ciertas técnicas de crianza que, a nivel campesino, se estuvieron utilizando hasta casi el pasado siglo, en su obra “De re rústica” y concretamente en uno de los 12 tomos que la componían (Castelló, 1989).

También de este autor se obtiene información como la que cita Francesch en 2006 y que hace referencia a las diferentes prácticas avícolas que llevaron a cabo griegos y romanos como la que revela que *“mientras los padres de familia griegos se gastaban el dinero con el que debían sustentar a sus hijos en las riñas de gallos, los romanos obtenían dinero de los productos de las gallinas para poder dar de comer a sus hijos”*.

Las gallinas llegaron a España en la época prerromana, introducidas por los celtas, recibiendo el país las aportaciones posteriores que realizarían los griegos, los romanos y más recientemente, los árabes. Desde Europa, también llegaron luego a América.

Si se sabe que fueron los romanos quienes extendieron el concepto de la avicultura productiva, fueron los musulmanes españoles quienes verdaderamente la impulsaron y adquirieron grandes conocimientos y gran destreza en su práctica, corroborando dicho papel, las grandes obras que dejaron, como la del sevillano Abu Zacharia, que dentro del oscurantismo medieval, dedicó un vasto capítulo a la explotación de las aves domésticas en su “Libro de la Agricultura”, demostrando una cultura avícola muy superior a la que se tenía en aquel siglo XII en la Europa central (Castelló, 1989).

La España medieval vio en aquella época como la explotación de la gallina se extendía rápidamente, convirtiéndose sus productos en un sustento indispensable para nobles y plebeyos.

En la Edad Moderna, raro era la familia que no poseyera un gallinero, pues era como un seguro de supervivencia del que se mantenía toda la familia y si existían excedentes, se comercializaban. Por este motivo, en esta época ya empiezan a aparecer las primeras leyes y normativas en cuanto a la práctica y venta de animales de granja y la avicultura vuelve a ser objeto de estudios de interés científico que culminarán en la creación de reconocidos tratados como el escrito por el licenciado Gabriel Alonso de Herrera en 1532 en Toledo, "*Tratado de Agricultura General*", donde se incluyen varios capítulos sobre crianza y gobierno de las gallinas (Castelló, 1989).

Existe otro libro sobre agricultura posterior a éste, el que escribió Fray Miguel Agustín en 1717, pero las referencias a la avicultura son más de tipo anecdótico o curioso que práctico (Castelló, 1989).

Indudablemente, una obra de gran peso y que supuso un asombroso avance en la avicultura fue la del aragonés Francisco Dieste y Buil (1781), que recogió en ella las enseñanzas de sus antepasados y los conocimientos derivados de su propia experiencia (Castelló, 1989).

Más tarde, en el año 1844, el veterinario Nicolás Casas amplió la obra de Dieste y Buil con su "*Tratado de la cría de aves de corral*", el cual está ya basado en unos criterios zootécnicos más completos, (Castelló, 1989).

La expansión mundial de aquellas primeras aves domesticadas en China, a la que debe sumarse los efectos que tuvieron la mutación, la selección del hombre según su cultura y la selección natural, es la que ha dado lugar a la extensa variedad de colores, morfologías y tamaños de la especie *Gallus domesticus* (Francesch, 2006) .

Ya hemos dicho que fueron los romanos los pioneros a la hora de realizar los primeros intentos de clasificar las gallinas, y aunque los griegos también trabajaron en este sentido, no será hasta mediados del s. XVIII cuando se empezará en Europa a catalogar de una forma más estructurada aquella variedad tan considerable de aves según unos criterios concretos y en razas bien definidas.

Surgió por tanto, el concepto cerrado de gallina de raza, según el cual los ejemplares que manifestaban los caracteres deseados se cruzaban entre sí, descartándose como reproductores los que no los manifestaban o lo hacían de una manera defectuosa, constituyéndose así las poblaciones puras.

Si bien se tendrá muy en cuenta la selección morfológica de los caracteres recogidos en el estándar racial, no se dejará de lado el buscar paralelamente los mejores rendimientos en producción de carne y huevos a la hora de llevar a cabo la definición de estas razas. Por tanto, la mayoría de las razas se fueron creando con esa doble aptitud, la productiva y la ornamental, sin olvidarnos de las que se destinaban a pelea por su buen comportamiento combativo.

Con todo ello, hacia fines del siglo XIX comenzaba a surgir una conciencia en muchos países europeos de la importancia de la avicultura como industria, destacando al respecto Gran Bretaña, Francia, Bélgica, etc. (Castelló, 1989).

En Francia, concretamente, las primeras incubadoras con calefacción artificial datan de la primera mitad del siglo XIX, pero serán los ingleses quienes den un importante impulso en el proceso de creación, depuración y crianza de las gallinas de raza, mejorando las existentes gracias a la importación y cruce de otras razas como la Menorca o la Andaluza españolas y quienes instauren el desarrollo de la ganadería moderna (Castelló, 1989).

Desde Inglaterra estas nuevas razas mejoradas se expandieron por todo el continente europeo, llegando a América, desde dónde ya a principios del siglo XIX, tomará el relevo los Estados Unidos para extender por el resto de mundo el nuevo concepto de la avicultura como industria.

Sin embargo en España, a lo largo del siglo XIX, e incluso hasta bien entrado el siglo XX, la avicultura seguía siendo una actividad ligada al medio rural, en la que las gallinas buscaban el alimento por sus propios medios, complementando dicha dieta con las sobras de las comidas del hogar y algo de grano y a las que únicamente se les proporcionaba un cobertizo no demasiado frío en los meses de invierno.

No fue hasta principios de 1900 cuando la avicultura industrial comenzó a aparecer en nuestro país, favorecida por la Exposición Avícola celebrada en Madrid en 1902, en la que se mostraron razas de ponedoras de todo el mundo, famosas ya por su aceptable nivel de producción.

Y ésta prontamente fue realizada por D. Salvador Castelló, considerado como el padre de la avicultura moderna en España, quién estimaba que la población aviar a fines del siglo XIX no pasaba de los 20 millones de cabezas, excluyendo las palomas, e informándonos de que la primera incubadora artificial se importó en 1877 (Castelló, 1989). Él mismo fundaría en Arenys de Mar en 1896, la Escuela de Avicultura y la Granja Paraíso anexa a ella, la que fuera considerada durante muchos años la más importante granja de selección de nuestro país.

En aquellos primeros años de desarrollo avícola, se trabajó en la selección en las razas de gallinas autóctonas posibilitando una perceptible mejora de la producción. Ese mismo año verá nacer también la primera publicación periódica sobre avicultura en castellano, “La avicultura práctica”, a la que siguieron con el tiempo otras revistas editadas por la Real Escuela de Avicultura como “Mundo Avícola”, “Temas avícolas” y “Selecciones Avícolas” (Castelló, 1989).

Podemos decir que la avicultura en el estado español comenzaba a desarrollarse en el primer tercio del siglo XX, estando marcada por las consecuencias de la Primera Guerra Mundial y por los cambios políticos nacionales. Mientras tanto a nivel internacional, tuvieron lugar una serie de acontecimientos que dieron un giro trascendental a la avicultura.

El primero de ellos fue la creación en 1912, de la Asociación Mundial de Avicultura Científica que tuvo un papel verdaderamente crucial en el desarrollo de la avicultura moderna en todo el mundo y que ya en 1921 celebraría en La Haya (Holanda) su primer Congreso Mundial, cuya organización a intervalos de 3 años y luego de cada 4, se ha mantenido hasta nuestros días (Castelló, 1989).

Los años 20 fueron los de las primeras tentativas de crianza industrial en gallineros cerrados, gracias a los avances realizados por el uso del aceite de hígado de bacalao como fuente de vitaminas A y D. En los años 30 y 40, ya se descubrió la aplicación comercial de la mayor parte de vitaminas y oligoelementos en los piensos, lo cual dio carta blanca a la crianza industrial de los pollitos (Castelló, 1989).

Paralelamente a este desarrollo científico en el campo de la nutrición, el descubrimiento de la técnica del sexaje de los pollitos, en 1921, posibilitó los primeros intentos de cría

separada por sexos, utilizando los machos para la producción de carne y dejándose las hembras para la puesta.

Durante estos primeros años de cría por sexos se trabajaba con las razas disponibles y no fue hasta entrados los años 50 en Estados Unidos y poco después en Europa, y en España concretamente en 1959, cuando empezaron a disponerse de razas selectas de gallinas ponedoras y de razas mejoradas con una rápida velocidad de crecimiento de adecuada idoneidad para la producción de carne, las cuales sentaron las bases de la avicultura industrial que aún hoy predomina (Castelló, 1989).

El periodo que va de 1970-1985 será catalogado como el de auténtica explosión de la avicultura industrial, siendo escoltada a partir de los años 90, por las grandes innovaciones tecnológicas en el ámbito de la producción, que permitieron dotar a las explotaciones de gran infraestructura y capacidad para albergar grandes cantidades de animales.

Sin embargo, la aparición de este nuevo modelo productivo basado en esta nueva tecnología encaminada exclusivamente a aumentar la productividad maximizando el beneficio económico y que relegó la mejora genética y la aplicación de esos avances sólo a unas pocas razas, hizo depender la producción mundial de carne y huevos únicamente de este limitado grupo de razas mejoradas, discriminando a todas las demás razas hasta tal punto que su uso productivo ha desaparecido, siendo ya únicamente seleccionadas por su belleza o por poseer unos caracteres morfológicos peculiares.

También la sensibilidad acerca del bienestar animal se derivó en disposiciones legales que impidieron desarrollar y mejorar las razas para la actividad lúdica, lo cual tuvo como consecuencia el detrimento de la selección de las razas que destacaban por su carácter combativo.

Con todo ello queremos decir que esas razas no mejoradas han permanecido vivas hasta el día de hoy gracias a su aptitud ornamental, que ha permitido a aficionados y coleccionistas exponerlas en concursos y competiciones.

Es por ello que a la par que la avicultura industrial crecía, aumentaba asimismo la afición a la avicultura de selección, incrementándose exponencialmente la aparición de asociaciones de avicultores de razas y la celebración de exposiciones avícolas.

No obstante, desde hace algunas décadas se ha dado la voz de alarma sobre la extinción de multitud de razas ganaderas, la importancia de conservar esos recursos genéticos ganaderos para las generaciones futuras y sobre los problemas sociales, económicos y ambientales que ha generado el modelo productivo industrial, abogándose por un modelo productivo en el que las razas locales recobren el papel productivo que se les robó antaño, como pilar principal de una ganadería más justa social, económica y medioambientalmente en cada región del mundo.

3.1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN AVÍCOLA.

Para ofrecer una visión del peso y relevancia que tiene este sector dentro de la producción animal tanto a nivel mundial como en la Unión Europea, y en nuestro país, a la vez que contextualizar y enmarcar nuestro trabajo, a continuación se exponen algunas cifras actuales que puedan darnos algunas orientaciones.

La mayoría de datos expuestos relativos a este sector en la Unión Europea y en nuestro país, hacen referencia al año 2010, pues en el momento de realización del presente trabajo, aún no se hallaban publicados los del 2011.

Hoy en día los productos derivados de la avicultura suponen una fuente de proteína indispensable para la sociedad europea actual.

En la tabla 3.1. se observa una evolución en el consumo por habitante y año de los productos de origen animal en la Unión Europea desde el año 2004 hasta el 2007 y las previsiones que se hicieron para el 2011 y 2013.

Tabla 3.1. Evolución del consumo de carne y huevos (por Kg./ habitante y año) desde el año 2004 hasta el 2007 y las previsiones para el 2011 y 2013 en la Europa de los 27.

	2004	2005	2006	2007	2011	2013
Huevos	13,5	13,6	13,8	14,8	14,9	15,1
Vacuno	17,5	17,3	17,6	17,5	17,1	17,1
Porcino	42,2	42,1	42,1	42,3	42,7	43,1
Pollo	22,7	23,0	22,5	22,6	23,6	23,9
Ovino/Caprino	2,8	2,9	2,8	2,8	2,7	2,7
Total Carne	85,2	85,3	85	85,2	86,1	86,8

Fuente: Ponencia de D. Juan Luis Fernández-Martín. Futurvo 2007. MAR

Se puede apreciar, que en el año que nos ocupa, el consumo de huevos tiende a suponer un porcentaje relevante, pudiendo incluso producirse un ligero incremento en su consumo con respecto al periodo anterior.

Además, el consumo de carne de pollo sería el segundo tras la carne de cerdo, siguiendo la misma tónica del periodo 2004-2007.

A nivel mundial, según la FAO el consumo anual de carne de pollo por persona se quintuplicó entre el periodo de 1964-1966 y el de 1997-1999, principalmente debido al incremento de consumo de carne en los países en desarrollo (Hoffmann et al.,2005) . Y según las predicciones de esta misma organización, la producción de huevos se incrementará un 30% en el 2015 con respecto al 2000, experimentándose mayores tasas de aumento también en los países en desarrollo (FAO, 2007).

Teniendo en cuenta que hoy día el modelo de producción más frecuente es el industrial y los sistemas de producción de carne y huevos se encuentran totalmente separados en éste, en primer lugar se expondrán los datos relativos a la producción de carne, y a continuación, los referentes a la producción de huevos.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que en estos últimos años ha ido naciendo una nueva filosofía de explotación cualitativa, que se ha ido traduciendo en la aparición de sistemas de producción avícola alternativos más sostenibles acorde a las exigencias ambientales y sociales actuales, los cuales a pesar de su incremento, aún suponen un porcentaje relativamente bajo del total, pero cuya producción también aparece en estas cifras.

3.1.2.1 Producción de carne.

3.1.2.1.1. En el Estado Español.

La avicultura de carne en nuestro país juega un papel esencial dentro de la producción ganadera nacional.

El censo medio de reproductoras de carne (madres de los broilers) en 2010 se estimaba en 4.346.000 de aves, suponiendo un incremento del 0,3 % respecto al 2009, según datos del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en España (MARM).

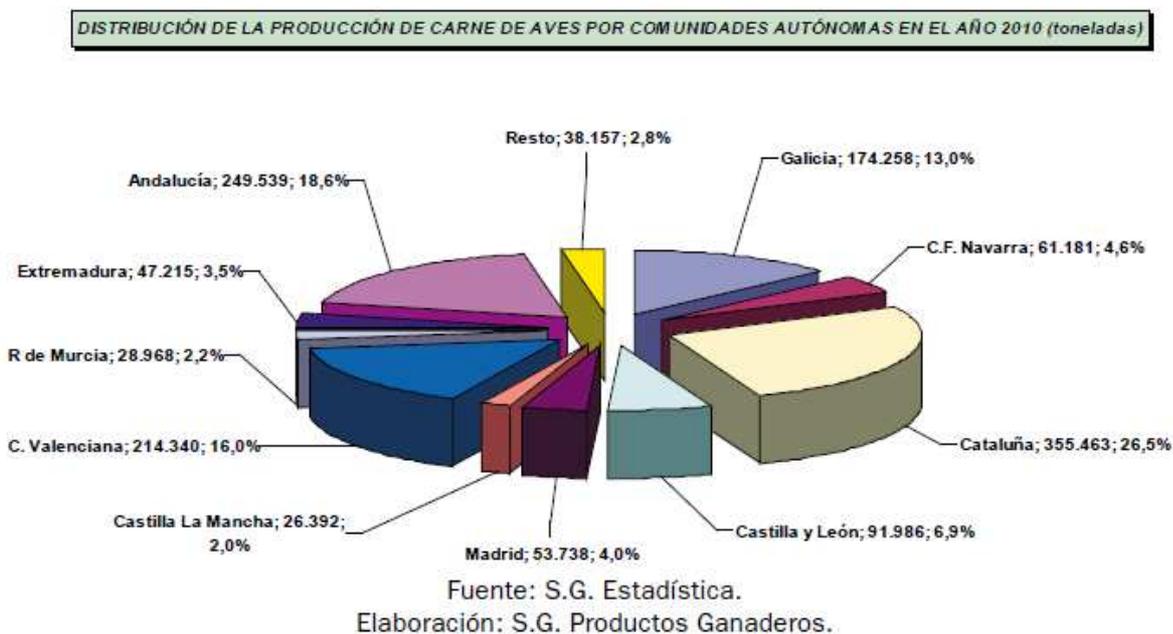
La producción de carne de pollo en España es la segunda más importante detrás de la producción porcina.

La que corresponde a la de broilers, que es la mayoritaria, alcanzó en el 2010 las 1.086.604 toneladas, descendiendo ésta un 2,3% respecto a la del año 2009, año en el que se produjeron unos 1305,1 millones de toneladas.

El gráfico 3.1. muestra la distribución de la producción total de carne de ave por Comunidades Autónomas para el año 2010 según el MARM.

La Comunidad Autónoma que lideraba la producción en ese año era Cataluña con 355.463 toneladas, representando el 26,5% de ésta, seguida de Andalucía con 249.539 toneladas suponiendo el 18,6%, y de la Comunidad Valenciana con 214.340 toneladas, siendo el 16%. Galicia con una producción de 174.258 toneladas representaba el 13% de la población. El resto de comunidades ya estuvieron por debajo del 10%.

Gráfico 3.1. Distribución de la producción de carne de aves por Comunidades Autónomas en el año 2010. (MARM)



El consumo total de la carne de ave en este año se estimó en 1.397.100 toneladas, lo cual implicó un autoabastecimiento del 96%. El consumo aparente por habitante y año se estimó en 29,6 Kg., siendo un 2,6 % inferior al del 2009. (MARM, 2010)

Aunque se haya mostrado una ligera disminución respecto al 2009, estas cifras evidencian la relevancia que posee la producción de carne de pollo en nuestro país, que se corresponde con el importante uso que hacen los consumidores españoles de este tipo de carne como fuente habitual de proteína animal en su alimentación.

En cuanto al comercio exterior, durante el año 2010 también se produjo un incremento de las exportaciones totales de carne de ave tanto a la Unión Europea como a países terceros con respecto al 2009. En la tabla 3.2. se aprecian dichos datos.

Tabla 3.2. Evolución del comercio exterior de la carne de ave en los años 2009-2010.

EVOLUCIÓN DEL COMERCIO EXTERIOR EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS (toneladas)				
Años	Importaciones		Exportaciones	
	UE	P. Terceros	UE	P. Terceros
2009	148.069	37.378	64.473	36.011
2010	158.539	36.581	84.710	54.510
10/09 (%)	7,1	-2,1	31,4	51,4

Fuente: Agencia Estatal de la Administración Tributaria (AEAT).

3.1.2.1.2. En la Unión Europea.

Para tener una idea de la situación de este sector en la zona euro, las cifras generales del 2010 muestran que el censo medio de reproductoras de carne fue de unas 37.719.000 aves (datos facilitados por la industria) encontrándose éstas censadas principalmente en Francia (15%), Polonia (13,9%), Reino Unido (13,0%), España (11,5%), Holanda (10,1%), Italia (7,8%) y Alemania (7,3%).

La producción de carne de pollo en el 2010 se estimó en 9.321.000 toneladas, siendo los principales productores Reino Unido, España, Francia, Polonia, Alemania, Italia y Holanda.

En el gráfico 3.2. se puede apreciar la distribución porcentual de los principales estados miembros productores de carne de pollo para ese mismo año según el MARM.

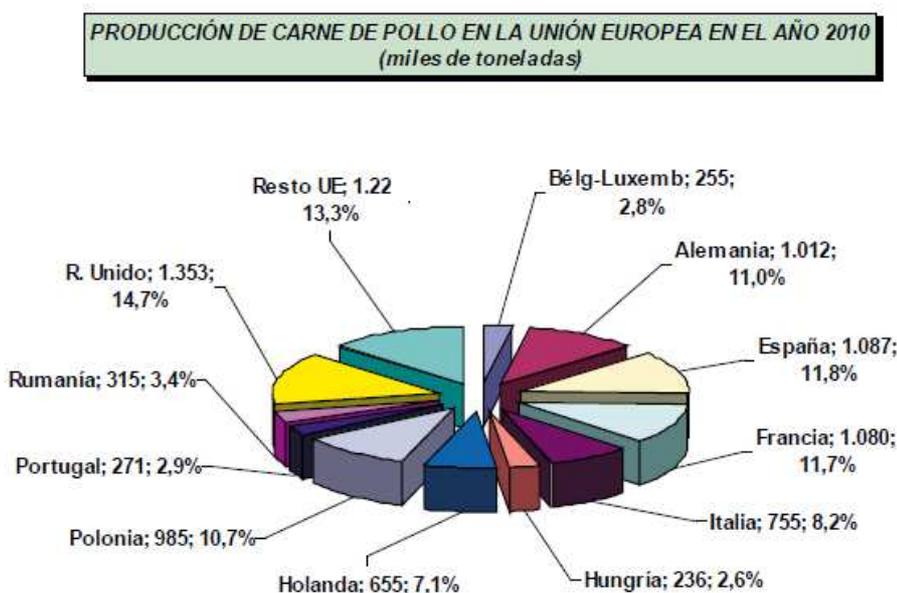


Gráfico 3.2. Distribución porcentual de la carne de pollo en los Estados miembros de la Unión Europea en el 2010 (MARM).

Tal como muestra el gráfico anterior, el Estado Español ocupaba el segundo lugar en el año 2010, tras el Reino Unido, aunque Francia tenía una producción similar. Tal es el caso que para el año 2009, este país ocupaba la segunda posición, tras el Reino Unido,

según muestran las cifras obtenidas para el año 2009 que se exponen en la tabla 3.3., viéndose seguidos de países como Alemania, Polonia e Italia.

Tabla 3.3. Producción de carne por especies (en millones de toneladas) en los países de la Europa de los 27 (EU 27) para el año 2009. España (ES).

Animal	Cattle	Pigs	Sheep	Goats	Poultry
EU27	7 715.3	21 276.1	748.1	59.3	:
BE	255.0	1 082.0	0.7	0.0	:
BG	4.7	38.3	5.9	0.1	98.6
CZ	77.0	284.6	0.1	-	194.3
DK	126.4	1 583.2	1.8	-	167.4
DE	1 177.7	5 253.8	20.1	0.4	1 276.4
EE	9.6	30.8	0.1	-	14.8
IE	514.2	195.9	55.0	-	:
GR	57.2	117.6	71.9	36.7	174.1
ES	575.1	3 236.6	121.3	8.6	1 305.1
FR	1 466.7	2 004.2	83.3	6.5	1 670.0
IT	1 055.0	1 588.4	39.6	1.5	1 143.1
CY	4.3	58.1	2.7	2.7	27.1
LV	19.0	24.8	0.2	-	22.7
LT	43.9	41.4	0.1	-	65.4
LU	9.0	9.4	0.0	0.0	-
HU	29.7	388.7	0.2	-	360.0
MT	1.5	7.4	0.0	0.0	4.7
NL	400.2	1 275.0	14.2	1.1	782.0
AT	223.7	533.4	7.1	0.7	109.2
PL	385.1	1 608.2	0.8	0.1	1 266.5
PT	102.7	373.4	9.5	0.9	291.6
RO	25.0	222.1	1.3	-	289.9
SI	35.3	24.1	0.1	-	59.5
SK	15.8	70.1	0.6	-	68.1
FI	81.1	205.7	0.7	0.0	94.9
SE	150.8	261.7	5.1	0.0	:
UK	869.6	757.2	305.6	0.1	1 459.1

Source: livestock and meat statistics

En el gráfico 3. 3. podemos ver el peso específico que suponían los países que ocupaban las primeras posiciones en términos de sacrificio de pollos, lo que vendría a indicar la relación de los países más productores de carne de pollo en Europa en el año 2009. A través de este diagrama de pastel se aprecia que únicamente 6 países se repartían el 70% de la producción de la UE de carne de pollo, entre los cuales España aportaba el 11% de ésta, exactamente igual que Alemania o Polonia y por detrás del Reino Unido y Francia.

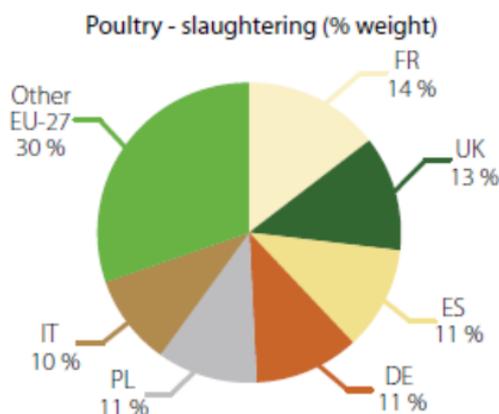


Gráfico 3.3. Importancia de los países productores de carne de pollo en la UE expresada en porcentaje de sacrificio en el 2009. Francia (FR), Reino Unido (UK), España (ES), Alemania (DE), Polonia (PL), Italia (IT).

Fuente: Eurostat. 2009.

3.1.2.2 Producción de huevos.

El huevo es un alimento básico en la dieta de la sociedad actual, pues aporta el 4% de las necesidades diarias de proteína, la cual es de adecuada calidad biológica, por lo que se recomienda su consumo de 3 a 4 veces por semana.

Además aporta el 15% de la vitamina D, el 9% de la vitamina B12 y el 8% de ácido fólico (Carvajal, 2005).

Algunos autores defienden que los consumidores ecológicos, también lo prefieren por encima de otros productos cárnicos (IPSOS, 2007).

De la misma forma que para el sector de carne, la mayoría de la producción de huevos deriva del sistema de producción industrial y hasta hace relativamente poco tiempo, en la U.E., más del 90% del censo de ponedoras (y prácticamente el 100% de las dedicadas a la producción comercial) se alojaba en baterías de puesta.

Existe una ligera producción alternativa de huevos, donde se eluden las jaulas. Teniendo en cuenta que los datos pueden variar en función de las fuentes estadísticas consultadas, en Holanda y Reino Unido, aproximadamente el 25% de las ponedoras se alojan en sistemas sin jaulas, mientras que en países como Francia y Alemania, este porcentaje supone un 14-15%.

En el caso del estado Español, en el año 2009, el porcentaje de gallinas alojadas en batería suponían el 97,6 % del total (MARM).

Los datos que a continuación se proporcionan abarcan los diferentes sistemas de producción.

3.1.2.2.1 En el Estado Español.

En nuestro país, el consumo de huevos está en 35 g./persona/día, lo cual equivale a 196 huevos/persona/año.

En términos productivos, las cifras nos revelan que en nuestro país, el sector del huevo y los ovoproductos tiene una envergadura considerable, que se ajusta a la demanda presentada por los consumidores españoles.

Sin embargo, en estos últimos años puede apreciarse cierta disminución tanto en el consumo como en la producción de huevos, con respecto a años anteriores.

En el año 2010 se estima que existían en nuestro país 46,7 millones de gallinas ponedoras distribuidas en 1370 granjas de producción de huevos registradas, un 7,7% menos que en el 2009.

Esta cifra engloba tanto a las ponedoras selectas como las aves para el autoconsumo en la explotación (camperas y otras), según los datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM, 2010).

El 95,7% de las aves se mantenían en jaulas, el 2,4% representaba a gallinas camperas y el 1,7% eran gallinas en suelo. La producción ecológica suponía un 0,1% del censo.

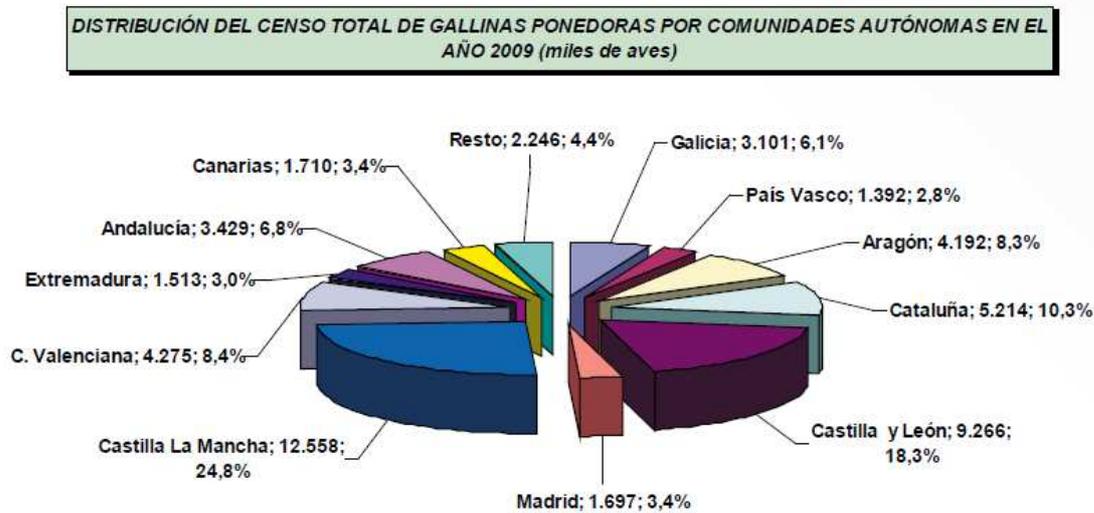


Gráfico 3.4. Distribución del censo total de gallinas ponedoras por Comunidades Autónomas en el 2009.

En los gráficos 3.4. y 3.5. se puede apreciar la distribución del censo total de gallinas ponedoras y producción total de huevos por Comunidades Autónomas, en el año 2009, mientras que la figura 3.1. y la tabla 3.4., nos muestran los mismos datos para el año anterior, el 2008.

Si comparamos ambos años podremos observar que no han existido variaciones en el orden de las CCAA donde radican más gallinas ponedoras y en las cuales por tanto, la producción de huevos supone un mayor alcance, siendo las primeras, Castilla la Mancha y Castilla y León, seguidas de las comunidades del este español, Cataluña, Comunidad Valenciana y Aragón, aunque ya con números ostensiblemente inferiores.

Por último, Andalucía tiene una producción menos significativa para el país, pero que también cabe mencionar.

DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN TOTAL DE HUEVOS DE GALLINA POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN EL AÑO 2009 (miles de docenas)

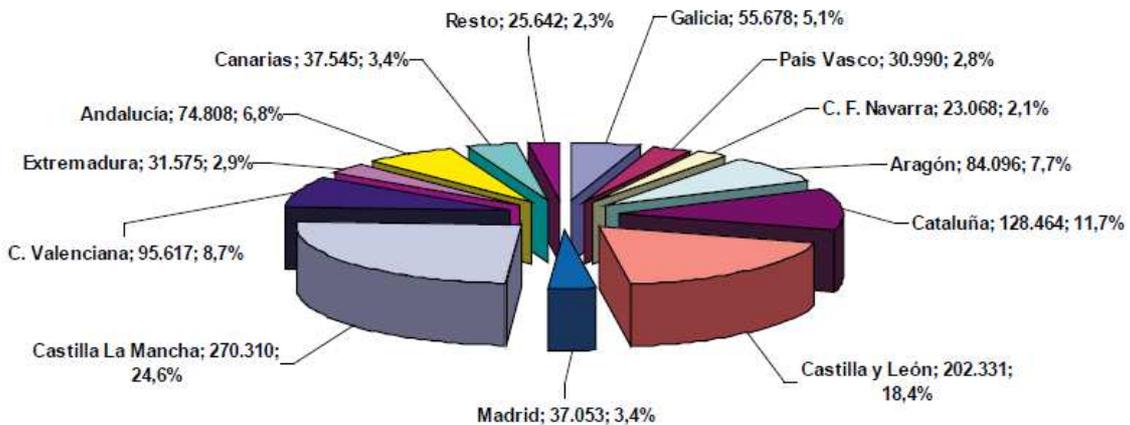


Gráfico 3.5. Distribución de la producción total de huevos por Comunidades Autónomas en el 2009.

La producción total de huevos radicó en 1000,2 millones de docenas, siendo un 8,8% inferior a la del 2009.

Podemos situar a la producción final del sector en 2009 en los 1.070 millones de euros, lo que supone un 8% de la producción final ganadera española y un 2,8% de la producción final agraria.

Figura 3.1. Distribución de la producción de huevos en el Estado Español (en miles de docenas) por Comunidades Autónomas.

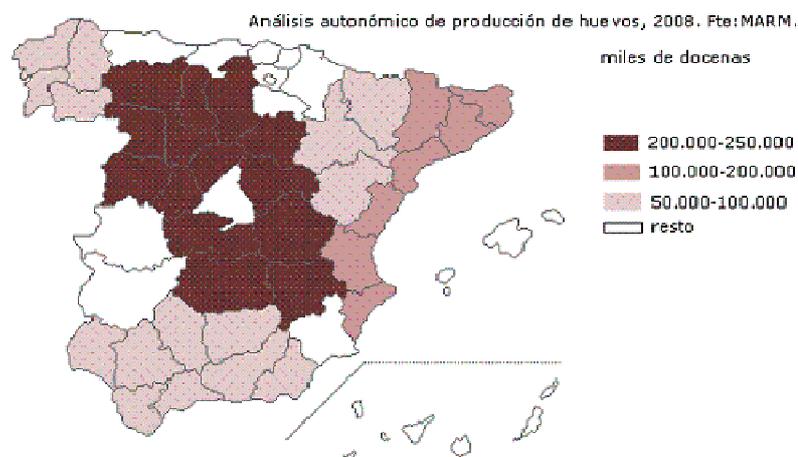


Tabla 3.4. Censo de gallinas ponedoras en España (miles), distribuido por CCAA. (*)

CCAA	SELECTAS	CAMPERAS (&)	TOTAL	% DEL TOTAL
Castilla la Mancha	10.856	43	10.929	21,9
Castilla y León	9.508	191	9.699	19,4
Cataluña	4.895	168	5.063	10,1
Comunidad Valenciana	4.269	38	4.307	8,6
Aragón	4.021	100	4.121	8,3
Andalucía	3.612	127	3.739	7,5
Galicia	1.949	1.213	3.162	6,3
Madrid	1.914		1.914	3,8
Canarias	1.672	42	1.714	3,4
Extremadura	1.436	80	1.516	3
País Vasco	1.344	55	1.399	2,8
Navarra	850	40	890	1,8
Asturias	240	150	390	0,8
Murcia	351	19	370	0,7
Islas Baleares	313	35	348	0,7
Cantabria	276	2	278	0,6
La Rioja	141	15	156	0,3
TOTALES España	47647	2.348	49.995	100

(*) Anuario de estadística del MARM, 2008.

(&) A falta de una indicación contraria, se supone que también abarca las gallinas en el suelo.

Además la producción de huevos en nuestro país fue excedentaria, ya que abasteció la demanda nacional y exportó una buena parte (el 23% de la producción en 2008 y 2009). El destino principal de las exportaciones en los años 2009 y 2010 fue el mercado intracomunitario, tal como se distingue en la tabla 3.5.

No obstante, en el 2010 se importaron mayores cantidades de huevos que en el año anterior y las exportaciones intracomunitarias se redujeron casi un 15% con respecto al año 2009.

Tabla 3.5. Evolución del comercio exterior de huevos en toneladas, equivalente huevo cáscara en los años 2009 y 2010.

EVOLUCIÓN DEL COMERCIO EXTERIOR EN LOS DOS ÚLTIMOS AÑOS (Toneladas, equivalente huevo cáscara)				
Años	Importaciones		Exportaciones	
	UE	P. Terceros	UE	P. Terceros
2009	27.780	333	159.088	4.931
2010	30.726	519	135.734	7.193
10/09 (%)	10,6	55,9	- 14,7	45,9

Fuente: Agencia Estatal de la Administración Tributaria (AEAT).

Además, en los últimos diez años, el consumo de huevos en España ha descendido de los 17,5 Kg. por persona y año en el año 2000, a los 15,2 de 2005 y hasta los 11,3 Kg. de 2009, según nos muestran los datos del Panel de Consumo Alimentario del MARM.

Según el MARM el consumo humano global de huevos en el Estado Español se estimó en 645.000 toneladas en el 2010, lo que se traduce en un autoabastecimiento del 115,8%.

El consumo aparente en nuestro país en ese año 2010 se situó en 13,7 Kg., inferior en un 9,3 % al del año 2009.

3.1.2.2.2. En la Unión Europea.

Según los datos del MARM, el censo medio de gallinas ponedoras de la Unión Europea, se estimó en 374,2 millones, representando ello un incremento del 7,1 % respecto al año anterior, contrariamente a lo que sucedía en el Estado Español.

A diferencia también de lo que acontecía en el 2009, año en el cual los datos oficiales colocaban a España a la cabeza del censo comunitario, con un 14% del total, por delante de Francia (13,3%), Italia (12,2%) y Alemania (11,6%), en el año 2010, Francia lideraba el censo de ponedoras con un 13,9% del total, y España quedaba relegada al 2º lugar con el 12%.

Este hecho junto con el porcentaje de producción de huevos del resto de países más destacados de la Unión Europea se pueden apreciar en el gráfico 3.6.

PRODUCCIÓN TOTAL DE HUEVOS EN LA UNIÓN EUROPEA, AÑO 2010
(para incubar y de consumo, miles de toneladas)

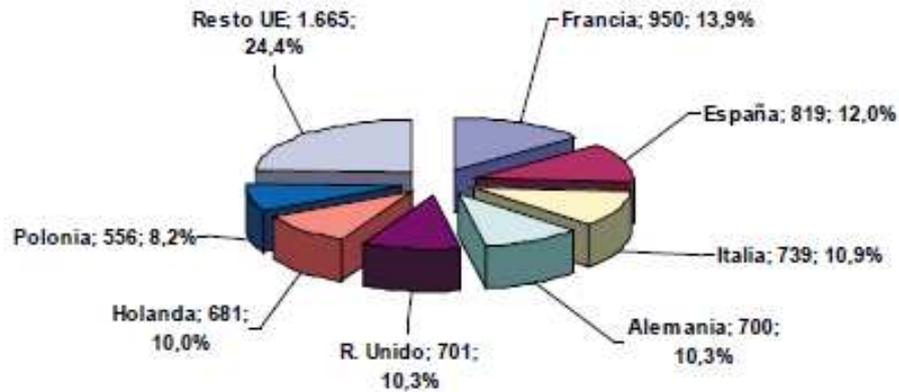


Gráfico 3.6. Producción total de huevos en la Unión Europea en el año 2010.

A nivel de comercio exterior, de la misma manera que sucedía para el Estado Español, las exportaciones superan con creces a las importaciones.

Además, estas últimas se redujeron un 7% con respecto al año 2009, siendo 43.239 toneladas las que se importaron y teniendo como principales países importadores a Dinamarca (32,3%), Austria (19,8%), Alemania (15,3%), Italia (15,0%) y Suecia (7,3%). Sin embargo, las exportaciones alcanzaron las 256.994 toneladas, que sobrepasaron en un 20,3% a las del año anterior. Los países más relevantes en este hecho son Holanda (36,9%), Italia (22,1%), Francia (15,8%) y Alemania (12,6%). Los principales destinatarios de estas exportaciones son Japón (33,8%) y Suiza (20,5%).

Además el MARM también proporciona una estima del consumo humano global de 6.378.000 toneladas en el 2010, traduciéndose a un autoabastecimiento del 102,1%, y unas cifras de consumo aparente por habitante y año de 12,8 Kg.

Todos los datos que han sido expuestos a lo largo de este apartado ofrecen una detallada visión productiva actual del sector avícola, mostrando la elevada importancia que tiene la producción de carne de pollo y huevos tanto en nuestro país como en la Unión Europea, y nos permiten justificar el que se realicen trabajos como el presente que caractericen a las razas autóctonas de gallinas que pudieran explotarse para tal fin en cada territorio. Pues estos sirven de base y orientación a la hora de establecer a posteriori programas de mejora genética de estas razas, contribuyendo a que este sector tan relevante dentro de

la producción animal, pueda desarrollar una producción con una mayor sostenibilidad y calidad.

3.1.3. USO DE LAS RAZAS AUTÓCTONAS EN LA PRODUCCIÓN AVIAR.

El modelo productivo ganadero actual mayoritario, el sistema industrial basado en el uso de razas mejoradas demandante de grandes insumos en forma de piensos compuestos y compleja infraestructura, ha demostrado ser insostenible tanto económica como ambientalmente.

Paralelamente, si hacemos referencia a la Comunidad Autónoma en la que vivimos, donde la insularidad y la escasa superficie son factores claramente limitantes, resulta obvio que requerimos de un modelo que se adapte a nuestras características y que a su vez potencie nuestra independencia del exterior.

Es a través de la cría y fomento de nuestras razas autóctonas como conseguiremos ser autosuficientes, siendo capaces de recuperar un modelo productivo que tenga su base de nuevo en la producción local, que potencie la biodiversidad y que dignifique la profesión de nuestros agricultores y ganaderos.

A la vez que seremos capaces de elaborar productos diferenciados de calidad que impliquen una mayor sostenibilidad y una conservación de los valores históricos y socioculturales ligados tradicionalmente a la cría de estas razas.

Por tanto, en estas nuevas alternativas de producción que hemos estado contemplando anteriormente y que podrían ser aplicables en nuestro archipiélago, el uso de razas autóctonas casa perfectamente, pues su adecuada adaptación al medio y su rusticidad, les confieren una mayor resistencia a las enfermedades de la zona y a condiciones climáticas propias, generando poca dependencia de instalaciones y una tolerancia a los extremos climáticos ocasionales. Las razas autóctonas tienen la capacidad de subsistir con una alimentación de menor calidad que las razas selectas, lo cual también permitiría disminuir los costes de alimentación.

Estas razas poseen todos los caracteres deseables para que podamos implantar en nuestras islas una ganadería sostenible que siga los principios de la soberanía alimentaria, un modelo agroecológico en perfecta armonía con el entorno y que intervenga activamente en la conservación de nuestro medio ambiente, a la vez que sea partícipe del tipo de desarrollo rural que nuestra comunidad autónoma necesita.

3.1.4. CARACTERIZACIÓN PRODUCTIVA DE LAS RAZAS DE GALLINAS.

3.1.4.1. Importancia y utilidad.

La realización de estudios que den a conocer las capacidades y potenciales productivos de nuestras razas ganaderas locales, suponen una valiosa información que reforzará los pilares sobre los que asentar la mejora productiva de nuestras razas autóctonas para conseguir que éstas puedan ser aptas para satisfacer las necesidades de carne, leche o huevos de nuestra sociedad balear.

Estos estudios suponen la obtención de una serie de datos acerca del crecimiento y puesta, consumo e índices de conversión en carne y en puesta, además de una serie de gráficos que permitirán establecer comparaciones objetivas con los datos productivos de otras razas tanto autóctonas españolas como estirpes comerciales, que sirvan para orientarnos y guiarnos en el camino hacia una producción ganadera local sostenible que también sea viable económicamente para nuestros productores.

3.1.4.2. Antecedentes respecto a la caracterización productiva en las gallinas españolas.

Primeramente debemos mencionar que de entre las razas de gallinas españolas existentes, no en todas ellas se ha realizado una caracterización productiva o si bien de éstas se tienen algunos datos, no se ha llevado a cabo de forma completa.

En segundo lugar, recalcar que en este apartado se comentarán exclusivamente las reseñas de los estudios que hagan referencia únicamente a la caracterización productiva, que son los que se usarán para realizar las comparaciones pertinentes en el apartado de la discusión de este capítulo, pues la información concerniente a la caracterización a otros niveles ya se ha expuesto en los capítulos correspondientes.

Las razas españolas de las que más datos productivos se tienen son las catalanas, siendo también las que se llevan estudiando desde más tiempo.

Desde finales del siglo XIX se han ido realizando trabajos de selección de estas razas, que han combinado la selección morfológica con la productiva, teniendo esta última como objetivo mejorar la puesta (Francesch, 2008).

La raza Prat ya era famosa por su puesta durante la primera mitad del siglo XX. En el año 1915, Castelló creó una raza sintética a partir de ésta, la Paraíso, con el objetivo de obtener una raza de doble aptitud: buena puesta con carne fina y abundante.

De esta primera mitad también existen referencias a la gallina Empordanesa, que fue criada y seleccionada por el profesor Rossell i Vilà en el periodo que va de 1920 a 1924 (Corominas, 1988), a la gallina Penedesenca, la cual este mismo autor insta a conservar en 1928 (Francesch, 1991a) y a la aparición de la gallina Villafranquina a partir de los trabajos de selección de núcleos de Penedesencas llevados a cabo por Milà y Monserrat en 1932 (Agenjo, 1964).

Los trabajos de recuperación llevados a cabo por Jordà de 1982 a 1984 en el centro de *Mas Bové* del IRTA con las razas Penedesenca y Empordanesa, fueron continuados por Francesch culminando en el desarrollo de su tesis doctoral sobre la caracterización genético-etnológica de estas dos razas (Francesch, 1991a).

Desde entonces, las razas catalanas han sido objeto de numerosos y exhaustivos estudios de caracterización y mejora productiva llevados a cabo bajo su dirección.

El primero que se encuentra citado en la bibliografía fue el referente a la evaluación del rendimiento de los productos finales en el crecimiento de líneas de razas de gallinas autóctonas catalanas (Pardo, 1993). Dos años más tarde, también se estudiaron los parámetros de incubabilidad en estas razas (Pérez, 1995; Anguera, 1996).

También se realizaron comparaciones en cuanto a rendimiento productivo entre la raza Prat y la raza Prat mejorada (Ribas, 1997).

La incubabilidad y el crecimiento de estas razas volvió a ser objeto de estudio un año después (Clua, 1998), al que prosiguió la realización de un estudio comparativo de rendimientos productivos y características de calidad entre pollos mejorados y tradicionales de las razas autóctonas catalanas al año siguiente (Anguera, 1999).

Unos años más tarde dichos estudios se completaron con la comparación de las características productivas y de calidad de la canal (Escoda, 2004) y la realización de la caracterización reproductiva de estas razas (Andreu, 2004).

También se llevó a cabo un estudio del crecimiento comparado entre las tres razas catalanas mejoradas (Garrofé, 2007).

Así mismo, existen reseñas bibliográficas de estudios productivos en ejemplares castrados de estas razas (Francesch et al., 1998a; Pérez, 1998; Hernández, 1999 y Fortuny, 2000).

Finalmente, la mejora genética de estas razas y sus efectos sobre la producción y calidad de los productos a lo largo de estos años también ha sido ampliamente tratada en numerosos trabajos (Francesch, 1992 y 1998b; Francesch et al., 1993, 1995a y b, 1997a y b, 1998 b, 1999, 2000, 2001 y 2002).

Otra raza española que ha sido objeto de análisis productivo es la Castellana, Ciria et al. estudian por primera vez en 1999 su crecimiento comparándolo con el de las razas Penedesenca y Empordanesa.

En ese mismo año también se realizó un trabajo que evaluaba el crecimiento del cruce entre Castellana y Penedesenca Negra (Gómara et al., 1999). Un año después se llevó a cabo la caracterización de la carne de esta raza de gallina (Ciria et al., 2000) y al año siguiente, tuvo lugar la caracterización instrumental de la carne de pollo procedente del cruce entre gallos de raza Penedesenca y gallinas Castellanas, (Ciria et al., 2001).

Dos años más tarde una tesis doctoral recogió la caracterización productiva y genética de esta raza (Miguel, 2003).

Además, también se ha realizado una comparación en crecimiento en pollos enteros, castrados y regenerados (Miguel et al., 2005) y llevado a cabo trabajos de mejora genética de esta raza (Miguel et al., 2006).

La raza de gallina de origen gallego, *Galiña de Mos* también ha sido estudiada desde el punto de vista productivo. Existen en la bibliografía datos acerca de su crecimiento, así como de la puesta y peso y morfología de los huevos y de la canal de capones de esta raza (Sánchez et al., 2000).

Asimismo también se han estudiado los aspectos productivos en puesta de esta gallina (Feijóo et al., 2002) y se ha analizado su fertilidad e incubabilidad (Rois et al., 2004).

El crecimiento de machos y hembras así como su índice de conversión también ha sido objeto de estudio (Rivero et al., 2007).

Igualmente se dispone de datos productivos de la gallina Extremeña, concretamente acerca de su crecimiento, índices de conversión y canal, tanto en animales enteros como en capones (Muriel, 2002, 2003 y 2004).

La raza vasca Euskal Oiloa también ha sido estudiada en lo que se refiere a su posibilidad de responder a la selección por puesta (Francesch y Atxa, 2004).

Tal como se ha comentado en la introducción general, la gallina Menorca fue la primera de las tres razas de gallinas baleares que se caracterizó productivamente, estudiándose su crecimiento así como la puesta y el peso de los huevos (Villalba et al., 2005).

Otra raza española de la que se tiene información productiva es de la Gallina de Chulilla, propia de la región valenciana. Se ha caracterizado su crecimiento (Grimal y Gómez, 2007 a y b), así como realizado la caracterización preliminar de sus parámetros reproductivos, analizando parámetros de fertilidad e incubabilidad (Grimal y Gómez, 2007c) y el estudio de factores que inciden en esta última (Grimal y Gómez, 2007d).

Por último, la gallina de la región del Sobrarbe en el pirineo oscense, también ha sido caracterizada de forma productiva recientemente (Cajal, 2009).



Foto 3.1. Gallinas de raza Mallorquina variedad *Paja*.

3.1.5. ESTUDIO DEL CRECIMIENTO.

3.1.5.1. Concepto de modelo matemático y de crecimiento.

La producción animal lleva implícita el control de múltiples variables asociadas a ella que exigen al ser humano la realización de las predicciones oportunas sobre los efectos de cualquier cambio que pueda producirse en ellas para controlarla adecuadamente.

Es por ello que se hace necesario el uso de modelos matemáticos que transformen los conceptos y conocimientos relacionados con un proceso, en una serie de ecuaciones matemáticas que lo describan y que simulen virtualmente situaciones reales de éste.

Numerosos son los autores a tener en cuenta que han trabajado en este campo constatando la importancia del uso de estos modelos para describir concisamente el funcionamiento del mundo, y así poder conocerlo mejor.

Speeding (1988) describe que “la modelización es una abstracción y simplificación del mundo real, para captar las interacciones principales y el comportamiento de los sistemas bajo estudio, siendo posible, por otra parte, su manipulación experimental a fin de proyectar las consecuencias de los cambios en los puntos determinantes del comportamiento del sistema”. Birnie et al., (1990) reflejan en sus escritos que “los modelos son la esencia de la ciencia”.

Esta modelización es un complemento de la experimentación, pues permite el asesoramiento para elegir experiencias que sean más eficientes y resulta de gran utilidad cuando se desea comprobar parámetros biológicos cuya medición es complicada. (Koong et al., 1978).

También hay autores que han comparado unos modelos con otros y definido sus fases. Para Birnie et al., (1990), primero se procede a la construcción del modelo, a continuación a su estudio y validación mediante test y por último, a su aplicación. Según Wallach et al., (1984), estas comparaciones ayudan a clarificarlos, situándolos en una perspectiva adecuada presentándolos según su terminología estándar.

Además, ello facilita el uso al investigador ya que le permite encontrar la aplicación directa a su problema después de realizar diversas pruebas de simulación con otros modelos preestablecidos.

Harlow e Ivey, (1994) consideran que cada modelo debe ser evaluado atendiendo a cuatro criterios básicos: calibración, exactitud, precisión y parcialidad de errores.

Es importante también remarcar que todo modelo que se use debe ser ciertamente flexible y tener en cuenta si va a poder ser de uso en el futuro (Gibon and Flamant, 1994).

Hay diferentes tipos de modelos matemáticos y diversas maneras de clasificarlos, pero una de ellas podría ser según el fin con el que se utilicen:

- Modelos estáticos vs dinámicos. Los primeros ayudan a visualizar la interrelación espacial mientras que los segundos, constituyen una aproximación en escala reducida del objeto o el fenómeno.

- Modelos determinísticos vs estocásticos. Los primeros ignoran las variaciones aportadas por el azar y los segundos, permiten introducir elementos de incertidumbre o no controlables por el investigador en el comportamiento del sistema (France et al., 1984).

- Modelos continuos vs discretos, según la tipología de las variables objeto de estudio, y por tanto, si son continuas y evolucionan continuamente en el tiempo o si son discretas, cambiando únicamente en determinados instantes de tiempo.

- Modelos icónicos vs análogos vs simbólicos. Los modelos icónicos se asemejan totalmente al sistema que se está estudiando, en los análogos sin embargo, la propiedad del objeto real es sustituida por otra y comúnmente se comportan de la misma manera. Por último, los modelos simbólicos se basan en la utilización de símbolos como "x" o "y" para representar parámetros o variables (Shannon, 1975).

3.1.5.2. Modelos de crecimiento.

El crecimiento es un proceso biológico complejo resultante de factores genéticos y circunstancias ambientales (Di Masso et al., 1998) y puede definirse como un aumento en el tamaño corporal por unidad de tiempo (Schulze et al., 2001; Lawrence and Fowler, 2002).

La evolución del peso corporal en función del tiempo es un dato que nos permite configurar curvas de crecimiento que caracterizan en unas condiciones dadas, el crecimiento global de un individuo o población (Acero, 1995).

Los modelos matemáticos de crecimiento animal son de gran utilidad, puesto que permiten condensar y resumir la información obtenida de una secuencia de puntos (pesos o edades) en unas pocas generalidades que facilitan la comparación objetiva de la capacidad de crecimiento de la especie estudiada.

Asimismo, la expresión gráfica de estos modelos elimina posibles efectos ambientales que causarían fluctuaciones pudiéndose predecir la velocidad de crecimiento de los animales (Knízetova et al., 1991).

Esta expresión responde a una curva de crecimiento, la cual en ocasiones ha servido a algunos autores como criterio de selección, (Brody, 1945) y de la cual puede seleccionarse la forma (Merritt, 1974; Mignon-Grasteau et al., 2001).

El modelar las curvas de crecimiento es útil porque nos provee de medios para visualizar los patrones de crecimiento en el tiempo y las ecuaciones obtenidas pueden ser usadas para predecir el peso esperado en grupos de animales a edades específicas (Tzeng and Becker, 1981; Yakupoglu and Atil, 2001; Sengul and Kiraz, 2005).

Además, la aplicación de estos modelos de crecimiento resulta un componente de gran relevancia a la hora de realizar estudios bioeconómicos (Knízetova et al. 1991) imprescindibles en el campo de la producción animal.

Por todos los factores descritos anteriormente, el uso de estos modelos para explicar el crecimiento de las aves, tal y como muestra la bibliografía existente, se remonta a bastante tiempo atrás.

Se han estudiado las curvas de crecimiento en pavos (Anthony et al., 1991; Sengul and Kiraz, 2005; Ersoy et al., 2006), en avestruces (Du Preez et al., 1992; Cilliers et al., 1995; Sabbioni et al., 1999), codornices (Du Preez et al., 1997; Anthony et al., 1991; Aggrey et al. 2003) y en gallinas (Knízetova et al. 1991; Anthony et al., 1991; Barbato, 1991; Di Masso et al., 1998; Mignon-Grasteau et al., 2000 y 2001; Villalba et al., 2001 y 2007 ; Goliomytis et al., 2003; Norris et al., 2007; Darmani et al., 2010).

Existen varios tipos de modelos de crecimiento que pueden usarse para determinar la relación entre el peso vivo y la edad, con distintas características y limitaciones matemáticas diferentes (Norris et al., 2007), pero una clasificación muy práctica de los usados para estimar las curvas de crecimiento animal es la descrita por Delgado et al. (2000), que los divide en cuatro categorías:

-Generales: aquí se engloban las funciones exponenciales y la parabólica.

-Logísticas: se incluyen las estándar y generalizada.

-Biológicas: en las que los parámetros pueden ser interpretados biológicamente y éstas comprenden las funciones de Brody, Gompertz, Von Bertalanffy y Richards.

-Polinómicas: siendo éstas la lineal, cuadrática, cúbica y cuártica.

A continuación explicaremos de una forma más detallada los modelos más comúnmente empleados.

Se describe en la bibliografía el uso de los modelos logísticos para este fin (Sang, 1962; Krause et al., 1967; Grossman and Boren, 1982 y 1985; Grossman et al., 1985), siendo las curvas de este tipo sigmoideas y usadas para modelar funciones que incrementan gradualmente al principio, más rápidamente en el periodo de crecimiento y más despacio al final, llegando a un máximo valor después de un cierto periodo de tiempo.

Estas curvas responden a la siguiente expresión matemática:

$$Y = A / (1 + b \cdot e^{-kt})$$

Y= peso vivo a los t días de edad

A= peso estimado a la madurez

b= constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t

k= velocidad de crecimiento

t=tiempo

La primera parte de la curva es exponencial, el ritmo de crecimiento acelera en la medida que se acerca a la línea media de la curva.

Según Knízetova et al., (1991) esta curva tiene una forma simétrica que no se corresponde con el crecimiento típico de las aves.

Las funciones denominadas biológicas son las que se han usado más frecuentemente para describir el crecimiento en las aves.

La función de Gompertz (Gompertz, 1825) ha sido usada por varios autores en el estudio del crecimiento (Laird et al., 1965; Wilson, 1977; Tzeng and Becker, 1981; Pasrternak and Shalev, 1983; Ricklefs, 1985; Anthony et al., 1991) y cuya ecuación es:

$$Y = A * e^{-b * e^{-kt}}$$

Y= peso vivo a los t días de edad

A= peso estimado a la madurez

b= constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t

k= velocidad de crecimiento

t=tiempo

Su ecuación original es función del peso asintótico de las aves a la madurez con lo cual no sería adecuado su uso para broilers (Barbato, 1991).

Laird et al. (1965) propusieron una variante que estimara la velocidad de decremento de la ganancia de peso en función del peso vivo inicial y del punto de inflexión del crecimiento, generando el modelo Gompertz-Laird, cuya ecuación es la siguiente:

$$Y = A_0 * e^{((L/k) * (1 - e^{-kt}))}$$

Y= peso vivo a los t días de edad

A₀= peso inicial estimado

L= valor de peso instantáneo por día

k= velocidad de crecimiento

t= tiempo

El modelo logístico y el de Gompertz establecen crecimientos con el punto de inflexión de la curva sobre el 50% y el 37% del peso a la madurez (asintótico) respectivamente (Ricklefs, 1967).

Ambos son casos especiales de un tercer modelo que los agrupa y que establece una posición del punto de inflexión variable, el modelo de Richards (Richards, 1959) considerada como la más general de las ecuaciones biológicas y la más compleja, pues introduce un nuevo parámetro m:

$$Y = A * (1 \pm b * e^{(-kt)})^m$$

Y= peso vivo a los t días de edad

A= peso estimado a la madurez

b= constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t

K= velocidad de crecimiento

m= n+1 ó -1/n

n=posición del punto de inflexión en la curva

t= tiempo

Este parámetro m varía en respuesta a los cambios ambientales y puede ser útil para estudiar los efectos del estrés ambiental sobre el crecimiento (Brisbin et al., 1986 y 1987).

En la fórmula original de Richards toma el valor de n+1, (Richards, 1959) aunque para otros autores su valor es -1/n, siendo n el parámetro que determina la posición del punto de inflexión de la curva.

Cuando m tiende a -1 obtenemos la curva logarítmica y cuando tiende a infinito la de Gompertz (Mignon-Grasteau et al., 2000). Existen otros dos casos particulares de la ecuación de Richards, si m es igual a 1, se obtiene la curva de Brody (Brody, 1945) y si m toma el valor de 3, la ecuación de Von Bertalanffy (Bertalanffy, 1957).

Este modelo ha sido usado por algunos investigadores (Knízetova et al., 1991; Gebhardt-Henrich and Marks, 1993; Villalba et al. 2001), pese a la dificultad para ajustar el parámetro m.

También se han utilizado para realizar las curvas de crecimiento, modelos polinómicos (Tzeng and Becker, 1981) que no exigen procedimientos no lineales y ajustan mejor los datos, pero no proporcionan un valor asintótico a la madurez ni una adecuada explicación biológica.

Por último, se debe recalcar que la estimación de los parámetros de las curvas se suele realizar por procedimientos de regresión no lineal, los cuales minimizan las sumas de los cuadrados de los errores entre el peso estimado por la función matemática y el peso observado.

3.1.6. ESTUDIO DE LA PUESTA.

La puesta de las gallinas, debido al inestimable valor de los huevos como fuente de proteína actual, ha sido objeto de numerosos estudios a lo largo de la historia de la avicultura de puesta.

Estos se han basado en el cálculo de una serie de parámetros que sistematicen los datos de campo a la vez que permitan objetivar los resultados obtenidos y realizar las comparaciones entre las diversas razas.

Así, algunos de los parámetros de interés para el estudio de puesta pueden ser: la curva de puesta de la raza en porcentaje, la puesta acumulada por gallina, el peso de los huevos y el índice de conversión por docena de huevos, entendiéndose por éste, la cantidad de alimento que debe consumir una gallina para producir una docena de huevos.

Debemos decir que el parámetro peso del huevo ha sido ampliamente estudiado sólo o combinado con otros caracteres, y se ha usado ampliamente como criterio de selección (Festing and Nordskog, 1967; Kolstad, 1980; Liljedahl and Weyde, 1980; Sorensen et al., 1980).

Además, los mismos modelos usados para estudiar el crecimiento en función del peso vivo resultan adecuados para estudiar el peso del huevo en gallinas ponedoras, existiendo una correlación genética positiva entre el peso vivo del animal y el peso del huevo (Siegel, 1962; Festing and Nordskog, 1967).

Tal es el caso que existe una ecuación específica para ello, que resulta ser una reparametrización de la ecuación de Brody (Brody, 1945) y un caso especial de la función de Richards (Richards, 1959).

Esta función que describe adecuadamente como el peso del huevo se incrementa con la edad en varias estirpes comerciales de aves (Shalev and Pasternak, 1993) es la denominada función de Weatherup and Foster (1980):

$$W = (A - B r^t)$$

A= peso del huevo maduro

B= el rango en el peso del huevo desde t=0 hasta la asíntota

r= tasa a la cual el peso del huevo maduro se aproxima

t=tiempo

3.1.7. OBJETIVOS.

En este capítulo se pretende:

- Realizar una caracterización comparada de crecimiento, consumo y puesta de las tres razas de gallinas baleares.
- Ajustar el crecimiento de las gallinas de las tres razas baleares a una de las funciones descritas en el apartado anterior, calculándose así los parámetros de crecimiento y el grado de madurez.
- Aplicar también una de las mencionadas funciones de crecimiento para estudiar el peso del huevo en las tres razas.
- Establecer en la medida de lo posible, comparaciones con los trabajos hallados en la bibliografía para otras razas de gallinas españolas y foráneas, tanto para el crecimiento como para la puesta.



Foto 3.2. Gallinas y gallo de raza Ibicenca variedad *Negra Plateada*.

3.2. MATERIAL Y MÉTODOS.

3.2.1. ANIMALES PARTICIPANTES.

Las aves a partir de las cuales se realizó dicha caracterización productiva se obtuvieron de los pollitos de cada una de las tres razas baleares nacidos en las tres tandas de nacimientos programados en el proyecto de caracterización comparada.

El número de ejemplares nacidos de cada raza en cada nacimiento se muestra en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Pollitos nacidos en los tres nacimientos durante el 2008 para el estudio de caracterización comparada de las razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).

RAZA	1	2	3	TOTAL
IB	71	80	106	257
MA	75	70	86	231
ME	71	72	102	245
TOTAL	217	222	294	733

Los pollitos se anillaron en su membrana alar, se pesaron individualmente y se vacunaron de la enfermedad de Marek mediante una vacuna congelada con las cepas víricas HVT y Rispens.

3.2.2. DIETA.

Los animales del primer y segundo nacimiento fueron alimentados con un pienso del 19,5 % de proteína bruta (PB) y 2800 Kcal/Kg. de energía metabolizable (EM) hasta las 6 semanas de vida, mientras que a los del tercero, se les suministró un pienso hasta las 6 semanas, que contenía un 21,6% de PB y 2800 Kcal/Kg. de EM.

A los pollos de todos los nacimientos desde la semana 6 hasta la 20, se les proporcionó el mismo pienso constituido por un 17% de PB y 2850 Kcal/Kg. de EM.

El pienso para las pollitas de estas edades fue del 16% de PB y 2850 Kcal/Kg.; siendo convencional en el primer y segundo nacimiento y ecológico en el tercero.

A partir de la semana 20, las gallinas y gallos seleccionados del primer y segundo nacimiento fueron alimentados con un pienso convencional que contenía un 14% de PB y de 2700 Kcal/Kg. de EM. Y las gallinas y gallos del tercero, con un pienso ecológico para gallinas ponedoras de más de 18 semanas con un 17% de PB y 2749 Kcal/Kg. de EM.

3.2.3. UBICACIÓN.

Los pollitos de los lotes 1 y 2, cuyos nacimientos se llevaron a cabo en Mallorca, en las instalaciones de S'Hort de sa Gerrera (Manacor) y los del 3, realizado en Menorca, en las dependencias de sa Canera (Ciutadella), fueron mantenidos en parques especializados para la recría similares en las dos islas hasta la 6ª semana de vida, garantizándose el suficiente aporte de calor a los animales en las primeras etapas de vida.

A partir de dicha fecha, en los dos lotes nacidos en Mallorca, se mantuvieron las aves en las mismas instalaciones pero habilitando una zona interior y una exterior.

Además tuvo lugar la selección de los gallos más adecuados que se albergaron junto con las pollitas para constituir los grupos reproductores.

La proporción de gallos en los lotes fue de 1 gallo para cada 8 gallinas. Los gallos no seleccionados se ubicaron en parques adyacentes para seguir su control de crecimiento hasta la semana 20.

En lo que respecta al tercer lote, a las 6 semanas de vida, las gallinas fueron enviadas a Ibiza junto con una selección de gallos cumpliendo con las proporciones antes descritas, colocándose estos en instalaciones de dimensiones similares a las de la isla de Mallorca, con una zona interior y otra exterior.



Foto 3.3. Gallo de raza Ibicenca variedad *Negra Plateada*.

El resto de los gallos no seleccionados del lote 3, completó su fase de crecimiento hasta la semana 20 en parques en las instalaciones de Menorca.

A partir de la semana 20, con el fin de ir preparando la puesta, las pollitas fueron mantenidas en los mismos departamentos en los que se había realizado la recría, pero incorporando ponedores y bombillas para aportar un total de 14 horas de luz diarias, mediante la combinación de luz natural con artificial.

3.2.4. CONTROLES REALIZADOS Y CÁLCULOS.

Peso.

Se llevaron a cabo pesadas individuales de todos los animales. Durante las dos primeras semanas de vida, se pesaron cada media semana y a partir de las dos semanas, se pesaron semanalmente hasta la semana 20, considerando que éste era el momento final de la recría y el inicio de su madurez sexual.

Posteriormente se formaron los lotes conjuntos constituidos por las gallinas y los gallos seleccionados y se pesaron individualmente a las 26, 31,52 y a las 72 semanas de vida.

Consumo de pienso.

Dicha determinación se realizó semanalmente hasta la semana 20 en pollitas y hasta el momento en que los pollos consiguieron aproximadamente los 2-2,2 Kg. de peso vivo, peso considerado como el mínimo para el sacrificio.

En los gallos, estos registros de consumo, junto a los de peso, se emplearon para realizar el cálculo del índice de conversión (IC) en las tres razas hasta la semana 20 de vida.

Se continuó con dicho control de consumo, pero ya de forma conjunta machos y hembras, desde el momento en que se introdujeron los machos al grupo de las hembras y hasta la semana 72 de vida.

Puesta.

Se registraron las semanas en las que tuvieron lugar los inicios de puesta para cada una de las razas en los tres nacimientos, así como también se procedió al registro semanal del porcentaje de puesta y se pesaron los huevos de todos los lotes coincidiendo con en el

día en que las gallinas cumplían cada semana de edad desde el inicio de puesta hasta la semana 72.

A partir de estos controles se calculó el número de huevos puesto por gallina, el IC por cada docena de huevos y el peso promedio de los huevos en los tres nacimientos y en las tres razas.

3.2.5. FUNCIONES DE CRECIMIENTO Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

Tal y como se ha mencionado anteriormente en la introducción de este apartado, existen diversas ecuaciones para ajustar la curva de crecimiento de las gallinas, siendo las biológicas las más usadas.

Tras un profundo estudio de nuestro caso particular y revisión de la bibliografía pertinente, se estableció que los modelos de Richards y Gompertz eran los más idóneos a considerar en nuestro experimento. Para decidir la aplicación de uno u otro modelo, se procedió a realizar previamente las comprobaciones estadísticas concernientes, estableciendo los coeficientes de determinación (R^2).

Dichos coeficientes fueron similares para los dos modelos y superiores a 0,972, por lo que ambos explicaban al menos un 97,2% de la varianza observada. Su alto valor nos indica la precisión del ajuste que hacen de la curva estos dos modelos.

Para este experimento se decidió utilizar la función de Richards (Richards, 1959). La justificación de usar este modelo reside en el hecho de que éste refleja mejor los efectos ambientales a la hora de evaluar funciones biológicas a través de un parámetro m , cuyo valor establecido fue el de $m = -1/n$.

Así, la fórmula usada tiene la siguiente expresión:

$$W_t = A * (1 \pm b * e^{(-k*t)})^{-1/n}$$

W_t = peso vivo a los t días de edad.

A = peso estimado a la madurez.

b = constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t .

k = velocidad de crecimiento.

t = tiempo.

$m = -1/n$ (n = posición del punto de inflexión en la curva)

Los parámetros A, b, k, t y n de esta función ya han sido definidos en el apartado previo de *modelos de crecimiento* en el que ya se introdujo la función de Richards.

El modelo de Richards es más flexible y más generalizado, siendo una función de cuatro parámetros con un punto de inflexión variable que proporciona una más completa descripción del proceso de crecimiento en una gran variedad de especies, según describen muchos autores (Von Rosen, 1991; Goonewardene et al., 2003) y más concretamente, en especies aviares, en gallinas (Knízetova et al., 1983 y 1985) que es el que nos ocupa, y en pavos (Ersoy, 2006).

Aunque en nuestro caso, y al igual que también describen otros autores (Wilson, 1977; Tzeng and Becker, 1981; Ricklefs, 1985 y Rogers et al., 1987), el modelo de Gompertz presenta un similar ajuste y de casi exacta precisión en estas ocasiones.

El peso individual se controló a los días de vida 0, 5, 8,12,15, 22, 29,36,43,50, 57,64,71,78,85,92, 99, 106, 113, 120, 127, 134, 141, 181, 217, 365, y 504.

Se calcularon a partir de la fórmula de Richards, los parámetros W_i y T_i y u_t .

Siendo:

$$W_i = A/(n+1)^{1/n}$$

W_i = peso en la edad T_i

$$T_i = -1/k \ln(n/b)$$

T_i = edad para la cual la tasa de crecimiento es máxima

(W_i, T_i) = coordenadas del punto de inflexión en el que la tasa de crecimiento cambia y deja de incrementar para comenzar a decrecer

$$u_t = Wt/A$$

u_t = grado de madurez a una determinada edad t, y se obtiene dividiendo el peso a una determinada edad con el peso en la asíntota

Para obtener las estimaciones de los parámetros de A, b, k y n de la función de Richards se aplicó el procedimiento *nlin* del paquete estadístico SAS 9.1.

Asimismo, se realizó un análisis de la varianza para muestras no equilibradas de los factores Raza y Lote para las variables A, T_i y W_i, calculadas para cada animal, mediante el procedimiento *global linear model (GLM)* del paquete estadístico SAS 9.1 de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ij}$$

Y_{ij}= Respuesta esperada en la variable dependiente

μ= media de la población

α_i= efecto del factor raza con tres niveles (IB= Ibicenca, MA= Mallorca y ME= Menorca)

β_j= efecto del factor lote con tres niveles (1= 1^{er} nacimiento, 2= 2^o nacimiento, 3= 3^{er} nacimiento)

(αβ)_{ij}= interacción raza- lote

e_{ij}= residuo

El análisis de la varianza asume que las variables que analizamos tienen una distribución normal y que existe homocedasticidad. Por ello, previamente debimos comprobar que esa presunción era cierta.

Así, preliminarmente se realizó el test de homogeneidad de varianzas mediante la t de F máxima y el test de normalidad mediante el procedimiento *normaltest* del paquete SAS para A, T_i y W_i.

Estos tres parámetros, si bien presentaron una distribución normal, no mostraban homocedasticidad y se hizo necesaria realizar su transformación logarítmica. Una vez llevada a cabo dicha transformación, volvimos a realizar su análisis con el que se consiguió la uniformidad de varianzas.

No se consideró necesario aplicar de nuevo la función del antilogaritmo para transformar los datos nuevamente puesto que se optó, como se podrá comprobar más adelante, por presentar los resultados de las *ls-means* de la media de los datos sin transformar y la significación de la media transformada.

Para obtener el grado de madurez de gallos y gallinas de cada raza y lote, calculamos los valores de A, b, k y n medios en cada caso mediante el procedimiento *Means* del SAS.

Así, con estos parámetros se pudo estimar para cada grupo, la función de Richards a partir de la cual se proporcionan los datos de los grados de madurez obtenidos en unos momentos determinados.

Para el caso de los gallos, se optó por presentar el grado de madurez de cada lote y raza cuando estos conseguían el peso aproximado de sacrificio, los 2,2 Kg. de peso vivo, basándonos en el promedio del lote.

En cuanto a las hembras, se decidió exponer el grado de madurez que mostraban los diferentes grupos en el peso vivo que adquirieron en su inicio de puesta y pico de puesta. Para ello se calculó el grado de madurez del peso de cada animal en el momento en que el lote puso el primer huevo y en el que el lote consiguió su pico máximo de puesta multiplicándose por 100. Todos los porcentajes obtenidos fueron $>$ al 70%, con lo cual no pudo asumirse una distribución normal y fue necesario realizar una transformación de la variable mediante la función arco seno.

Las diferencias entre razas y lotes se estudiaron mediante el procedimiento *GLM* del paquete estadístico SAS 9.1, que se aplicó tanto a las transformaciones de los grados de madurez como a las transformaciones de los pesos obtenidos en esos momentos, pues ya de antemano se decidió realizar la transformación logarítmica por si la variable no fuese homogénea y no presentase una distribución normal, para poder así establecer luego las comparaciones correspondientes que se muestran en el apartado de resultados.



Foto 3.4. Gallo joven y pollitas de la raza Menorca en el centro Sa Canera (Menorca).

3.2.6. PUESTA Y TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS.

En referencia a la caracterización de la puesta, se ha analizado el peso del huevo. El procedimiento llevado a cabo para establecer qué función realizaba un mejor ajuste de la curva de crecimiento del peso del huevo fue el mismo que el que se ha explicado anteriormente para el peso vivo.

Pero para nuestro caso concreto las estimaciones de los parámetros A (peso máximo del huevo), B (peso del huevo desde $t=0$ hasta la asíntota) y r (tasa a la cual se consigue el peso máximo del huevo) calculadas a partir del modelo de Weatherup and Foster (1980), cuya ecuación es $(Y = A - B r^t)$, obtenidas también mediante el procedimiento *nlin* del SAS 9.1 no fueron apropiadas, ni los coeficientes de determinación fueron aceptables, siendo de alrededor del 15%.

Por ello, se consideraron otras posibles opciones adaptables al peso del huevo, las mismas que las estudiadas anteriormente para el peso vivo, la función Richards (Richards, 1959), Gompertz (Gompertz, 1825) y Brody (Brody, 1945).

En este caso, de igual modo que cuando estudiábamos el peso vivo, las dos funciones que presentaron el mejor ajuste para la mayoría de los lotes fueron la de Richards y la de Gompertz. Los coeficientes de determinación en ambas funciones fueron $> 0,98$. Pero esta vez, la de Gompertz presentó mejores resultados en cuanto a criterios de convergencia para cada raza y lote se refiere.

En el caso concreto del lote 3 de la raza Menorca, se ejecutó el procedimiento *reg* del SAS para obtener una recta de regresión, cuya pendiente fue del 0,2 y el coeficiente de determinación del modelo fue del 17,5%.

Al no disponer de datos individuales, no pudieron determinarse las diferencias entre razas en cuanto al peso del huevo mediante las curvas obtenidas, con lo cual se decidió analizar la base de datos de campo que contenía los pesos de los huevos que se recogían cada semana de forma aleatoria en cada lote, que no eran siempre todos de las mismas gallinas, mediante el procedimiento *GLM* del SAS 9.1, considerándose tres factores: Raza, Lote y Edad y sus correspondientes interacciones.

3.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.3.1. CRECIMIENTO.

En este apartado se estudia el crecimiento a través de la evolución que tiene el peso vivo a medida que avanza con la edad.

Ello se realiza mediante la función de crecimiento de Richards y el estudio de los parámetros y curvas que se derivan de ella.

En primer lugar, se llevará a cabo una exposición descriptiva de los aspectos generales más importantes para ir profundizando con más detalle en segundo lugar, cuando se presente el análisis estadístico de las curvas. Por último, se tratarán el consumo y los índices de conversión, éste último hasta la edad en que los gallos de las tres razas baleares llegan aproximadamente a los 2.2 Kg., peso considerado como el mínimo comercial de sacrificio.

3.3.1.1. PARÁMETROS Y CURVAS DE CRECIMIENTO.

3.3.1.1.1. Parámetros A, b, k y n.

En la tabla 3.7. se presenta la estimación de los parámetros A, b, k y n de la función de Richards y sus coeficientes de determinación (R^2), así como las estimaciones de los parámetros T_i y W_i que se derivan de dicha función para las gallinas y los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y de los tres lotes.

La bondad de los ajustes en las estimaciones de los parámetros A, b, k y n de la función de Richards puede conocerse a partir del coeficiente de determinación (R^2), que en este estudio fue del 98% en todos los lotes, valor situado entre los que se encuentran en la bibliografía para experimentos similares.

En líneas generales, se puede apreciar como los machos de las tres razas baleares presentan unos valores de **pesos estimados a la madurez (A)** superiores a las hembras y que se achacan al dimorfismo sexual ya conocido en la especie.

En nuestro caso concreto existen tres réplicas del experimento, y estas diferencias parecen ser distintas en función del lote. Éstas se analizarán de una forma estadística y con mayor detalle en el siguiente apartado.

Tabla 3.7. Estimación de los parámetros de la función de Richards (A,b,k y n) y R², y estimación de los parámetros derivados del modelo (Ti, Wi,) para las gallinas (H) y gallos (M) de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).

PARÁMETRO		IB			MA			ME		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	H	2535,1	2360,8	2425,6	1665,9	1603,4	1768,2	2082,2	2094,8	2038,0
	M	3862,0	4194,2	3428,2	2413,1	1994,6	2648,8	2807,4	2396,0	3050,1
b	H	-0,6243	-0,8535	0,1992	-0,3861	-0,6852	0,6647	-0,4613	-0,8061	0,6630
	M	-0,1455	-0,8712	-0,4153	0,1340	4,9711	-0,4594	-0,5475	1,6596	-0,4065
k	H	0,0149	0,0150	0,0192	0,0177	0,0157	0,0187	0,0157	0,0129	0,0187
	M	0,0162	0,0118	0,0214	0,0180	0,0309	0,017	0,0154	0,0275	0,0160
n	H	-0,2139	-0,3217	0,0476	-0,1103	-0,2537	0,1407	-0,1469	-0,3391	0,1352
	M	-0,0354	-0,3619	-0,1069	0,0287	0,4554	-0,1331	-0,1706	0,2362	-0,1161
R²	H	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
	M	0,980	0,976	0,981	0,980	0,982	0,977	0,977	0,987	0,981
Ti	H	71,887	65,048	74,556	70,785	63,284	83,032	72,885	67,125	85,028
	M	87,251	74,449	63,416	85,608	77,353	72,872	75,717	70,896	78,321
Wi	H	822,897	706,377	913,154	577,407	505,952	693,738	706,016	617,627	797,745
	M	1395,225	1212,045	1190,582	900,319	874,918	905,735	937,835	976,362	1053,586

A= peso estimado a la madurez (en g.)

b= constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t

k= velocidad de crecimiento.

n= parámetro que determina la posición del punto de inflexión de la curva

R²= coeficiente de determinación

Ti= edad para la cual la tasa de crecimiento es máxima (en días)

Wi= peso en la edad Ti (en g.)

A pesar de todo, podemos indicar que, tal y como se observa en la tabla, la **raza Ibicenca es la que ha obtenido las mayores estimaciones de este parámetro tanto para las gallinas como para los gallos.**

Las estimaciones mínima y máxima que se han obtenido en los tres lotes de gallinas de dicha raza se han situado entre los 2361 y los 2535 g., mientras que en los gallos han oscilado entre los 3428 y los 4194 g.

El segundo lugar lo ha ocupado la raza Menorca, la cual ha mostrado unos valores de A entre los 2038 y los 2095 g. para las gallinas y entre los 2807 y los 3050 g. para los gallos.

Finalmente, ha sido la raza Mallorquina la que ha presentado los menores valores de A, encontrándose estos entre los 1603 y los 1768 g. en las gallinas y entre los 1995 y 2649 g. en los gallos de esta raza.

En cuanto a la **edad a la cual la tasa de crecimiento es máxima (Ti)**, los valores obtenidos en la raza Ibicenca han sido de 65 días el más bajo y de 75 el más alto para las gallinas, mientras que en los gallos, estos han sido de 63 y 87 días.

En la raza Menorca, las estimaciones de este parámetro en las gallinas han tenido como valor mínimo los 67 días y como máximo los 85, y para los gallos los valores mínimos y máximos han sido de 71 y 78 días.

Finalmente, en la Mallorquina, dichos valores para las gallinas han sido, el mínimo de 63 días y el máximo de 83, y en los gallos estos han sido de 73 y 86 días.

Si por último hacemos referencia al **peso en la edad Ti** (en g.), que es el **parámetro Wi**, las estimaciones en la raza Ibicenca han tenido como valor mínimo para las gallinas los 706 g. y como máximo, los 913 g., mientras que para los gallos de esta misma raza han estado entre los 1191 y 1395 g.

Para la raza Menorca se han conseguido valores mínimo y máximo de 618 y 798 g. para las gallinas y de 938 y 1054 g. para los gallos.

Por último, en la raza Mallorquina, los valores de este parámetro también han sido menores a las otras dos razas, siendo 506 g. el mínimo y 694 g. el máximo para las gallinas. Para los gallos, los valores han mínimos y máximos han sido de 875 g. y 906 g.

Hay que decir ante todo, que aunque en nuestro caso se haya optado finalmente por la función de Richards, tal como ya se justificó en material y métodos, en la mayoría de los experimentos realizados con otras razas tanto españolas como extranjeras o comerciales que aquí se comparan, se ha usado el modelo de Gompertz-Laird (Barbato, 1991; Mignon-Grasteau, 2000; Miguel, 2003; Escoda, 2004; Grimal y Gómez, 2007a; Cajal, 2009) para el cálculo de los parámetros de crecimiento. Sin embargo, son funciones muy similares, derivadas la una de la otra, con lo cual, los parámetros que se obtienen de A, Ti y Wi, pueden ser extrapolados, permitiéndonos realizar así las comparaciones pertinentes.

Aunque siendo minoritarios, también aparecerán en dichas comparaciones, resultados obtenidos con la función de Richards como en nuestro caso (Knízetova et al., 1991; Villalba et al., 2001 y 2007; Goliomytis, 2003) o incluso algún trabajo que utiliza las dos funciones simultáneamente (Norris et al., 2007).

3.3.1.1.2. Pesos observados y estimados.

En las tablas 3.8. y 3.9. se exponen separados por sexos, los pesos observados y estimados en g. de las tres razas de gallinas baleares Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorquina (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1,2 y 3).

De las tablas se extrae que el modelo muestra en las primeras semanas las mayores dificultades para realizar los ajustes con precisión.

Esta falta de precisión inicial parece caracterizar a la mayoría de modelos de crecimiento de este tipo, pues ha sido citada también en otros trabajos (Knízetova et al., 1991; Grimal y Gómez, 2007a; Miguel, 2009).

Lo anteriormente comentado se ejemplifica en nuestro trabajo en las hembras del lote 1, puesto que para las tres razas no empieza a existir un ajuste adecuado hasta la semana 2.

No obstante, a medida que avanza la edad de los animales, estos modelos proporcionan unas mejores estimaciones del peso adulto que los hacen aplicables en estos casos.

Además, al final de la curva existen reducidas diferencias entre los pesos observados y los estimados, existiendo una ligera sobrestimación que es de 37 g. en la Mallorca, de 20 g. en la Ibicenca y únicamente de 11 g. en la Menorca.

En un estudio realizado en la raza Castellana Negra, Miguel (2009) reseña que para tener una aproximación más real del peso adulto, sería conveniente disponer de valores más allá de las 14 semanas.

En líneas generales, puesto que es en el apartado siguiente dónde se profundizará en el análisis y comparación de los pesos estimados, se puede apreciar que los gallos de la raza Ibicenca alcanzan los 2,1 Kg. de peso vivo a las 17 semanas, antes de lo que lo hacen las otras dos razas baleares, pues la Menorca alcanza dicho peso a las 20 sema-

nas, coincidiendo con lo que reseña un estudio anterior que utilizó un patrón de alimentación similar (Villalba et al., 2007), mientras que la Mallorca lo hace a la 26.

Estudios llevados a cabo en otras razas españolas, manifiestan que los pollos de raza Sobrarbe y Castellana Negra alcanzan ese peso a las 19 semanas de edad (Cajal, 2009; Miguel 2003), con la salvedad que estos animales tuvieron por lo general unas dietas algo más proteicas y energéticas que las aportadas en este trabajo.

Para las razas catalanas no mejoradas, es decir, las de tipo tradicional, se consiguen valores de 20 semanas en la raza Prat y de 18 semanas para los pollos de las razas Penedesenca y Empordanesa (Escoda, 2004), aunque en este caso las dietas suministradas son mucho más proteicas en las primeras semanas de crecimiento y en general más energéticas.

Estudios realizados en la gallina Valenciana de Chulilla (Grimal y Gómez, 2007b), establecen controles a las 8, 16 y 20 semanas, obteniéndose pesos de 717, 1680 y 1914 g. respectivamente. Aún sin conocer los detalles de las dietas específicas aportadas a estas aves, podemos apreciar que los gallos de esta raza se comportan de la misma forma que en la raza Mallorca, pues no han alcanzado tampoco en su semana 20, el peso mínimo comercial.

Si hacemos referencia a las gallinas, cotejando los pesos obtenidos por las baleares con otras razas españolas, como la gallina del Sobrarbe (Cajal, 2009) de la que existen controles de pesos a las semanas 25, 30, 52 en las dos variedades, Negra y Trigueña, parece ser que, considerando las ligeras diferencias que han existido en la metodología, en cuanto a dietas y a las semanas de control, podemos equiparar sus pesos en cierta medida a los obtenidos por la raza Mallorca.

Las otras dos razas baleares distan de estos valores, si bien la Ibicenca es la que muestra unas diferencias más acusadas con respecto a las razas Mallorca y Sobrarbe.

A pesar de que las dos primeras semanas de control no coinciden con las que se establecieron aquí para las gallinas baleares, que fueron a las 26 y 31 semanas de vida, se pueden realizar comparaciones aproximadas. Si en la gallina del Sobrarbe, en la semana 25 los pesos fueron de 1487 y 1482 g. para las variedades Negra y Trigueña

respectivamente, la raza Mallorquina ha conseguido en la semana 26 un peso de alrededor de 1394 g.

La Ibicenca se aleja considerablemente, puesto que en la semana 20 ya ha logrado valores que sobrepasan los 1800 g., mientras que en la raza Menorca, el peso medio conseguido en la semana 26 ha sido de 1639 g., por lo que vislumbramos que ésta obtiene un peso superior al de la Sobrarbe en esa semana 25.

En lo que respecta a la semana 30, el peso de la Sobrarbe es de 1544 y 1469 g. para sus variedades Negra y Trigueña, y la raza Mallorquina, con una semana más, y por tanto en la 31, ha registrado un peso medio del orden de 1475 g.

Por último para la semana 52 de vida, los pesos de la Sobrarbe que están comprendidos entre los 1740 y los 1753 g., son aproximadamente unos 150 g. superiores a los de la raza Mallorquina e inferiores a los de las razas Menorca e Ibicenca que ya superan los 2 Kg. y los 2,5 Kg. de peso respectivamente.

También existen en la gallina de raza Valenciana de Chulilla (Grimal y Gómez, 2007b), datos relativos al peso medio de las gallinas a las 8, 16 y 20 semanas de vida, siendo estos de 554, 1174 y 1389 g. respectivamente.

Teniendo en cuenta lo que se ha citado anteriormente sobre la ausencia de información acerca de contenidos proteicos y energéticos de las dietas utilizadas en ese estudio, y que para las baleares sí se dispone de los pesos en las mismas semanas, se puede apreciar que si bien en la semana 8, el peso medio obtenido por la Chulilla es mayor que en las razas Menorca y Mallorquina, cuyos pesos medios han sido de 481 y 402 g. respectivamente, éste es menor que el conseguido por la raza Ibicenca esa misma semana, que ha resultado ser de 619 g.

Así mismo para la semana 16, la raza Mallorquina ha registrado un peso inferior al de la Chulilla, siendo éste de 1019 g., mientras que los de las otras dos razas baleares han sido superiores, 1202 g. en la raza Menorca y 1502 g. para la Ibicenca.

Finalmente en la semana 20, las razas baleares muestran el mismo comportamiento que en la 16, siendo la Mallorquina la que ha conseguido un peso ligeramente inferior al de la Chulilla esa semana, 1211 g., mientras que las otras dos razas alcanzan ya pesos superiores, alrededor de 1435 g. para la raza Menorca, siendo el de la Ibicenca notablemente más elevado, con un valor de 1746 g.

Si hacemos referencia a la bibliografía existente sobre estirpes comerciales, podríamos realizar algunas comparaciones de los pesos logrados en las razas baleares con respecto a éstas, aunque tomando en consideración que para la mayoría de estos casos, se desconocen si las condiciones alimentarias en estos estudios fueron similares a las aplicadas en este trabajo.

Así, en un estudio realizado con ponedoras comerciales Leghorn blancas a las 8 y 20 semanas de vida (Austic and Nesheim, 1990), estos fueron de 560 y 1240 g. Por lo que se aprecia, los promedios del peso de los tres lotes de la raza Ibicenca en esas mismas semanas han sido superiores, siendo estos de 619 y 1746 g. A diferencia de las otras dos razas baleares, que han conseguido valores más bajos en la semana 8, siendo estos de 481 y 402 g. para las razas Menorca y Mallorquina respectivamente. En cambio en la semana 20, el peso promedio observado para las pollitas de raza Menorca sí ha resultado mayor que el que refleja dicho estudio con comerciales, alcanzando los 1435 g., no siéndolo el de la Mallorquina, que ha resultado ser de 1211 g.

Si comparamos ahora las gallinas baleares con las reproductoras Label Rouge SASSO (www.sasso.fr), las cuales son enanas, alcanzan un peso aproximado de 1500 g. en la semana 20. Este valor resulta aparentemente menor que el de la Ibicenca, sin embargo, debemos mencionar que estas reproductoras tienen el gen del enanismo en homocigosis y que los pollos que se producen son los híbridos F1 resultantes del cruce de éstas con un gallo de tipo cárnico más pesado.

Existen también reproductoras SASSO pesadas que sí registran pesos del orden de 2300 g. a las 20 semanas, valores que están, por tanto, muy por encima de los hallados en las gallinas baleares.



Foto 3.5. Gallos jóvenes y pollitas de la raza Menorca.

Tabla 3.8. Pesos observados y estimados (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicencia (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).

SEM	IB						MA						ME					
	1		2		3		1		2		3		1		2		3	
	P OBS.	P EST.																
0	42,50	26,08	48,14	6,03	40,50	53,39	35,08	19,98	32,43	16,84	34,92	47,25	46,66	30,88	41,36	16,60	41,45	54,18
1	63,25	58,07	62,76	29,06	56,85	83,19	47,62	41,17	45,93	41,48	47,77	67,53	61,30	59,48	56,48	45,51	59,71	77,69
2	94,47	99,92	96,98	60,81	108,26	123,55	68,47	69,08	69,21	68,89	84,48	93,80	91,51	95,11	84,52	77,61	109,23	108,21
3	140,97	155,19	169,88	113,91	189,31	175,68	99,95	106,59	120,54	110,44	143,71	126,81	147,77	141,14	140,19	125,69	162,92	146,58
4	225,32	223,33	262,17	182,94	261,91	240,16	155,56	153,81	166,39	161,43	204,13	167,01	222,53	197,34	188,45	183,94	214,06	193,33
5	310,73	303,08	327,24	265,48	358,85	316,88	209,72	210,15	197,21	220,45	252,23	214,60	283,66	262,91	227,48	250,66	283,19	248,67
6	406,41	392,68	407,98	344,84	421,94	405,01	277,85	274,48	249,75	276,16	262,11	269,43	390,21	336,62	287,68	313,26	315,04	312,39
7	483,81	490,12	507,14	444,88	449,11	503,11	322,82	345,30	318,04	345,57	306,48	330,98	402,59	416,97	364,84	391,06	367,56	383,89
8	624,19	593,31	617,8	550,35	621,91	609,28	429,23	420,95	397,50	418,13	379,54	398,46	545,81	502,32	451,29	472,43	437,19	462,21
9	744,17	700,25	736,59	658,78	766,59	721,33	483,08	499,69	454,29	492,29	463,29	470,83	590,31	591,03	538,06	555,91	533,25	546,12
10	838,06	809,06	849,51	768,05	861,78	837,00	557,44	579,88	533,57	566,69	533,67	546,86	656,9	681,53	614,67	640,23	625,35	634,19
11	939,12	918,08	988,00	876,40	970,87	937,32	638,46	660,05	621,07	640,19	627,69	613,97	763,93	772,39	717,67	724,28	735,58	711,84
12	1033,24	1025,89	1087,25	982,43	1059,6	1053,90	728,21	738,92	688,93	711,89	704,60	693,37	842,14	862,39	803,10	807,19	836,27	803,64
13	1127,65	1131,33	1246,25	1085,05	1107,56	1184,34	802,57	815,47	775,56	781,07	806,59	784,07	918,93	950,47	922,41	888,20	946,59	908,37
14	1222,06	1233,44	1334,32	1183,46	1205,62	1294,35	875,71	888,88	856,92	847,20	873,20	862,13	1012,14	1035,78	1014,83	966,77	991,20	998,42
15	1362,65	1331,53	1427,44	1290,04	1325,98	1399,30	959,14	958,57	930,77	918,59	919,43	937,98	1098,57	1117,69	1105,86	1053,00	1056,84	1085,84
16	1484,71	1425,05	1510,77	1377,77	1506,11	1498,35	1066,00	1024,14	1002,69	977,13	987,11	1010,84	1225,36	1195,70	1200,00	1125,00	1185,02	1169,74
17	1545,76	1513,66	1565,00	1460,13	1612,60	1590,97	1113,43	1085,36	1064,40	1031,91	1062,45	1080,12	1379,26	1269,49	1250,00	1193,56	1248,18	1249,44
18	1632,12	1597,16	1614,86	1537,09	1712,57	1676,85	1167,94	1142,13	1084,00	1082,90	1132,32	1145,38	1421,85	1338,86	1301,85	1258,56	1299,71	1324,48
19	1706,36	1675,44	1641,28	1608,69	1781,03	1755,91	1212,00	1194,47	1089,80	1130,17	1199,98	1206,36	1486,79	1403,74	1336,11	1319,96	1363,01	1394,53
20	1816,67	1748,53	1652,06	1675,06	1849,49	1828,23	1270,86	1242,47	1095,60	1173,80	1266,64	1262,92	-	1464,12	1370,37	1377,76	1426,31	1459,48
26	2070,69	2073,45	1807,67	1970,32	2166,83	2131,72	1416,45	1443,51	1285,65	1365,28	1478,80	1509,30	1632,92	1729,37	1573,04	1648,43	1711,42	1741,92
31	2194,00	2256,28	2066,67	2127,44	2275,73	2273,41	1455,67	1544,78	1353,04	1464,59	1616,05	1630,31	1759,17	1874,88	1728,18	1806,03	1983,30	1880,39
52	2624,09	2503,10	2540,43	2334,65	2446,48	2416,44	1711,20	1656,80	1625,91	1589,39	1723,88	1759,16	2227,50	2061,07	2157,14	2050,21	2069,79	2027,67
72	2550,00	2531,05	2654,35	2357,54	2358,71	2424,96	1702,80	1665,12	1595,45	1601,82	1707,05	1767,53	2091,67	2079,81	2208,00	2087,33	1967,57	2037,23

Tabla 3.9. Pesos observados y estimados (g.) en los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).

SEM	IB						MA						ME					
	1		2		3		1		2		3		1		2		3	
	P OBS.	P EST.																
0	39,33	45,48	39,16	14,56	41,42	22,64	35,40	30,18	32,64	39,42	36,72	26,07	47,50	26,89	41,84	38,10	42,50	34,10
1	57,83	81,12	62,60	54,22	58,72	54,66	49,50	52,65	45,06	61,34	52,19	51,67	60,38	58,05	57,17	66,49	59,09	62,34
2	97,89	125,99	96,90	103,00	117,77	109,80	94,25	81,06	70,45	84,24	95,47	90,39	95,95	99,27	87,83	97,69	110,06	103,39
3	159,27	185,61	178,87	180,03	215,51	192,50	108,84	119,12	132,85	119,90	166,50	143,74	154,08	154,63	154,37	147,59	171,94	158,69
4	253,57	261,15	285,37	276,80	305,51	304,25	178,21	167,84	184,94	167,17	243,50	212,11	233,9	224,14	223,83	214,43	231,89	228,78
5	361,50	353,01	365,37	390,61	421,51	443,52	245,35	227,73	230,94	227,89	302,75	294,84	311,60	306,94	287,00	299,78	315,21	313,29
6	477,90	460,77	463,63	499,44	566,58	606,35	321,72	298,69	289,39	291,62	365,81	390,41	408,88	401,51	374,80	387,82	396,19	411,08
7	624,33	583,27	581,00	636,89	772,23	787,24	384,49	380,05	367,27	379,90	486,94	496,69	501,63	505,88	472,00	506,72	535,02	520,41
8	800,00	718,71	753,67	782,86	930,67	980,05	499,07	470,63	470,00	482,44	588,50	611,21	666,83	617,87	607,65	640,36	629,83	639,14
9	873,00	864,88	882,67	934,71	1133,39	1178,71	565,36	568,86	575,31	597,19	678,88	731,40	763,50	735,22	719,12	784,74	756,57	764,94
10	976,90	1019,28	1049,33	1090,04	1408,41	1377,74	683,33	672,91	702,9	720,95	816,53	854,75	838,21	855,79	872,65	935,19	910,56	895,45
11	1166,67	1179,33	1245,17	1246,80	1580,15	1545,14	793,31	780,84	852,26	849,78	938,19	961,27	1027,95	977,58	1032,65	1086,92	1052,84	1009,34
12	1297,33	1342,50	1436,79	1403,21	1787,38	1733,48	895,71	890,74	980,97	979,45	1095,69	1084,66	1148,68	1098,85	1227,67	1235,57	1226,17	1142,73
13	1488,67	1506,40	1627,50	1557,81	2009,18	1936,30	991,90	1000,81	1119,35	1105,95	1221,72	1222,46	1272,63	1218,12	1397,93	1377,49	1321,81	1293,65
14	1641,00	1668,91	1716,43	1709,40	2094,1	2100,91	1077,14	1109,43	1234,00	1225,90	1340,42	1338,68	1346,84	1334,16	1502,5	1510,01	1450,62	1422,62
15	1822,00	1828,18	1863,21	1877,72	2179,03	2252,51	1210,95	1215,24	1335,00	1351,80	1459,13	1449,77	1475,53	1446,01	1610,71	1647,71	1579,43	1547,41
16	1976,33	1982,68	1985,00	2019,87	2236,87	2390,77	1317,62	1317,12	1427,67	1450,48	1532,53	1555,01	1604,74	1552,95	1720,00	1755,23	1645,53	1667,07
17	2091,33	2131,20	2105,38	2156,66	2473,66	2515,82	1413,90	1414,22	1583,33	1537,79	1606,16	1653,93	1684,21	1654,48	1835,00	1850,52	1748,98	1780,90
18	2221,00	2272,82	2246,00	2287,70	2564,92	2628,11	1534,15	1505,93	1637,33	1613,78	1710,59	1746,28	1787,37	1750,26	1986,19	1933,98	1897,10	1888,44
19	2342,67	2406,90	2311,54	2412,74	2795,5	2728,34	1614,50	1591,85	1676,83	1679,03	1808,63	1831,98	1899,73	1840,12	2024,19	2006,35	2039,49	1989,39
20	2454,67	2533,02	2377,08	2531,66	2908,91	2817,35	1717,00	1671,78	1716,33	1734,42	1908,78	1911,09	1991,35	1924,04	2094,29	2068,58	2118,37	2083,66
26	3282,73	3099,83	3562,50	3106,68	3102,86	3161,12	2081,67	2017,34	1883,33	1915,85	2213,19	2255,32	2423,33	2296,12	2406,67	2283,38	2548,14	2508,15
31	3577,00	3416,80	3825,00	3459,64	3169,14	3302,18	2091,67	2197,00	1900,00	1968,20	2349,71	2428,64	2466,25	2503,33	2100,00	2353,37	2747,71	2733,96
52	3522,50	3819,32	3908,33	4059,56	3442,43	3422,81	2421,67	2397,36	2106,67	1994,32	2657,86	2630,39	2952,50	2774,93	2445,00	2395,26	3019,00	3019,18
72	-	3857,50	-	4167,87	3768,57	3427,92	-	2411,81	-	1994,60	2738,67	2647,06	-	2803,57	-	2395,98	3034,57	3046,74

3.3.1.1.3. Curvas de crecimiento ajustadas.

En los gráficos 3.7.-3.9. se presentan las curvas de crecimiento ajustadas para los lotes 1, 2 y 3 en las gallinas de las tres razas baleares.

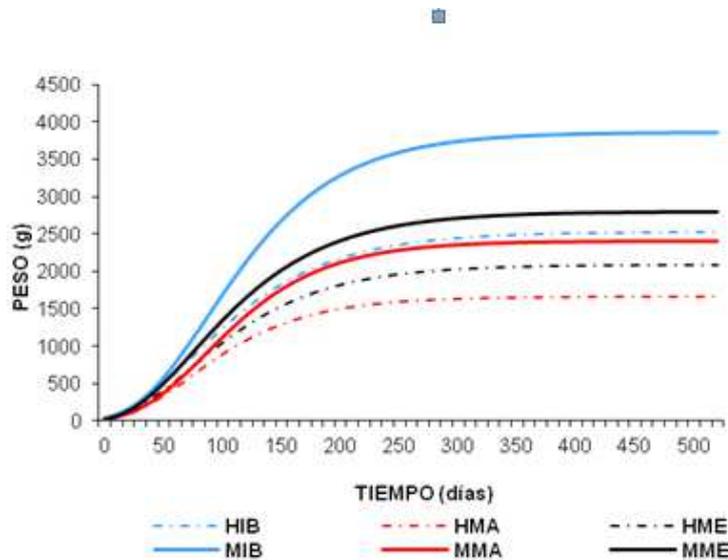


Gráfico 3.7. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 1 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.

En este tipo de modelos, las curvas presentan una forma sigmoidea en la que se pueden distinguir dos fases características separadas por el punto de inflexión, punto en el cual la velocidad de crecimiento es máxima, siendo la asíntota el peso a la madurez (Mignon-Grasteau, 2000).

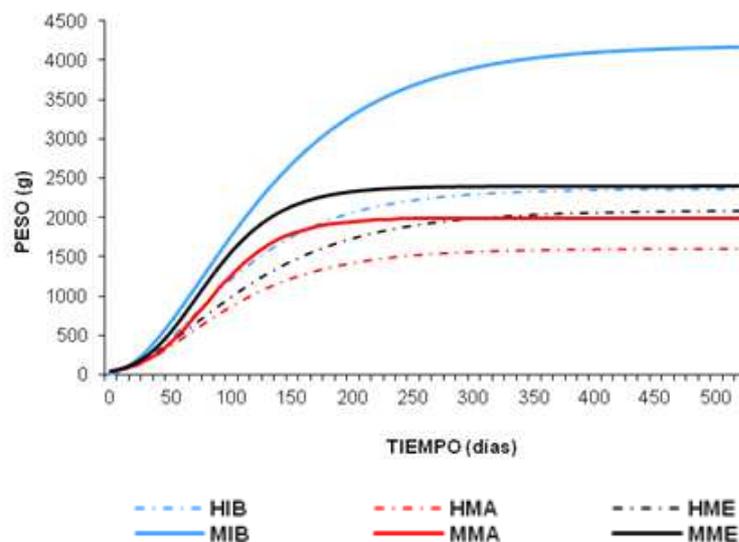


Gráfico 3.8. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 2 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.

A través de los gráficos se aprecia que ello se cumple en nuestro caso para los tres lotes, además de existir en los tres la tónica general, independientemente de alguna diferencia puntual, de que los pesos más elevados se dan siempre para los gallos de la raza Ibicenca, secundados por los de la raza Menorca y ocupando el último lugar los de la Mallorquina, sucediendo lo mismo en el caso de las gallinas.

No obstante, si observamos los tres gráficos a simple vista, las mayores diferencias se aprecian entre los gallos de la raza Ibicenca con respecto a los de las otras dos razas, y de una forma más marcada en los lotes 1 y, sobre todo en el 2.

Ha sido precisamente en este lote 2 donde se ha registrado el peso más elevado de los gallos de la raza Ibicenca, lo cual genera la patente diferencia de en torno a 2 Kg., que se visualiza en el gráfico 3.8. respecto a los gallos de la raza Menorca.

Esta pauta de crecimiento tan diferente y atrayente de este lote probablemente esté poniendo de manifiesto la actuación de ciertos factores ambientales que se dan en los trabajos de campo, que siendo difíciles de controlar, repercuten en los resultados de cada lote.

Puesto que en este caso concreto además del mayor peso de los gallos de la raza Ibicenca, también se obtuvo un peso notablemente bajo para los gallos de las razas Menorca y Mallorquina, siendo muy similar el registrado por los primeros al de las gallinas de raza Ibicenca, y el de los segundos, que si bien ya había resultado menor que el de las gallinas de raza Ibicenca en el lote 1, esta vez incluso los valores de las gallinas Menorca fueron ligeramente mayores que los de los gallos mallorquines en las etapas finales.



Foto 3.6. Gallina de raza Mallorquina variedad *Paja*.

En cambio, el comportamiento de las gallinas en las tres razas, se atisba similar para los tres lotes, pues los valores que se derivan de la curva parecen resultar del mismo orden.

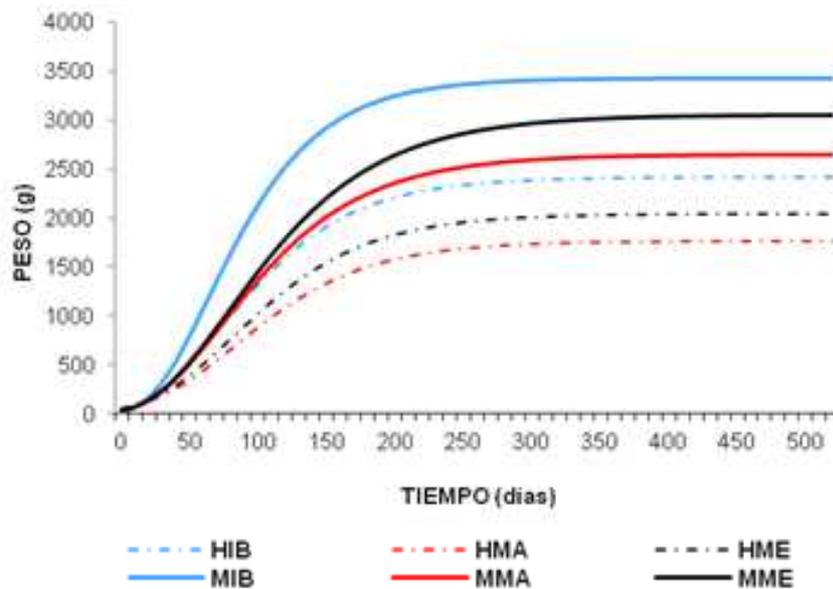


Gráfico 3.9. Curva de crecimiento ajustada para las gallinas (H) y gallos (M) del lote 3 de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta los 520 días.

Es de recalcar trascendencia mencionar que las diferencias existentes entre lotes y razas se tratarán de manera exhaustiva en el siguiente apartado pudiendo corroborar o descartar lo que se deduce de la descripción que aquí se realiza de los resultados obtenidos.

Además de la observación de las curvas, parece entresverse cierta precocidad en los gallos de las dos razas Mallorquina y Menorca del lote 3 en adquirir el punto de inflexión, si las comparamos con las curvas de los gallos Ibicencos o incluso con las de las hembras.

Este comportamiento respecto al punto de inflexión también parece darse en el lote 3, pero esta vez son los gallos de la raza Ibicenca, en cuya curva se intuye de forma más o menos clara, un crecimiento más marcado en la etapa inicial que concluye con una llegada más pronta al punto de inflexión, si la comparamos con las curvas del resto de gallos y gallinas del mismo lote.

3.3.1.1.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CURVAS DE CRECIMIENTO.

3.3.1.1.4.1. Parámetros A, Ti y Wi.

El modelo estadístico sobre los parámetros A, Ti y Wi, como ya se ha indicado en material y métodos, contemplaba los efectos de la raza, del sexo y de la interacción entre ambos factores.

Dicho modelo ha resultado significativo en los tres parámetros tanto en gallos como en gallinas.

Como ya se señaló anteriormente, no se consideró el factor sexo, pues machos y hembras no fueron sometidos a idénticas condiciones en el experimento.

En la tabla 3.10. se puede observar la significación sobre la transformación logarítmica de los parámetros indicados en referencia al modelo y a los efectos de la raza y del lote, así como del análisis de la interacción entre ambos factores tanto en las gallinas como en los gallos. En ambos sexos el modelo ha resultado significativo.

Tabla 3.10. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones logarítmicas de los parámetros A, Ti y Wi, en los gallos y en las gallinas.

	Log A				Log Ti			Log Wi				
	MOD	RA	LOT	RA*LOT	RA	LOT	RA*LOT	MOD	RA	LOT	RA*LOT	
H	< 0,0001	< 0,0001	0,0604	0,0344	< 0,0001	0,2516	< 0,0001	0,0037	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0096
M	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,1956	< 0,0001	0,0026	< 0,0001	0,0013	< 0,0001	< 0,0001	0,1370	0,1504

$\alpha \leq 0,05$

En las tablas 3.11. y 3.12. se muestran las *Ls means ± Std error* (en adelante medias) de los parámetros A, Ti y Wi en los gallos y en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).

Es relevante remarcar, como veremos a continuación, que a pesar de que la interacción, a priori, dificulta mostrar las diferencias entre razas, si analizamos en detalle los resultados, **se puede apreciar como el comportamiento de los parámetros estudiados responde a esa diferencia entre razas.**

Tabla 3.11. *Ls means* ± *Std error* para las variables A, Ti y Wi en los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).

	A				Ti				Wi			
	IB	MA	ME	LS means LOTE	IB	MA	ME	LS means LOTE	IB	MA	ME	LS means LOTE
1	3768 ± 130	2583 ± 113	2702 ± 115	3018 ± 69^a	84 ± 3 <i>A,B,a</i>	87 ± 2 <i>A,a</i>	77 ± 2 <i>B,a</i>	83 ± 1	1342 ± 39	942 ± 34	974 ± 34	1086 ± 21^a
2	3115 ± 127	1958 ± 119	2391 ± 125	2488 ± 71^b	72 ± 3 <i>A,b</i>	78 ± 2 <i>A,b</i>	72 ± 3 <i>A,a</i>	74 ± 1	1166 ± 38	882 ± 35	993 ± 37	1014 ± 21^c
3	3647 ± 117	2246 ± 15	2823 ± 96	2905 ± 63^a	65 ± 2 <i>B,c</i>	74 ± 2 <i>A,b</i>	77 ± 2 <i>A,a</i>	72 ± 1	1242 ± 35	926 ± 34	1026 ± 29	1064 ± 19^b
LS means RAZA	3510 ± 72^A	2262 ± 67^C	2638 ± 65^B	2784 ± 650	74 ± 1	80 ± 1	76 ± 1	76 ± 13	1342 ± 39^A	942 ± 34^C	974 ± 34^B	1045 ± 193

A, B, C: Diferencias significativas entre razas (p ≤ 0,05)

a, b, c: Diferencias significativas entre lotes (p ≤ 0,05)

Tabla 3.12. *Ls means* ± *Std error* para las variables A, Ti y Wi en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).

	A				Ti				Wi			
	IB	MA	ME	LS means LOTE	IB	MA	ME	LS means LOTE	IB	MA	ME	LS means LOTE
1	2717 ± 84 ^{A,a}	1621 ± 80 ^{C,b,c}	2093 ± 91 ^{B,a}	2144 ± 49	74 ± 3 ^{A,a}	74 ± 3 ^{A,b}	77 ± 3 ^{A,a,b}	75 ± 2	867 ± 32 ^{A,a}	604 ± 29 ^{C,b}	754 ± 34 ^{B,a,b}	742 ± 18
2	2441 ± 86 ^{A,b}	1564 ± 93 ^{C,c}	2065 ± 98 ^{B,a}	2023 ± 53	77 ± 3 ^{A,a}	65 ± 3 ^{B,c}	72 ± 3 ^{A,B,b}	72 ± 2	889 ± 32 ^{A,a}	515 ± 5 ^{C,c}	681 ± 37 ^{B,b}	695 ± 20
3	2499 ± 67 ^{A, a,b}	1766 ± 68 ^{C,a}	2014 ± 66 ^{B, a}	2093 ± 39	76 ± 2 ^{B,a}	83 ± 2 ^{A,a}	84 ± 2 ^{A,a}	81 ± 1	929 ± 25 ^{A,a}	701 ± 26 ^{C,a}	806 ± 25 ^{B,a}	812 ± 14
LS means RAZA	2717 ± 84	1621 ± 78	2093 ± 91	2090 ± 447	75 ± 2	74 ± 2	78 ± 2	77 ± 15	895 ± 17	607 ± 17	747 ± 19	764 ± 167

A, B, C: Diferencias significativas entre razas (p ≤ 0,05)

a, b, c: Diferencias significativas entre lotes (p ≤ 0,05)

3.3.1.1.4.1.1. Peso a la madurez (A).

En los **gallos**, se han mostrado **significativos los efectos de la raza y el lote para este parámetro, pero no así su interacción.**

Por consiguiente, para los gallos, podemos afirmar que como consecuencia de que el peso estimado a la madurez (A) es significativamente diferente para cada una de las razas, y a pesar de la existencia de una heterogeneidad que se hace patente a través de las diferencias existentes entre lotes, **los gallos de la raza Ibicenca han logrado el mayor valor de A**, alcanzando pesos de alrededor de 3500 g ., siendo **secundados por los de la raza Menorca** con pesos del orden de 2600 g. Finalmente, **la Mallorquina** ha obtenido un valor **significativamente menor** de aproximadamente 2200 g.

Resulta interesante llegados a este punto, comparar estas estimaciones con los pesos que aparecen en los estándares raciales de las tres razas Mallorquina y Menorca (Francesch, 2006) e Ibicenca (http://www.razas-autoctonas.com/images/reconocimiento_gallina_oct2011.pdf).

Aunque en vez de los valores medios, aquí debemos considerar cada uno de los lotes por separado con el objetivo de comprobar la potencialidad de cada raza, ya que podrían haber existido en alguno de ellos, efectos que escaparan a nuestro control y que hubieran mermado las capacidades de éstas.

Tal como podría haber sucedido en el lote 2, que en general y para las tres razas, ha registrado valores más bajos a los otros dos, no atribuibles al factor que se controlaba en este experimento, la alimentación, puesto que el pienso suministrado fue el mismo que para el lote 1.

Para la raza Ibicenca, salvo el peso estimado del lote 2, que no alcanzaría el del estándar, las dos estimaciones restantes sí se han comprendido entre los valores marcados en el estándar situados entre 3500 y 4000 g.

Sin embargo, el peso aquí estimado para los gallos de la raza Menorca ha resultado en los tres lotes notablemente inferior al que marca su estándar, que es de alrededor de 3400 g.

Por otro lado, resulta interesante mencionar que los valores obtenidos en este trabajo se asemejan en mayor medida a los que se encuentran en la bibliografía existente sobre esta raza (Villalba et al., 2007), en la que además se ha realizado un manejo alimentario parecido y usado la misma función de crecimiento que para este experimento, que estiman un peso asintótico de 2834 g. para los gallos, el cual es muy similar al obtenido para el lote 3 e incluso al del lote 2, aunque este último es del orden de 100 g. menor.

Por tanto, resulta interesante recalcar que Villalba et al. (2007), también obtuvieron valores que no coinciden con los fijados en el estándar racial de la gallina Menorca.

Lo mismo sucede en la raza Mallorquina, siendo el peso estimado en los tres lotes también menor al del estándar, que en este caso se sitúa entre los 2500 y los 3000 g.

Así, podemos concluir que **los resultados recabados en este trabajo para los gallos de las razas Menorca y Mallorquina, no coinciden con los pesos de los estándares raciales.**

Teniendo en cuenta que la metodología usada en este trabajo para establecer el peso en un estándar racial se considera precisa y con un adecuado rigor científico, y apoyándonos en que los estudios publicados para la raza Menorca (Villalba et al., 2007) también han seguido los mismos criterios científicos para establecer dichas estimaciones, tal vez deberíamos proponer la revisión, y en caso procedente, la corrección de los pesos que aparecen en los estándares raciales de la razas Menorca y Mallorquina.

Si comparamos en primer lugar los valores estimados de A de los gallos de las razas baleares con los hallados en la bibliografía para otras razas españolas, se aprecia que los de la raza Ibicenca podrían situarse próximos a los que se reflejaron en las razas catalanas mejoradas para la producción de carne Penedesenca Negra, Prat Leonada y Empordanesa Roja (Francesch, 2002) en los estudios llevados a cabo por Garrofé, en 2007, cuyas estimaciones de los pesos en la madurez rondaron entre los 3850 y los 4100 g., siendo este último peso el de la Empordanesa Roja, que resultó ligeramente más elevado que el de las otras dos.

Si realizamos las comparaciones con trabajos posteriores realizados con estas razas catalanas (Escoda, 2004), a pesar de haberse realizado con dietas más energéticas, los gallos de raza Ibicenca presentan unos valores similares a los de los tipos semipesados y

pesados de las razas catalanas Penedesenca Negra y Prat Leonada y semipesados de la Empordanesa Roja.

El tipo pesado de la raza Empordanesa Roja alcanza en el citado estudio un valor de A de 4640,87 g. muy por encima del obtenido por la raza Ibicenca. Los valores para este parámetro de los gallos de raza Menorca tienen su parangón en el tipo tradicional de la raza Prat y en el semipesado de la Penedesenca Negra y Prat Leonada.

Mientras que los machos de la raza Mallorquina recaban valores que, salvo en algún lote concreto, podrían por lo general considerarse por debajo de los que logran los tipos tradicionales de estas mismas razas.

Si bien los gallos de esta raza sí se asemejarían en mayor medida a los de la gallina del Sobrarbe (Cajal, 2009), que refleja valores de A de 2337,7 g. para su variedad Trigueña y de 2457 g. para la Negra en un estudio que se desarrolla con unas dietas ligeramente más ricas en PB y EM que las aquí aportadas, valores que por lo general son menores a los de la Menorca.

Los pesos de los gallos de la raza Menorca aquí aportados coinciden, tal como se ha mencionado previamente, por lo general con los registrados en la bibliografía (Villalba et al., 2007) y podrían compararse con las salvedades respecto a la dieta anteriormente mencionadas, a los obtenidos por los gallos de la raza Castellana Negra (Miguel, 2003).

A pesar de que el trabajo de Miguel (2003) se divide en dos ensayos, estando conformado además el primero de ellos por tres lotes diferentes, el promedio obtenido para el primero fue de 2851 g. y el valor de A para el segundo fue incluso algo menor, 2460 g.

En este trabajo y otro publicado más recientemente (Miguel et al., 2011) también se estudiaron los parámetros de crecimiento del cruce entre gallos de Penedesenca Negra Mejorada y gallinas de la raza Castellana Negra, denominado Caspen, con el que se consiguió elevar este parámetro hasta cifras de 3101 g., valores que siguen quedando más próximos a los de la raza Menorca que a los de la Ibicenca, aunque en el experimento del 2011 las dietas usadas fueron notablemente superiores en contenido energético.

En los gallos de la raza Chulilla, Grimal y Gómez (2007a) obtuvieron un valor de A de 2300 g., el cual quedaría situado en el mismo rango que el encontrado para la raza Mallorquina.

Si nos fijamos en los resultados obtenidos en razas internacionales, como en el caso de los gallos pertenecientes a la raza Venda o *Naked Neck*, ambas indígenas sudafricanas (Norris et al., 2007), se registraron parámetros de A de 4056,1 y 3026,2 g. respectivamente usando la función de Richards y de 2832,5 y 2700 g. usando la de Gomperzt-Laird.

Este trabajo no aporta información acerca del tipo de dietas suministradas y el mismo autor concluye que es muy probable que exista una sobreestimación en el caso de la función de Richards, además de que el error estándar de la estimación de A con esta función fue bastante elevado. Por tanto los valores obtenidos con el modelo de Gomperzt-Laird a tener en cuenta, resultan más similares a los obtenidos en los gallos de raza Menorca que a los de las otras dos razas baleares.

Si por último hacemos referencia a las estimaciones en gallos de estirpes comerciales, en la bibliografía se encuentran multitud de trabajos con un rango de valores bastante amplio desde los años 60 hasta nuestros tiempos, coincidiendo con el desarrollo de la producción industrial. En este caso, debemos apuntar también que se realizan comparaciones sin conocer el manejo alimentario de todos los trabajos citados, por lo que dicho ejercicio se realiza para tener una ligera orientación de donde podrían situarse las razas baleares en este panorama internacional.

Así, encontramos referenciados valores más bajos de A que podían ser equiparables a los conseguidos por nuestras razas como los 1780 y 2339 g. para líneas comerciales tipo carne y tipo puesta respectivamente (Laird, 1966) o 2354 g. en la tipo puesta (Knízetova, 1985), o los 3565 g. en la línea de tipo cárnico (Pasternak and Shalev, 1994).

Pero la mayoría de investigadores registran unos valores bastante superiores para este tipo de líneas, 4735 g. (Tzeng and Becker, 1981), 3547-4643 g. (Pasternak and Shalev, 1983), 4719 g. (Barbato, 1991), 4723-5853 g. (Knízetova et al. 1991), los 6059 g. para la tipo carne (Knízetova et al., 1985) o incluso valores de hasta 6870,2 g. (Goliomytis, 2003).

También existen en la bibliografía valores de diferentes líneas experimentales seleccionadas mejoradas por peso (Mignon-Grasteau, 1999 y 2000) que apuntan valores de A para los machos comprendidos entre los 2441 y los 3960 g. y de líneas no seleccionadas por peso, con valores de A superiores y más similares a los obtenidos por la raza Ibicenca, como los 3635 g. (Barbato, 1991), o los 3259 y 3341 g. (Mignon-Grasteau, 1999 y 2000).

Aunque para este mismo tipo de líneas no seleccionadas, existe un autor que trabaja con una línea ligera y otra pesada y alcanza valores algo superiores, 4148 y 4079 g. respectivamente (Leclercq et al, 1989). Existe otro estudio realizado con broilers (Goonewardene et al., 2003) cuyas estimaciones para este parámetro son de 4600 g.

Si hacemos referencia a las **gallinas**, **no ha resultado significativo el efecto del lote** (aunque en el límite) **y sí el de la raza para el parámetro A**. Pero sí ha resultado **significativa para éste, la interacción entre ambos factores**.

A pesar de que en un principio para el parámetro A hayan existido diferencias significativas entre las tres razas baleares en los tres lotes, si nos fijamos en el comportamiento de cada raza en estos lotes, se observa como para la raza Ibicenca se han encontrado diferencias significativas entre los lotes 1 y 2.

Mientras que en el caso de la raza Mallorquina las diferencias se han dado entre los lotes 1 y 3, así como entre los lotes 2 y 3. Por el contrario, la raza Menorca no ha presentado diferencias significativas entre ninguno de los tres lotes.

Por tanto, en este caso **la interacción** no se produce porque las razas sean una vez diferentes y otras no en función del lote, sino que **se produce porque los lotes se diferencian en unas razas y en otras no, de ahí que la significación de las diferencias entre razas no quede anulada por la interacción y podamos decir que la Ibicenca ha logrado un mayor peso a la madurez**, que se ha situado alrededor de los 2700 g., **viéndose acompañada en segundo lugar de la raza Menorca**, cuyo peso ha estado en torno a los 2100 g., **y en tercer lugar de la Mallorquina**, que ha alcanzado el menor peso a la madurez, siendo éste del orden de 1600 g., homónimamente a lo que sucedía en los gallos.

Si en este caso volvemos a cotejar las estimaciones de los diferentes lotes con las reflejadas en los estándares de cada raza, podríamos decir que para la raza Ibicenca las obtenidas para el lote 1 y el 3 se ajustan a las exigencias marcadas por el estándar, que fija el peso de las gallinas entre los 2500 y los 3000 g.

Sin embargo, y de la misma manera que sucedía en los gallos, la estimación del lote 2 no lograría llegar al valor que estipula el estándar de esta raza. En este punto debemos remarcar sin embargo, que la potencialidad genética sí podría ser ajustable al peso exigido.

do en el estándar, y que la probable existencia de factores ambientales que estuvieran fuera de nuestro control habría propiciado el que este lote concreto haya obtenido menores pesos. Una vez más, y de la misma forma que sucedía para los gallos, los valores obtenidos en nuestro estudio para las razas Mallorca y Menorca no han llegado a alcanzar los valores reflejados en sus estándares.

Aunque ha sido la estimación para la raza Menorca la que se ha distanciado de forma más notable del peso que radica en su estándar, que está determinado en alrededor de los 2950 g., casi un Kg. por encima del que aquí se estima.

Una vez más, la bibliografía existente sobre esta raza (Villalba et al., 2007) estima un peso a la madurez para las gallinas de 2210 g., dato que se encuentra mucho más próximo al que se recoge en este trabajo que al del estándar racial.

Para la gallina de raza Mallorquina, el peso en el estándar estaría comprendido entre 1800 y los 2000 g. En nuestro caso se han obtenido estimaciones inferiores a los del estándar en los tres lotes, aunque la del lote 3 es de 1760 g. y por tanto, estaría muy próxima al valor inferior que marca el estándar.

De estos resultados podemos extraer que las estimaciones obtenidas para el lote 2 también han resultado ser las menores, lo cual reforzaría la hipótesis de la **posible existencia de algún factor no controlado que hubiera podido interferir en los resultados de este lote.**

Y en segundo lugar, coincidiendo con el no ajuste de estas estimaciones con los pesos que marca el estándar para las gallinas de raza Mallorquina y Menorca, de la misma forma que para los gallos, sugerimos también que sean objeto de revisión, y proponemos su modificación.

Podemos realizar también comparaciones en cuanto a este parámetro entre las gallinas baleares y otras razas españolas, de la misma forma que para los gallos, puesto que generalmente son los mismos estudios.

En las razas autóctonas catalanas mejoradas para la producción de carne (Garrofé, 2007), se puede observar que en general, salvo la Prat Leonada que podría ser la más similar a la raza Ibicenca, con una estimación de 2736 g., tanto la Penedesenca Negra como la Empordanesa Roja tuvieron estimaciones de A por encima de los 3000.

En otras razas como la Castellana Negra se estimaron valores promedios de A de 1877 g. (Miguel, 2003), para la de Chulilla de 1648 g. (Grimal y Gómez, 2007a) y para la del Sobrarbe (Cajal, 2009), de 1519 g. para la variedad Trigueña y 1572 g. para la variedad Negra. Valores que son del orden de los obtenidos por la raza Mallorquina.

Así, con respecto a las estimaciones obtenidas en estirpes comerciales, tal como ocurría para los gallos, existe una gran variabilidad de valores de A en las gallinas de las diferentes líneas comerciales tipo carne o puesta, en las líneas experimentales seleccionadas por peso o en las líneas experimentales no seleccionadas por su peso, de los que se ignoran a menudo los detalles metodológicos empleados para conseguirlos.

Para las comerciales se registran valores de A más bajos como 1389 y 1440 g. para tipo cárnico y tipo puesta respectivamente (Laird, 1966), entre 1260-2150 g. también para las tipo puesta (Sang, 1962), y los 1731 g. (Knízetova et al., 1985), valores del orden de los que se registran para las gallinas de raza Mallorquina.

Luego hay trabajos en los que se reflejan valores de A para estas líneas tipo cárnico, más elevados como 2111-3555 g. (Pasternak and Shalev, 1983), 3836-5171 g. (Knízetova, 1991), 4114 (Barbato, 1991), que aún podrían equipararse los menores con los conseguidos por la raza Menorca y los mayores con los hallados en la Ibicenca.

Por último, también se registran valores de A muy superiores a los de nuestras razas dentro de este mismo grupo, tales como los 4279-4705 g. (Hancock et al., 1995), alcanzando valores muy superiores a los de nuestras razas como los 4799 g. (Knízetova et al., 1985).

Si ahora hacemos referencia a las líneas experimentales seleccionadas por su peso, podemos observar cómo se consiguen valores del orden de 2717 g. (Zelenka et al., 1986), 1993 y 2101 g. para las líneas X— y 2664 y 3033 g. para las líneas X++ (Mignon-Grasteau, 1999 y 2000).

En el caso de las líneas experimentales no seleccionadas por peso, todos los valores de A encontrados son superiores a los presentados por las gallinas Mallorquina y Menorca y tan sólo la raza Ibicenca logra alcanzar valores similares a los obtenidos por algunos investigadores como los 2507 g. (Barbato, 1991) o los 2332 y 2449 g. registrados por Mignon-Grasteau et al. en 1999 y 2000 para estas líneas.

Los 2801 g. que se recogen para la línea pesada y 3203 g. de la ligera de este mismo grupo por Leclercq et al. en 1989, ya resultan superiores a los alcanzados por la raza Ibicenca en nuestro trabajo.

3.3.1.1.4.1.2. Edad en el punto de inflexión (Ti).

Este parámetro en los gallos ha mostrado diferencias significativas tanto en ambos factores por separado como en su interacción. De hecho, ha resultado ser la única interacción raza*lote significativa que se ha dado en los machos.

Si estudiamos en primer lugar las diferencias entre razas, podemos apreciar que para el lote 1, las razas Mallorca e Ibicenca, no han mostrado diferencias significativas para este parámetro, pero sí con respecto a la raza Menorca.

En el lote 2 no se han mostrado diferencias significativas entre las tres razas a diferencia de lo que sucede en el lote 3, dónde no se han presentado diferencias significativas entre las razas Mallorquina y Menorca, pero sí entre éstas y la Ibicenca.

Si analizamos las diferencias significativas que puedan darse entre lotes en una misma raza, podemos comprobar que para la raza Ibicenca, éstas han existido entre todos los lotes, lo que resulta totalmente opuesto a la raza Menorca, que no ha manifestado diferencias entre lotes para este parámetro. Sin embargo, en la raza Mallorquina no se han observado diferencias significativas entre sus lotes 2 y 3.

Todo lo anteriormente descrito, nos conduce a concluir que **la presencia de la interacción entre los efectos de la raza y el lote en los gallos, nos impide hablar de diferencias entre razas.** No obstante, los valores medios hallados en las tres razas Baleares, han resultado muy similares y comprendidos entre los 74 y los 80 días aproximadamente.

Si comparamos dichos valores con los hallados en la bibliografía para otras razas autóctonas, observaremos que son bastante similares a las estimaciones obtenidas en las razas Valenciana de Chulilla y Castellana Negra.

Para los gallos de raza Valenciana de Chulilla se han dado valores de Ti de 70,7 días (Grimal y Gómez, 2007a) y de 62,9 y 74,27 días para dos grupos de gallos de Castellana Negra (Miguel, 2003).

Si realizamos las comparaciones con las razas autóctonas catalanas, en los tipos tradicionales (Escoda, 2004), únicamente la Prat Leonada tradicional obtuvo un Ti equiparable al de las razas de gallinas baleares, siendo éste de 71,5 días. Los tipos tradicionales de las otras dos razas, Penedesenca Negra y Empordanesa Roja, tuvieron valores de 56,9 y 57,96, que se acercaron más a los obtenidos por la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), y que fueron de 57,18 y 55,82 días para gallos de las variedades Negra y Trigueña respectivamente.

Si hacemos referencia a los tipos mejorados para la producción de carne de estas razas (Garrofé, 2007), los valores de Ti mostraron valores inferiores a los 64 días, edad que corresponde a la raza más tardía que fueron los gallos de Prat Leonada, mientras que los de la Empordanesa Roja marcaron valores de 61 días, siendo la Penedesenca Negra la más precoz, con un Ti estimado de 58 días.

Estudios posteriores con estas mismas razas (Escoda, 2004), obtuvieron estimaciones de Ti inferiores a los 60,1 días en las de tipo semipesado y pesado de la Penedesenca Negra, Prat Leonada y Empordanesa Roja.

Si cotejamos los valores de Ti de las razas baleares con los obtenidos para líneas experimentales no seleccionadas por peso que existen en la bibliografía, hallaremos valores similares en algunos trabajos, tales como 68,3 días (Barbato, 1991) o 65,6 y 68,6 días (Mignon-Grasteau, 1999 y 2000).

No obstante, en otros trabajos realizados en este tipo de líneas, los valores recogidos fueron sensiblemente menores, 57,8 para la línea ligera y 54,1 días para la pesada.

Cuando parangonamos los valores de Ti existentes para cruces y estirpes comerciales cárnicas, por lo general, salvo los 63,7 días que refleja el Ti del estudio realizado por Knízetova et al. en 1985, estos se reducen aún más, ampliándose por tanto, las diferencias con respecto a los que se hallan en este estudio para las razas baleares.

Así, en el cruce tipo Caspen, el valor de Ti registrado fue de 53,7 días (Miguel, 2003), exactamente el mismo que registró Laird en 1966 para líneas comerciales. En varios trabajos realizados en broilers, los Ti obtenidos fueron entre 48,2 y 55,7 días (Knízetova et al., 1991), 53,7 días (Laird, 1966) y 44,4 días (Goliomytis, 2003). Valor este último que es del orden de los hallados en otros estudios realizados también con líneas comerciales

para la producción de carne: 44 días (Tzeng and Becker, 1981), 39,1 a 46,5 días (Pasternak and Shalev, 1983), 41 días (Barbato, 1991) y 40,3 días (Pasternak and Shalev, 1994).

Si procedemos al análisis de este parámetro en las gallinas, **sí ha resultado significativo el efecto del lote y la interacción, no siéndolo el efecto de la raza.**

En este caso, contrariamente a lo sucedido para los gallos, **no han existido diferencias significativas entre las tres razas.**

Sin embargo, existe la interacción, y tal como se aprecia en la tabla, los lotes se comportan de forma diferente según las razas.

Se puede observar que no han existido diferencias significativas entre lotes para la raza Ibicenca, a diferencia de lo que sucede con las otras dos razas baleares.

Para la raza Mallorquina, se han apreciado diferencias significativas entre los tres lotes, mientras que en el caso de la raza Menorca, tan sólo han existido diferencias entre los lotes 2 y 3.

Como se acaba de indicar, para las hembras el efecto de la raza sobre este parámetro no ha sido significativo, y teniendo en cuenta que para los gallos no se han observado diferencias entre razas para este parámetro, ello podría aclarar que en los gallos tampoco debería serlo.

Se obtuvieron valores de Ti que tuvieron como mínimo y máximo promedio de los 3 lotes, 65 y 74,5 días para la raza Ibicenca, 63,3 y 83 días para la raza Mallorquina y entre los 67,1 y los 85 días para la Menorca.

El valor de Ti de 67,1 días conseguido por las gallinas del lote 2 del presente estudio coincidió con los 67 días que se registraron en otro trabajo anterior llevado a cabo en esta raza (Villalba et al., 2007).

Si contrastamos dichos valores con los encontrados para las gallinas de otras razas españolas, en las de raza Chulilla (Grimal y Gómez, 2007a) y Castellana Negra (Miguel, 2003), los valores de Ti fueron de 69,3 y 65,03 días, mientras que los valores estimados para este parámetro en las razas catalanas mejoradas para la producción de carne (Gar-

rofé, 2007) fueron ligeramente menores, de 60 días para la Penedesenca Negra, 58 días para la Prat Leonada y 56 días para la Empordanesa Roja. En la raza del Sobrarbe (Cajal, 2009) también se obtuvieron estimaciones similares, teniendo la variedad Trigueña un valor de T_i de 55,14 días y la Negra de 56,89 días.

La mayoría de las estimaciones de T_i reflejados para líneas comerciales seleccionadas para carne o puesta en algunos trabajos son también menores a los logrados en las razas baleares, si bien existen grandes diferencias de unos trabajos a otros.

Tal es así que existe algún valor más elevado para los de tipo cárnico, como 60,7 días (Knízetova et al., 1985), pero por lo general son eminentemente menores, tal como registró este mismo investigador en otro estudio realizado posteriormente, 47,1-52,8 días (Knízetova et al., 1991) y otros, 49,0 días (Laird, 1966), 41,9-44,2 días (Hancock et al., 1995), 40,4 días (Barbato, 1991), 32 días (Goonewardene et al., 2003), o 27,9-43 días (Pasternak and Shalev, 1983).

En el caso de trabajos realizados con líneas experimentales seleccionadas por peso también se percibe mucha diversidad en función del experimento y de la línea estudiada. En el caso de las líneas X-- y X++, se registraron valores de T_i de 65,2 y 59,1 días y de 78 y 64,3 días respectivamente (Mignon-Grasteau, 1999 y 2000).

Para las líneas experimentales no seleccionadas por peso observamos el mismo fenómeno que para las seleccionadas, encontrándose trabajos con valores de 63,9 y 59,1 días (Mignon-Grasteau, 2000), 62,8 días (Barbato, 1991) más parecidos estos a los de las razas baleares y otros, donde se establecen unos valores de T_i más distantes, como 57,8 y 54,1 días para líneas ligera y pesada (Leclercq et al., 1989).

Todo lo anteriormente expuesto nos conduce a decir que no parece posible apreciar, en las razas de gallinas baleares, como quizás cabría esperar, una llegada más pronta en las hembras ni tampoco para una raza en concreto, haciéndose incluso difícil establecer diferencias tan siquiera entre machos y hembras.

Este hecho parece diferir con respecto a lo que parece que sucede en la bibliografía expuesta anteriormente, dónde a pesar de no haberse analizado estadísticamente estas diferencias, sí parece que existe cierta tendencia a un dimorfismo sexual en la mayoría de

los trabajos, en los que por línea general y salvo algunas excepciones, las hembras presentan valores de T_i menores.

De los datos anteriormente expuestos se podría también extraer, tal como ya lo hace notar Escoda (2004), que **los tipos mejorados, que presentan mayor velocidad de crecimiento, acortan la edad en la que alcanzan el máximo crecimiento**, llegando así a la misma conclusión que otros autores (Pasternak and Shalev, (1983); Anthony et al., (1991); Mignon-Grasteau et al. (1999 y 2000) y Scheuermann et al., (2003)).

Sin embargo, en la mayoría de los casos revisados, a excepción del estudio de Escoda (2004), no parecen existir datos de este parámetro en una raza autóctona tradicional y en su tipo mejorado con el que poder establecer una comparación y poder corroborar dicha afirmación.

3.3.1.1.4.1.3. Peso en el punto de inflexión (W_i).

En los **gallos**, el único efecto significativo ha sido el de la raza, no resultando significativa ni la interacción ni los efectos del lote.

De la misma forma que ocurría con el peso a la madurez (A), éste ha sido también **significativamente mayor en los gallos de la raza Ibicenca**, adquiriendo valores de alrededor de 1340 g., **a la que ha proseguido la raza Menorca** con pesos del orden de 975 g., **y la Mallorquina ha vuelto a ser postrera, alcanzando valores** que rondan los 940 g., con la diferencia de que en este caso no ha existido efecto significativo del lote.

Estudios previos realizados en la raza Menorca (Villalba et al., 2007) lograron una estimación de este parámetro de 884 g., el cual ha resultado ser inferior a la obtenida en el presente trabajo.

Si consultamos los valores del parámetro W_i en la bibliografía existente para las mismas razas españolas a la que ya se hizo referencia en los dos parámetros anteriores, en la gallina de Chulilla se reseñan valores de 848 g. para los gallos (Grimal y Gómez, 2007a), los cuales resultan más parejos a los obtenidos en la raza Mallorquina mientras que en la Castellana Negra (Miguel 2003), se hallan valores de 903,80 y 1048,31 g. para los gallos, que tienen su mejor parangón en los encontrados en los gallos de la raza Menorca.

Para la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), los valores de W_i fueron de 859,56 y 903,63 g. para los gallos de las variedades Trigueña y Negra, valores muy próximos a los de la raza Mallorquina.

En lo que respecta a la comparación con los gallos de las razas autóctonas catalanas, para los tipos tradicionales (Escoda, 2004), se consiguieron valores entre los 950 y los 1050 g. aproximadamente, los cuales podrían ser equiparables a los hallados en los gallos Menorca, pero con la puntualización de no haberse dado las mismas condiciones de manejo alimentario entre los dos trabajos. Así los tipos semipesados de estas mismas razas lograron valores que oscilaban entre los 1000 y 1266 g., los cuales serían del orden de los aquí obtenidos por los gallos de la raza Ibicenca. De la misma manera que lo es el valor de W_i de los gallos del cruce tipo Caspen (Miguel, 2003 y 2011), 1140,7 g.

Para las razas catalanas mejoradas para la producción de carne (Garrofé, 2007), se hallaron estimaciones muy superiores a la obtenida en el presente trabajo para la raza Ibicenca, siendo la de la Penedesenca Negra la más cercana a ella con un valor de W_i de 1418 g., mientras que la Prat Leonada y la Empordanesa Roja, obtuvieron estimaciones de 1432 y 1506 g. respectivamente.

Cuando hacemos referencia a los tipos pesados de estas razas (Escoda, 2004), las estimaciones fueron de 1429 g. para la Prat Leonada, 1483 g. para la Penedesenca Negra, y la mayor fue la obtenida por la Empordanesa Roja, que obtuvo un valor de 1659,55 g., claramente alejadas de las estimaciones registradas por las gallinas baleares.

Y dicha diferencia aún se acentúa más cuando las comparamos con los valores presentes en algunos trabajos realizados con broilers, 1670 g. (Goonewardene et al., 2003), o entre 1789 y 2209 g. (Knízetova et al., 1991) y de 2516,4 g. (Goliomytis et al., 2003), aunque recalcando aquí que las condiciones alimentarias han sido algo distintas, puesto que las dietas poseían cantidades superiores de proteína en las primeras fases de crecimiento.

En las **gallinas**, sin embargo, han resultado significativos tanto los efectos de la raza y el lote como la interacción entre ambos.

Se puede apreciar que inicialmente han existido diferencias significativas entre las tres razas y los tres lotes. Se puede advertir en la tabla como también **los distintos lotes manifiestan un comportamiento diferente según la raza**, puesto que para la raza Ibicenca no se han dado diferencias significativas entre lotes, contrariamente a lo que

sucede para la raza Mallorquina, que ha presentado diferencias significativas en los tres lotes.

En la raza Menorca, sólo se han mostrado diferencias significativas para esta variable entre los lotes 2 y 3.

Por tanto, en este caso, una vez más, la interacción no se produce porque las razas difieran en función del lote, sino que es debido a que exclusivamente los lotes se diferencian en unas razas y en otras no, de ahí que **la significación de las diferencias entre razas no se vean invalidadas por la interacción y podemos decir que la Ibicenca alcanza un mayor peso en el punto de inflexión**, siendo éste de alrededor de 895 g., **seguida de la Menorca** cuyo valor ronda los 745 g., **y encontrándose en último lugar la Mallorquina**, con un valor de alrededor de 600 g., siguiéndose el mismo orden que en los gallos.

El trabajo anterior existente en la bibliografía para la raza Menorca (Villalba et al., 2007), halló una estimación menor para las gallinas de esta raza que fue de 663 g.

Si comparamos ahora estas estimaciones con las encontradas en la bibliografía para las razas españolas que ya se han venido considerando para los gallos y en los anteriores parámetros, los trabajos realizados en la gallina de Chulilla mostraron valores de 609 g. (Grimal y Gómez, 2007a), los cuales resultaron similares a los que se han obtenido en este estudio para la raza Mallorquina.

En la Castellana Negra (Miguel, 2003), se hallaron valores de 690,51 g. siendo ubicados estos a caballo entre los mostrados en el presente estudio por la raza Mallorca y Menorca.

Para la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), los valores de W_i fueron de 558,80 y 578,26 g. para las gallinas de las variedades Trigueña y Negra, los cuales han resultado ser ligeramente inferiores a los mostrados por la raza Mallorquina.

En lo que respecta a la comparación con las gallinas autóctonas catalanas, las gallinas de las tres razas mejoradas para la producción de carne, Penedesenca Negra, Empordanesa Roja y Prat Leonada (Garrofé, 2007), tuvieron estimaciones para este parámetro superiores a los 1000 g.

La Penedesenca tuvo el valor más elevado, 1145 g., seguida de la Empordanesa Roja, con un valor de Wi de 1139 g., mostrando la Prat Leonada el menor peso, 1007 g., suponiendo todas por tanto, estimaciones muy superiores a las obtenidas por las razas baleares.

3.3.1.1.4.2. Comentarios a las diferencias entre lotes.

En primer lugar, como queda indicado en material y métodos, el único factor controlado en nuestro trabajo que pudiera explicar la diferencia existente entre lotes fue la alimentación.

Ya se comentó en ese mismo apartado, que las gallinas del lote 3 a partir de las 6 semanas tuvieron un suministro alimentario con un pienso ecológico, a diferencia de todos los gallos y el resto de lotes a los que se les administró una alimentación con un pienso convencional.

Partiendo de la base que hasta las 6 semanas los tres lotes fueron alimentados con piensos isocalóricos, hemos de fijarnos que los del tercer lote recibieron un contenido de proteína bruta de 21,6% superior al 19,5 % que recibieron los del primer y segundo lote.

Esta etapa constituye una de las más importantes a la hora de determinar el crecimiento de los pollitos, pues existen grandes requerimientos proteicos que irán disminuyendo progresivamente a partir de este momento, y diferencias de dos unidades de porcentaje de proteína entre los diferentes piensos suministrados podrían contribuir potencialmente a explicar las diferencias existentes entre los animales de un lote u otro.

Si estudiamos ahora la alimentación suministrada a partir de las 6 semanas y hasta la semana 20, todos los gallos fueron alimentados con un pienso que contenía la misma cantidad de proteína y energía metabolizable (EM).

Si bien para las hembras las cantidades y porcentajes de proteína y energía también fueron las mismas, en este caso, sin embargo, el primer y segundo lote fueron alimentados con un pienso convencional y el tercero con uno ecológico.

En teoría, si tanto para machos como para hembras en esta etapa, todos los piensos suministrados fueron isocalóricos e isoproteicos, no existiría en principio ninguna razón para pensar que algún pienso haya resultado mejor que otro y deberíamos ir a buscar las diferencias en la alimentación proporcionada a partir de las 20 semanas.

En este caso, a los gallos y gallinas del lote 3 se les administró un pienso ecológico del 17% de PB y 2749 Kcal/Kg. de EM mientras que el pienso que recibieron los gallos y gallinas de los lotes 1 y 2, fue convencional pero con la misma cantidad de EM que el ecológico recibido por el lote 3, y sin embargo, con tres unidades de porcentaje menos de proteína.

Por tanto, debemos suponer, que si ambos piensos eran isocalóricos, y si el ecológico tenía una mayor cantidad de proteína, y suponiendo que ésta fuera aprovechable por las aves, que el ecológico administrado al lote 3 fuera mejor que el convencional proporcionado a los lotes 1 y 2.

Y que esto debería haberse traducido en observar una diferencia significativa entre los pesos obtenidos para los machos y hembras del lote 3 con respecto a los del 1 y 2, que deberían haber sido más elevados. Sin embargo, en general ello no sucede así.

En el caso de los gallos no se han apreciado diferencias significativas entre los lotes 1 y 3, además el lote 2 que recibió la misma alimentación que el 1, fue el que obtuvo unos pesos a la madurez significativamente más bajos.

Para las gallinas tampoco se puede concluir que el lote 3 tenga un peso superior al resto de lotes.

Por tanto, tal como se evidencia a través de los resultados obtenidos, no podemos atribuir dichas diferencias entre lotes al factor alimentario, puesto que éste nos impide relacionar el que un lote al que se le haya suministrado un supuesto mejor pienso haya adquirido finalmente unos pesos más elevados que otro lote que haya recibido otro tipo de pienso, supuesto de calidad inferior.

Todo ello parece indicar que podemos concluir que las diferencias halladas entre los tres lotes tanto en machos como en hembras, **responden a la presencia de factores no controlados** que resultan difícilmente explicables desde la perspectiva de este experimento.

3.3.1.1.4.3. Comparación descriptiva entre ambos sexos.

Como ya se mencionó anteriormente, no se analizó estadísticamente el factor sexo, con lo cual, lo único que aquí se pretende es realizar una descripción de los resultados obteni-

dos en gallos y gallinas baleares, con el objetivo de poder dar una visión general del comportamiento de ambos sexos en cuanto a estos tres parámetros.

En primer lugar, haciendo referencia al **parámetro A**, a partir de la tabla se puede extraer que las medias obtenidas en los gallos han resultado superiores a las de las gallinas en las tres razas baleares, como ya es conocido en esta especie.

Además, también se puede llegar a deducir que en general las hembras independientemente de su raza, muestran unos valores de A más similares (de unos 100-200 g. de diferencia entre lotes) que los machos, los cuales pueden llegar a manifestar diferencias de entre 650 y 750 g. entre los diferentes lotes.

La media de los tres lotes de los gallos de raza ibicenca ha sido de unos 793 g. mayor que en las gallinas de esta misma raza. La diferencia entre gallos y gallinas para las otras dos razas baleares ha resultado menor, de 641 g. para la Mallorquina y del orden de 545 g. para la raza Menorca.

Esto podría inducir a confusión y llevarnos a calcular de forma errónea la diferencia entre machos y hembras, puesto que podría darnos a entender que la raza Ibicenca ha mostrado un mayor dimorfismo sexual.

Por ello se debe recurrir al cálculo de los porcentajes, pero refiriéndonos al porcentaje que pesan más los gallos con respecto a las gallinas, que se calcula en base al peso de las hembras, es decir, el porcentaje que supone esta diferencia de peso entre el gallo y la gallina respecto al peso total de la gallina.

Así, **no ha sido la raza Ibicenca la que ha mostrado el mayor dimorfismo sexual** como al principio podría parecer, sino que **ha resultado ser la Mallorquina, pues los gallos de esta raza han pesado alrededor de un 40% más con respecto a las gallinas.**

La raza Ibicenca ha ocupado el segundo lugar, los gallos han pesado un 29% más respecto a las gallinas de la misma raza.

Por último, **la raza Menorca ha presentado una diferencia menor, teniendo los gallos un peso del 26% superior al de las gallinas.**

Sería interesante poder analizar si este 26% resulta significativamente diferente al 29% hallado en la raza Ibicenca.

Este 26% presentado en la Menorca, es ligeramente inferior al que podemos calcular a partir de los promedios de los pesos a la madurez hallados en un trabajo previo (Villalba et al., 2006) en el cual los gallos resultaban ser de alrededor de un 28% más pesados que las gallinas.

Esta pequeña diferencia entre los resultados obtenidos en estos dos trabajos podría encontrar su explicación en las diferencias de manejo, que aunque se intuyen presentes, resultan siempre difíciles de identificar en estos casos.

A pesar de que las diferencias en peso entre machos y hembras se dan de forma particularmente marcada en las aves domésticas (Mignon-Grasteau et al., 1998), según algunos autores en la gallina esta diferencia es menor, siendo los gallos entre un 15-20% más pesados que las hembras (Singh et al., 1989; Van der Host, 1994).

Existe un estudio en la bibliografía que recoge porcentajes de dimorfismo sexual mucho más elevados para su ancestro salvaje, *Gallus Bankiva* o *Red jungle fowl* mantenido en cautividad (Parker and Garant, 2004), en el que se registra para los gallos un peso un 44% superior al de las gallinas.

En nuestro trabajo este porcentaje es muy similar al que ha presentado la raza Mallorquina.

Existen otros estudios realizados en otras razas españolas, de las que también podemos calcular los porcentajes de cuanto más pesa el gallo con respecto a la gallina a través de los promedios del peso a la madurez, tal como lo hicimos anteriormente para la raza Menorca, con el objetivo de establecer las comparaciones con los resultados obtenidos.

Así, en razas como la Castellana Negra (Miguel, 2003), los gallos logran pesar alrededor del 52% del peso de sus gallinas, porcentaje que aún es mayor para el caso de la gallina de Sobrarbe (Cajal, 2009), donde el incremento de peso para los gallos de las variedades Trigueña y Negra supone respectivamente alrededor de un 54 y 56% el peso de sus gallinas.

En el caso de la raza Valenciana de Chulilla (Grimal y Gómez, 2007a), los porcentajes de dimorfismo son menores y más similares a los obtenidos para la raza Mallorquina, pues

los cálculos realizados muestran que los gallos pesan del orden del 40% más que sus gallinas.

Con objeto de establecer comparaciones con las estirpes comerciales, y realizando los mismos cálculos que en los párrafos anteriores, en otros trabajos con algunas líneas de broilers se han hallado menores diferencias entre machos y hembras.

Así pues en uno de los trabajos se obtiene que los gallos pesan entre un 14 y un 24% más con respecto a las gallinas (Knízetova et al., 1991), y en otro estudio existente en la bibliografía con estas líneas, las diferencias aún son menores y los gallos tan sólo pesan entorno a un 8% más que las gallinas (Villalba et al., 2001).

Las diferentes razas de gallinas se clasifican en función de su peso en ligeras, semipesadas y pesadas.

A las más ligeras se les atribuye un origen más mediterráneo, mientras que a las de tipo más pesado se les asigna a un tronco más atlántico.

Dentro de esta clasificación, en lo que se refiere a las gallinas baleares, la raza Mallorquina se consideraría una gallina ligera de tipo mediterráneo y la Ibicenca una gallina semipesada a la que se le atribuye una importante influencia atlántica, a pesar de presentar ciertas características del tronco mediterráneo.

A diferencia de lo que sucedería con la gallina Menorca, que si bien podría encuadrarse predominantemente en el tronco mediterráneo, presenta ciertas características de ese tronco atlántico.

Por otra parte, algunos autores lanzan la hipótesis de que las gallinas ligeras del tronco mediterráneo podrían tener casi exclusivamente como antecesor al gallo de Bankiva, mientras que las pesadas podrían derivarse de otros ancestros más pesados, existiendo cierta hibridación entre ambas líneas a la hora de conformar el grupo de semipesadas (Francesch,2006).

Los datos señalados anteriormente en cuanto a porcentajes de dimorfismo sexual, podrían conducirnos a apoyar esta teoría, en la que **las razas ligeras presentan dimorfismos sexuales más marcados del orden de los que se han observado para su ancestro salvaje.**

Todo ello nos conduce a intuir cierta tendencia de que por lo general y a excepción de la raza Menorca, de la cual ya hemos mencionado que también comparte cierto origen atlántico, las gallinas más ligeras o denominadas del tronco mediterráneo podrían presentar dimorfismos sexuales más acentuados, y por tanto más similares a los de su ancestro salvaje, que las razas semipesadas o de un tronco más atlántico.

Por otra parte, podría resultar interesante realizar la observación de que **las líneas comerciales tipo broilers, las cuales vienen seleccionándose por peso desde hace mucho tiempo, deben haber llevado implícita una selección en contra del dimorfismo sexual**, puesto que existen trabajos en la bibliografía, que reflejan una heredabilidad del dimorfismo sexual superior a 0 y que sugieren la posible modificación de éste mediante la selección (Mignon-Grasteau et al., 1998).

Otro estudio anterior (Carte and Siegel, 1970) ya hace referencia a la eliminación de este dimorfismo sexual en respuesta a la selección por crecimiento.

Este hecho parece que se ha venido consiguiendo, tal y cómo se vislumbra a través de estos trabajos, pues estas estirpes presentan los menores porcentajes de diferencias en peso entre machos y hembras.

El **parámetro T_i** , tal como se ha explicado anteriormente, a pesar de haber existido interacciones entre los factores raza y sexo, ha presentado un comportamiento similar tanto para los gallos como para las gallinas.

Sin conocer si las diferencias entre ambos sexos han resultado significativas, se aprecia que **de primeras no parece que exista una más pronta llegada al punto de inflexión en un sexo que en otro, o al menos que exista una marcada diferencia entre ambos sexos.**

Estudios existentes en otras razas españolas como los de las razas Menorca (Villalba et al., 2007) y Sobrarbe (Cajal, 2009) también establecen que gallos y gallinas presentan una edad similar en el punto de inflexión, existiendo una diferencia de dos días en la Sobrarbe y de tres días en la raza Menorca.

En cambio en cuanto al **parámetro W_i** , de la misma manera que sucedía para el parámetro A, sí se puede apreciar que los valores hallados en los gallos han sido superio-

res a los de las gallinas para las tres razas, siguiendo la conducta típica de la especie. A modo informativo y sin proceder a su análisis respectivo, la diferencia entre machos y hembras de una misma raza para este parámetro ha resultado ser de 447, 335 y de 227 g. para las razas Ibicenca, Mallorquina y Menorca respectivamente. Ello supone que los gallos de las razas Ibicenca y Mallorquina han pesado respectivamente un 50% y 55% más que sus gallinas en esta edad donde la tasa de crecimiento es máxima, a diferencia de los de la Menorca que únicamente han pesado el 30% más que sus gallinas.

3.3.1.2. GRADO DE MADUREZ.

El modelo estadístico referente al grado de madurez (u) también atiende, como para el caso anterior, a los efectos de la raza, del lote y de la interacción entre ambos factores. Tal como se ha indicado también en material y métodos, se ha estudiado dicho grado de madurez para los gallos en el momento en el que adquieren el peso de sacrificio mínimo (u_{ps}), estipulado en unos 2,1-2,2 Kg. aproximadamente.

En cuanto a las gallinas, se ha optado por estudiar el grado de madurez en dos momentos determinados, el inicio de puesta (u_{ip}) y el pico de puesta (u_{pp}).

Dicho modelo ha resultado significativo tanto para las gallinas como para los gallos.

En la tabla 3.13. se muestra la significación sobre la transformación en arco seno del porcentaje que supone el grado de madurez en el momento de adquisición del peso mínimo comercial para los gallos en referencia al modelo y a los efectos de la raza y del lote, así como del análisis de la interacción entre ambos factores.

Tabla 3.13. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones en arco seno del grado de madurez en el momento en que el peso es de 2.1 Kg., peso mínimo comercial para el sacrificio (u_{ps}) en los gallos.

u_{ps}			
MOD	RA	LOT	RA*LOT
< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,0006

$\alpha \leq 0,05$

En los **gallos**, para el grado de madurez en el momento que alcanzan el peso mínimo de sacrificio (u_{ps}), **se han mostrado significativos los efectos de la raza, el lote y la interacción de ambos factores.**

En la tabla 3.14. se aprecia la significación sobre la transformación en arco seno de los porcentajes que suponen el grado de madurez en el inicio de puesta y en el pico de puesta en las gallinas respecto al modelo y a los efectos de la raza y del lote, así como del análisis de la interacción entre ambos factores.

Tabla 3.14. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), lote (LOT) y de la interacción entre ambos (RA*LOT) para las transformaciones en arco seno de los grados de madurez en el inicio de puesta (u_{tip}) y el pico de puesta (u_{tpp}) en las gallinas.

u_{tip}				u_{tpp}			
MOD	RA	LOT	RA*LOT	MOD	RA	LOT	RA*LOT
0,0005	0,1756	0,1705	0,0002	< 0,0001	0,0023	< 0,0001	< 0,0001

$\alpha \leq 0,05$

Para las **gallinas**, los resultados obtenidos han sido diferentes para los dos momentos estudiados.

En cuanto a u_{ip} , no han sido significativos ni los efectos de la raza ni los del lote, pero sí ha resultado significativa la interacción entre ambos.

Sin embargo para u_{pp} , **han resultado significativos tanto los efectos de la raza y el lote como la interacción entre ambos factores.**

En la tabla 3.15. se muestran las *Ls means ± Std error* (en adelante medias) del u_{ps} en los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).

Tabla 3.15. *Ls means* ± *Std error* del grado de madurez en el momento en que los gallos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) adquieren los 2,1 Kg. de peso vivo aproximadamente (u_{ps}) en los tres lotes (1, 2 y 3).

ups				
	IB	MA	ME	LS means LOTE
1	60,81 ± 1,86 ^{C,b}	90,41 ± 1,61 ^{A,b}	84,95 ± 1,61 ^{B,b}	78,72 ± 0,98
2	74,55 ± 1,82 ^{C,a}	99,94 ± 1,69 ^{A,a}	93,63 ± 1,79 ^{B,a}	89,37 ± 1,02
3	63,81 ± 1,66 ^{C,b}	92,33 ± 1,64 ^{A,b}	79,37 ± 1,37 ^{B,c}	78,50 ± 0,90
LS means RAZA	66,39 ± 1,03	94,23 ± 0,95	85,98 ± 0,92	82,52 ± 9,28

A, B, C: Diferencias significativas entre razas ($p \leq 0,05$)

a, b, c: Diferencias significativas entre lotes ($p \leq 0,05$)

Una vez más, debemos hacer hincapié en la interpretación de los resultados al existir interacción entre ambos factores para los tres casos.

Si centramos nuestra atención en los resultados hallados para los gallos, de primeras se aprecia que se han presentado diferencias significativas entre las tres razas baleares en los tres lotes. Pero la presencia de esta interacción nos obliga a analizar con más detenimiento los resultados, a través de los cuales se advierten algunas diferencias en el comportamiento de los lotes en cada una de las razas.

Así pues para la raza Mallorca y la Ibicenca, los gallos del lote 2 se han diferenciado significativamente de los lotes 1 y 3, mientras que para los de raza Menorca, se han encontrado diferencias significativas entre los tres lotes.

Todo lo anteriormente descrito derivado de esa interacción entre factores no impide distinguir que **la raza Mallorca ha resultado tener un grado medio de madurez al peso de sacrificio establecido superior** al resto de las gallinas baleares, siendo éste del **94%** aproximadamente.

A ésta le ha seguido, tal como se refleja en la tabla 16, y con un porcentaje significativamente menor, la raza **Menorca**, con el **86%**, y ya en tercer lugar, se ha situado la raza **Ibicenca**, con un porcentaje relativamente inferior del **66%**.

En la tabla 3.16., se exponen las medias del u_{ip} y u_{pp} para las gallinas de esas mismas razas y lotes.

Tabla 3.16. *Ls means ± Std error* del grado de madurez al inicio de puesta (u_{ip}) y en el pico de puesta (u_{pp}) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorquina (ME) y en los tres lotes (1, 2 y 3).

	u_{ip}				u_{pp}			
	IB	MA	ME	LS means LOTE	IB	MA	ME	LS means LOTE
1	78,07 ± 1,67 B,b	87,24 ± 1,54 A,a	87,22 ± 1,80 A,a	84,18 ± 0,97	92,26 ± 0,87 B,b	99,52 ± 0,80 A,a	98,88 ± 0,94 A,a	96,89 ± 0,50
2	84,29 ± 1,70 A,a	85,12 ± 1,84 A,a	79,93 ± 1,93 A,b	83,11 ± 1,05	94,46 ± 0,89 A,a	93,75 ± 0,96 A,b	92,86 ± 1,01 A,c	93,69 ± 0,55
3	86,52 ± 1,32 A,a	86,03 ± 1,35 A,a	87,99 ± 1,30 A,a	86,84 ± 0,76	95,16 ± 0,69 A,a	91,35 ± 0,70 B,c	96,88 ± 0,38 A,b	94,46 ± 0,40
LS means RAZA	82,96 ± 0,91	86,13 ± 0,92	85,05 ± 0,98	85,21 ± 8,83	93,96 ± 0,47	94,87 ± 0,48	93,96 ± 0,47	95,05 ± 4,61

A, B, C: Diferencias significativas entre razas ($p \leq 0,05$)

a, b, c: Diferencias significativas entre lotes ($p \leq 0,05$)

Si estudiamos los resultados obtenidos para las gallinas, en el caso del u_{ip} , los efectos de la raza y el lote no han resultado significativos, sin embargo la interacción sí.

Aunque si analizamos detenidamente esta tabla 3.16, esta interacción parece no enturbiar el hecho de que en general, **no han existido diferencias significativas entre las tres razas en cuanto al grado de madurez al inicio de la puesta.**

Ya que si bien existen dos casos concretos en los que estos porcentajes han sido sensiblemente menores al resto (los de la raza Ibicenca del lote 1 y la raza Menorca del lote 2, que para la Ibicenca ha sido significativamente menor a los hallados por esta misma raza en los otros dos lotes y en comparación con las otras dos razas, mientras que para la Menorca sólo ha resultado significativamente menor en comparación con los otros

dos lotes de esa raza), ello nos da pie a pensar que pudiera haber existido algún factor ambiental no controlado que hubiera propiciado la notable disminución de este valor.

Por tanto, por lo general, podríamos concluir que **no existirían diferencias ni entre razas ni entre lotes** para este **grado de madurez en concreto**.

En el caso del u_{pp} , ambos efectos y la interacción han resultado ser significativos.

De la tabla se puede extraer que en el primer lote, los porcentajes obtenidos por las razas Mallorquina y Menorca, se han diferenciado significativamente de los hallados en la Ibicenca. Sin embargo, en el segundo lote parece no haber existido diferencia alguna entre los valores adquiridos por las tres razas.

Mientras que por el contrario en el último lote, los valores mayores los han conseguido las razas Menorca e Ibicenca, difiriendo ambos significativamente de los que ha logrado la Mallorquina, que opuestamente a lo que sucedía en el lote 1, ha sido menor.

Los resultados aquí observados hacen que nos orientemos a defender que salvo alguna pequeña diferencia, parece que no existan diferencias significativas relevantes entre las diversas razas.

Además, en este caso, se suma el hecho de que cada raza se comporte de manera diferente según el lote, lo cual hace aún más compleja la interpretación de que no existan tales diferencias entre razas.

Para la raza Mallorquina, el grado de madurez registrado en el lote 1 ha sido significativamente mayor al del lote 2 y éste lo ha sido sobre el 3.

No obstante, para la raza Menorca, el porcentaje del lote 1 ha resultado significativamente más elevado que el del lote 3, y éste a su vez lo ha sido con respecto al 2.

Por último, para la raza Ibicenca, los grados de madurez de las gallinas de los lotes 2 y 3 se han mostrado significativamente mayores a los obtenidos por las gallinas del lote 1.

Estos diferentes comportamientos de las razas en los distintos lotes sólo nos permiten observar la tendencia general existente hacia una ausencia de diferencias en cuanto al grado de madurez en el pico de puesta de la manada para las tres razas baleares, no obstante no queda demostrada.

3.3.1.3. CONSUMO.

En las tablas 3.17. y 3.18. se presentan el consumo individual acumulado (g.) y el consumo individual diario en cada semana (g.) en los pollos de las tres razas baleares, Ibicenca, Mallorquina y Menorca para cada uno de los tres lotes y su promedio, en las primeras 20 semanas de vida.

A través del gráfico 3.10. queda expuesta de una forma más visual, el promedio de los tres lotes del consumo individual acumulado tanto en pollos como en pollitas de las tres razas baleares hasta esa edad.

De las tablas podemos extraer, realizando únicamente una descripción de lo que se aprecia, pues no se ha llevado a cabo un análisis estadístico debido a la imposibilidad de realizar un diseño experimental de repeticiones dentro de los lotes, que **tanto para el consumo individual acumulado como para el individual diario, los gallos de la raza Ibicenca han sido los que los han tenido mayores, siendo seguidos por los de la raza Menorca y finalmente, por los de la raza Mallorquina.**

Si hacemos referencia al consumo individual acumulado, de la tabla se deduce que ya desde el inicio, el consumo de la raza Mallorquina ha sido menor que el de las otras dos razas.

Los consumos de las razas Ibicenca y Menorca han resultado bastante similares en las primeras semanas, aunque puede apreciarse un ligero aumento del de la Menorca sobre la Ibicenca hasta la semana 8, momento en que se ha visto superada por la raza Ibicenca, siendo ya así hasta la semana 20.

En esta semana, el consumo individual acumulado para los gallos de la raza Ibicenca ha resultado del orden de 13128 g., aproximadamente 2,2 Kg. mayor al de la raza Menorca y del orden de 3,4 Kg. superior al de la raza Mallorquina.

Tabla 3.17. Consumo individual acumulado en g. en los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.

SEMANA	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
1	45,61	52,83	38,38	45,61	43,23	49,30	37,17	43,23	50,33	57,14	43,51	50,33
2	161,39	170,78	153,23	161,80	161,46	159,15	125,92	148,85	152,11	173,08	151,06	158,75
3	330,73	310,52	358,84	333,36	340,41	305,14	296,45	314,00	349,39	321,99	374,50	348,62
4	541,02	496,05	600,03	545,70	511,14	474,84	476,18	487,39	590,48	555,81	598,97	581,75
5	783,88	800,81	881,94	822,21	704,89	723,69	688,10	705,56	855,48	875,81	827,72	853,00
6	1040,18	1159,43	1156,93	1118,85	958,38	1037,54	910,79	968,90	1130,48	1233,71	1083,40	1149,20
7	1300,18	1563,63	1587,14	1483,65	1221,17	1402,62	1325,13	1316,31	1408,74	1632,19	1423,23	1488,06
8	1597,32	2226,96	2030,26	1951,51	1509,54	1893,24	1742,76	1715,18	1743,74	2123,37	1857,65	1908,25
9	2013,99	2926,96	2696,14	2545,70	1838,96	2400,94	2170,07	2136,65	2126,46	2615,91	2301,36	2347,91
10	2523,99	3638,82	3447,12	3203,31	2186,58	2924,74	2629,95	2580,42	2536,59	3118,85	2814,70	2823,38
11	3133,99	4355,49	4217,61	3902,36	2603,24	3450,55	3200,04	3084,61	3008,38	3645,32	3385,88	3346,53
12	3790,65	5109,88	5075,61	4658,71	3060,39	4047,33	3785,10	3630,94	3486,30	4264,07	3978,39	3909,59
13	4557,32	5970,59	6051,58	5526,50	3572,29	4753,99	4511,88	4279,39	4065,25	5060,68	4707,16	4611,03
14	5390,65	6859,05	7048,14	6432,61	4096,10	5463,67	5260,07	4939,95	4662,62	5888,27	5457,93	5336,27
15	6237,32	7766,20	8086,86	7363,46	4677,05	6184,98	6037,54	5633,19	5270,51	6757,23	6256,65	6094,80
16	7113,99	8705,48	9350,92	8390,13	5260,39	6941,65	6838,98	6347,00	5912,62	7653,78	7222,70	6929,70
17	8030,65	9669,77	10723,48	9474,64	5915,15	7731,65	7644,23	7097,01	6636,30	8617,78	8247,88	7833,99
18	9130,65	10666,06	12118,55	10638,42	6648,48	8621,65	8453,76	7907,96	7475,78	9582,69	9276,85	8778,44
19	10283,99	11764,15	13525,34	11857,83	7404,58	9509,95	9469,88	8794,80	8323,78	10734,68	10377,81	9812,09
20	11450,65	12862,24	15069,70	13127,53	8229,58	10398,25	10444,95	9690,92	9215,67	11886,67	11543,99	10882,11

Si establecemos comparaciones con respecto a otras razas españolas, en la raza Sobrarbe también se han llevado a cabo controles de dicho consumo acumulado (Cajal, 2009).

En este caso los pollos fueron alimentados en la primera semana con una dieta del 22,99% de proteína bruta y una energía metabolizable de 3010 Kcal/Kg. A partir de ahí y hasta la 4ª semana, el porcentaje de proteína de la dieta fue del 21,37% y 3060 Kcal/Kg. de EM. Y desde ese momento y hasta su sacrificio a las 19 semanas de vida, la proteína de la dieta descendió hasta el 19,22% y su EM fue de 2930 Kcal/Kg.

Si comparamos esta dieta con la proporcionada a los pollos de las tres razas baleares, a estos se les suministró una dieta con un menor porcentaje de PB, el 17% y 2850 Kcal/Kg. de EM desde la semana 6 a la 20 de vida.

A pesar de que el contenido en PB difiere sensiblemente, las cantidades de EM resultan más similares, con lo cual podría ser realizable la comparación entre las razas baleares y la del Sobrarbe, teniendo en cuenta la diferenciación referente a los contenidos proteicos.

Tabla 3.18. Consumo individual diario en cada semana en g. en los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.

SEMANA	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
1	6,52	7,55	5,48	6,52	6,18	7,04	5,31	6,18	7,19	8,16	6,22	7,19
2	16,55	16,85	16,41	16,60	16,89	15,69	12,68	15,09	14,54	16,56	15,36	15,49
3	24,19	19,96	29,37	24,51	25,56	20,86	24,36	23,59	28,18	21,27	31,92	27,12
4	30,04	26,50	34,46	30,33	24,39	24,24	25,68	24,77	34,44	33,40	32,07	33,30
5	34,69	43,54	40,27	39,50	27,68	35,55	30,28	31,17	37,86	45,71	32,68	38,75
6	36,61	51,23	39,28	42,38	36,21	44,84	31,81	37,62	39,29	51,13	36,53	42,31
7	37,14	57,74	61,46	52,11	37,54	52,15	59,19	49,63	39,75	56,93	48,55	48,41
8	42,45	94,76	63,30	66,84	41,20	70,09	59,66	56,98	47,86	70,17	62,06	60,03
9	59,52	100,00	95,13	84,88	47,06	72,53	61,04	60,21	54,67	70,36	63,39	62,81
10	72,86	101,69	107,28	93,94	49,66	74,83	65,70	63,40	58,59	71,85	73,33	67,92
11	87,14	102,38	110,07	99,86	59,52	75,12	81,44	72,03	67,40	75,21	81,60	74,74
12	93,81	107,77	122,57	108,05	65,31	85,25	83,58	78,05	68,27	88,39	84,64	80,44
13	109,52	122,96	139,43	123,97	73,13	100,95	103,83	92,64	82,71	113,80	104,11	100,21
14	119,05	126,92	142,36	129,45	74,83	101,38	106,88	94,37	85,34	118,23	107,25	103,61
15	120,95	129,59	148,39	132,98	82,99	103,04	111,07	99,03	86,84	124,14	114,10	108,36
16	125,24	134,18	180,58	146,67	83,33	108,10	114,49	101,97	91,73	128,08	138,01	119,27
17	130,95	137,76	196,08	154,93	93,54	112,86	115,04	107,14	103,38	137,71	146,45	129,18
18	157,14	142,33	199,30	166,26	104,76	127,14	115,65	115,85	119,92	137,84	147,00	134,92
19	164,76	156,87	200,97	174,20	108,01	126,9	145,16	126,69	121,14	164,57	157,28	147,66
20	166,67	156,87	220,62	181,39	117,86	126,90	139,29	128,02	127,41	164,57	166,60	152,86

Los controles de consumo en la raza Sobrarbe, se realizaron únicamente hasta los 129 días (18,4 semanas), momento en el que los gallos de esta raza registraban un consumo de 9771 g. para la variedad Negra, el cual resulta inferior al registrado por la raza Ibicenca en la semana 18, que ha sido de 10638 g. y superior a los de las razas Menorca y Mallorca para esa semana, que han resultado de 8778 y 7908 g. respectivamente.

Sin embargo, la variedad Trigueña consiguió un consumo sensiblemente menor, siendo éste de alrededor de 9041 g., situándose más próximo al de la raza Menorca.

En la raza Extremeña Azul también se han realizado estudios relativos al consumo en un trabajo que estudiaba el efecto de la estación sobre dicho consumo en pollos (Muriel, 2004). La dieta que recibieron las aves del experimento hasta las 6 semanas, contenía un

23,5% de PB y 3100 Kcal/ Kg. de EM y después desde ese momento hasta el sacrificio, el contenido de PB fue del 18,2 % y la EM de 2900 kcal/Kg.

Cotejando la segunda dieta, pues la de inicio es bastante superior en cuanto a contenidos calóricos y proteicos, con la alimentación recibida por los pollos de las razas baleares en esa segunda fase, y a pesar de presentar algo más de un 1% menos de PB, los contenidos de EM también rondan los mismos valores y puede ser indicada dicha comparación con las razas baleares.

El consumo que se obtuvo para esta raza fue a las 11,57 semanas en invierno y en verano. Los resultados muestran que el consumo en verano a esa edad fue de 3,67 Kg., mientras que en invierno resultó mayor, de 5,20 Kg.

Si comparamos estos valores con los hallados en las razas baleares en las semanas 11-12, teniendo en cuenta que en líneas generales la mayor parte del experimento se realizó también en verano, podemos apreciar que los consumos de las razas baleares Menorca y Mallorquina, calculados a partir de la tabla 19, fueron del orden de 3,8 Kg. y 3,5 Kg. respectivamente. Se puede apreciar al cotejar los valores, que el consumo de la Extremeña Azul se sitúa en medio de ambas.

El de la raza Ibicenca a esa misma edad, ha sido sensiblemente superior y del orden de 4,5 Kg. También distinguimos que las tres razas Baleares han manifestado consumos menores que los existentes para la Extremeña Azul a la misma edad en invierno, lo cual en cierta manera parece lógico, pues cabría saber que consumos presentarían las razas baleares en invierno para establecer una comparación más exacta.

Se encuentran en la bibliografía estudios precedentes del mismo autor con gallos y capones de esta raza (Muriel, 2003). En este trabajo a las aves se les suministró un pienso hasta las 6 semanas que contenía un 22% de PB y 3100 Kcal/Kg. de EM , y de ahí hasta el sacrificio (a los 228 días) otro, cuyo porcentaje de proteína era del 17% de PB y su EM de 2900 Kcal/Kg., pudiéndose equiparar este último al pienso recibido por las razas baleares en la última fase de su cría.

En este estudio se exponen datos del consumo de estos al final del control, esto es a las 32 semanas de edad, siendo el de los capones de 19,86 Kg., mayor al de los gallos, que fue de 17,97 Kg.

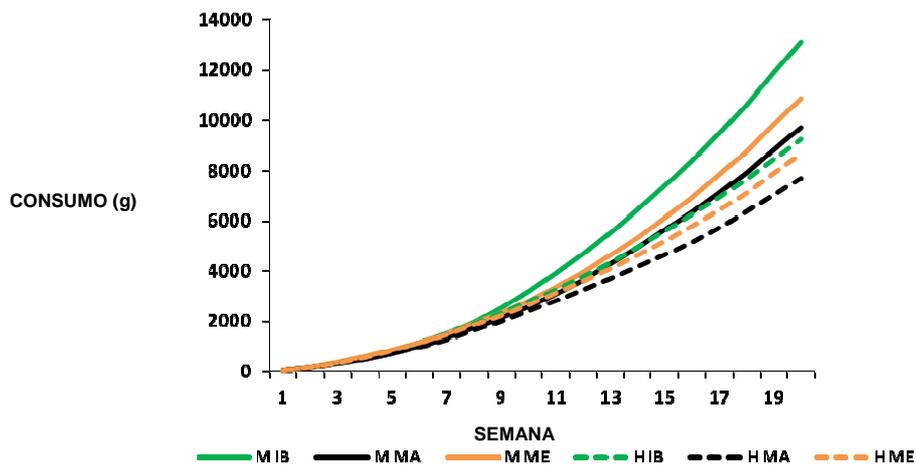


Gráfico 3.10. Consumo individual acumulado en g. en los pollos (M) y pollitas (H) de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) para cada uno de los tres lotes (1, 2 y 3) en las primeras 20 semanas de vida.

Estudios de esta índole se pueden hallar también en la gallina de Mos. En un estudio en el que se comparaban gallos de esta raza con los de la estirpe rubia comercial SASSO T-44 y se analizaba el efecto de la estación del año (Rois et al., 2011), se registraron los consumos acumulados a las semanas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 en invierno y en primavera.

La dieta que se suministró para este experimento fue de un pienso de arranque hasta las 6 semanas con un 21% de PB y 3000 Kc/Kg. de EM y a partir de esa edad, otro con un 19% de PB y 2900 Kc/Kg. de EM.

A pesar de que los contenidos proteicos de estas dietas fueron superiores a los de las razas baleares, estos hacen factible realizar cierta comparación, aunque con ciertos matices, tal como veremos a continuación.

Los consumos obtenidos en la semana 4 por la Gallina de Mos ya son superiores a los de cualquiera de las tres razas baleares, puesto que en éstas, los consumos se han comprendido entre los 500 y 600 g., mientras que para la gallina de Mos son de 765 g. en invierno y de 825 g. en primavera.

No obstante, en este punto sería importante recordar que los consumos de las razas baleares se registraron mayoritariamente en verano, estación en la que las elevadas temperaturas hacen disminuir la ingesta de alimentos por parte de las aves, y podría ser ésta la causa de que las diferencias que se aprecian fueran tan acusadas.

Sería interesante en un futuro poder comparar valores de consumo en las mismas estaciones del año con la finalidad de ajustar mejor las comparaciones, sin olvidar tampoco las diferencias que luego podrían atribuirse a la localización geográfica.

Teniendo en cuenta la matización anteriormente expuesta, en este estudio se registran para la raza de Mos, valores de consumo en la semana 8 que superan los 3,2 Kg., quedando muy por encima de los consumos que han logrado las baleares, puesto que la que lo ha tenido mayor, la Ibicenca, ha radicado en torno a los 2 Kg.

Si finalmente cotejamos los consumos al final del control de ese estudio en la semana 12, las diferencias se disparan, puesto que el consumo que tiene la raza de Mos, sobrepasa los 7 Kg. en invierno y está en torno a los 6,8 Kg. en primavera, siendo éste muy superior a los que han mostrado las razas baleares en esa semana, que se han situado en 4,66 Kg. para la Ibicenca, 3,91 Kg. para la Menorca y de 3,63 Kg. para la Mallorquina. Volvemos a poner de manifiesto que en las razas baleares, dichos consumos se registraron en su mayor parte en verano.

Si comparamos los consumos de las razas baleares con los obtenidos en estirpes comerciales, y sirviéndonos del estudio anterior (Rois et al., 2011) que utilizó la estirpe comercial SASSO T-44 para realizar la comparación de la gallina de Mos y de la cual también registró su consumo, se puede apreciar como estos son más elevados que los expuestos para la raza de Mos, que ya de por sí y como ya hemos mencionado anteriormente, obtiene consumos más elevados que para las razas baleares en verano.

En la semana 4 de vida, los pollos de esta estirpe ya lograron consumos que sobrepasaban el Kilogramo tanto en invierno como en primavera. A las 8 semanas, su consumo ya superaba los 2,5 Kg., para acabar siendo en la semana 12 del orden de 10 Kg. en invierno y de 9,29 Kg. en verano, valores que resultan enormemente superiores a los manifestados por las razas baleares.

Otro estudio realizado con 8 híbridos comerciales de pollos de engorde (Segura, 2003), cuantifica los consumos a las 7 semanas para grupos mixtos de machos y hembras indistintamente en 4680 g. si han sido albergados en instalaciones controladas, y de 4842 g. para los mantenidos en instalaciones abiertas.

Las dietas proporcionadas a las aves del experimento fueron de inicio hasta las 3 semanas con un 23% de PB y 3100 Kcal/Kg. de EM, luego se aplicó una de crecimiento durante 3 semanas más, con un 20% de PB y 3172 Kcal/Kg. de EM y por último, se suministró un pienso de finalización durante una semana, con el 19% de PB y 3200 Kcal/Kg. de EM.

Estos consumos, triplican los obtenidos por los gallos de las razas baleares en esa semana, aunque debemos tener en cuenta que los piensos suministrados a éstas también fueron menos energéticos, pues ya hemos venido diciendo que los valores de EM estaban en torno a los 2850-2900 Kcal/Kg.

En cuanto al consumo individual diario, se aprecia una tónica similar a la del consumo individual acumulado, cosa que en cierta manera cabría esperar, al ser un parámetro que se calcula a partir del anterior.

Así, de la misma manera que anteriormente, **la raza Mallorquina ha experimentado un menor consumo** ya desde el inicio. En cuanto a las razas Ibicenca y Menorca, sus consumos vuelven a mostrarse bastante parejos en las primeras semanas, a pesar de que el de la Menorca ha sido levemente superior al de la Ibicenca hasta la semana 5.

A partir de este momento, el consumo de esta raza va aumentando de forma más marcada y va diferenciándose progresivamente a medida que transcurren las semanas, hasta que al final, en la semana 20, el de la raza Ibicenca ha acabado siendo de alrededor de 181 g., 28 g. por encima del de la Menorca y aproximadamente 53 g. mayor al de la Mallorquina.

Si cotejamos estos valores con los existentes en la bibliografía para otras razas españolas, la raza Sobrarbe (Cajal, 2009) registra valores que a los 129 días (18,4 semanas) están en torno a los 100 g. en su variedad Trigueña, que en dicha semana obtiene 94,19 g. y en las dos semanas anteriores, 110,80 y 102,08 g.

Su variedad Negra sobrepasa las cifras de 100 g. y registra el máximo consumo a los 115 días con un valor de 123 g.

En la semana 18 los consumos de las razas Ibicenca y Menorca han sido notablemente superiores a los registrados por la raza Sobrarbe, siendo del orden de 166 y 135 g. respectivamente.

Es la raza Mallorquina la que con valores de 116 g. ha presentado unos consumos más semejantes y cercanos a la raza Sobrarbe.

En la tabla 3.19. se muestra el consumo individual acumulado (g.) en cada semana en las pollitas de las tres razas baleares para cada uno de los tres lotes y su promedio, en las primeras 20 semanas de vida.

Tabla 3.19. Consumo individual acumulado en g. en las pollitas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) hasta la semana 20 de vida.

SEMANA	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
1	45,61	52,83	38,38	45,61	43,23	49,30	37,17	43,23	50,33	57,14	43,51	50,33
2	161,39	170,78	153,23	161,80	161,46	159,15	125,92	148,85	126,39	173,08	151,06	150,18
3	330,73	310,52	358,84	333,36	332,20	305,14	296,45	311,26	323,66	321,99	374,50	340,05
4	541,02	496,05	600,03	545,70	511,14	474,84	476,18	487,39	564,76	555,81	598,97	573,18
5	797,32	800,81	875,02	824,38	704,89	723,69	688,10	705,56	811,19	875,81	827,72	838,24
6	1075,44	1159,43	1156,93	1130,60	945,92	1037,54	910,79	964,75	1089,45	1233,71	1083,40	1135,52
7	1391,07	1563,63	1510,78	1488,49	1204,89	1402,62	1164,96	1257,49	1400,99	1632,19	1356,32	1463,17
8	1732,74	2043,15	1886,70	1887,53	1499,77	1881,19	1471,21	1617,39	1714,42	2074,13	1675,07	1821,21
9	2082,74	2555,34	2316,33	2318,14	1820,28	2363,33	1794,12	1992,58	2090,42	2525,74	2056,32	2224,16
10	2463,29	3073,86	2770,04	2769,06	2197,20	2863,33	2139,96	2400,16	2484,17	3027,38	2441,73	2651,10
11	2906,15	3598,25	3223,99	3242,80	2575,58	3374,05	2496,21	2815,28	2915,21	3550,71	2833,04	3099,65
12	3403,21	4135,75	3723,99	3754,32	2981,29	3884,76	2871,21	3245,75	3397,96	4089,70	3235,12	3574,26
13	3932,62	4738,25	4266,54	4312,47	3412,06	4402,62	3254,54	3689,74	3939,34	4658,66	3665,12	4087,71
14	4544,38	5381,29	4893,91	4939,86	3860,63	4971,25	3652,27	4161,38	4508,31	5227,63	4135,96	4623,96
15	5164,97	6031,99	5549,23	5582,06	4322,17	5545,32	4058,52	4642,00	5087,26	5834,52	4640,40	5187,39
16	5812,03	6706,35	6215,19	6244,52	4793,60	6164,55	4467,61	5141,92	5680,59	6496,59	5151,27	5776,15
17	6468,75	7398,66	6881,15	6916,18	5322,17	6814,55	5033,52	5723,41	6329,71	7218,02	5699,19	6415,64
18	7211,17	8115,99	7629,61	7652,26	5879,32	7606,55	5622,09	6369,32	7036,86	8021,73	6272,52	7110,37
19	7959,66	8886,83	8442,38	8429,62	6467,89	8410,57	6210,72	7029,73	7794,00	8839,33	7012,52	7881,95
20	8777,84	9657,67	9265,78	9233,76	7073,60	9214,59	6810,72	7699,64	8579,71	9656,93	7769,65	8668,76

En este caso, **el consumo individual acumulado ha presentado un comportamiento semejante al de los gallos.**

Desde el inicio, las pollitas de la raza Mallorquina también han manifestado un menor consumo y en las primeras semanas de vida, las razas Menorca e Ibicenca también han registrado consumos semejantes, siendo esta vez el de la Menorca sutilmente mayor únicamente hasta la semana 5, momento en que la Ibicenca ha empezado a destacar, manteniéndose así hasta el final del control.

En la semana 20, por tanto, las pollitas de raza Ibicenca han logrado un consumo de pienso del orden de 9234 g., 565 g. más que las de raza Menorca, cuyo consumo ha sido de unos 8669 g., y alrededor de 1534 g. menos que las de raza Mallorquina, cuyo consumo final ha sido del orden de 7700 g.

De la misma manera que para los gallos, el estudio anteriormente mencionado realizado en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), también aporta valores de consumo para las gallinas. La dieta suministrada hasta las 4 semanas contenía un 22,99% de PB y 3010 Kcal/Kg. de EM. A continuación y hasta el inicio de puesta, el pienso contenía un 15,92% de PB y 2800 Kcal/Kg. de EM. Y durante la fase de puesta, del 15,90% de PB y de 2775 Kcal/Kg. de EM.

Si comparamos esta alimentación con la suministrada a las gallinas baleares, la de este experimento tiene valores de PB superiores en la dieta proporcionada hasta las 4 semanas y ligeramente inferiores en dietas del inicio de puesta y durante la puesta. No obstante, se considera que la mencionada diferencia entre dietas no supone obstáculo para poder realizar algunas comparaciones entre las gallinas baleares y la del Sobrarbe.

A los 136 días (19,42 semanas) las variedades Negra y Trigueña, registraron consumos individuales acumulados de 7872 g. y 7597 g., valores que resultan similares a los obtenidos por la raza Menorca en la semana 19, que lo ha tenido de 7882 g.

El consumo de la raza Mallorquina ya ha distado un poco más de estos valores, aunque sin bajar de 7000 g., mientras que el de la raza Ibicenca ha estado ya por encima, siendo éste de 8430 g.

Con respecto a las razas autóctonas catalanas, existe un estudio realizado con líneas madre tradicionales de Penedesenca Negra y Empordanesa Roja y líneas padre mejoradas de Penedesenca Negra, Empordanesa Roja y Prat Leonada en el que se exponen valores de consumo acumulado a las 4, 8 y 20 semanas (Andreu,2004).

En este estudio se suministró a las gallinas del experimento un pienso de cría hasta la semana 8 de vida con un 18% de PB y 2827 Kcal/Kg. de EM. Posteriormente y hasta la semana 20, un pienso de recría, con un 14,73% de PB y 2681 Kcal/Kg. de EM. Finalmente, a partir de la semana 20 el pienso contenía un 16,36% de PB y 2776 Kcal/Kg de EM.

A pesar de que la dieta que recibieron estas aves en todas las fases de su cría, fue levemente menos proteica que la que recibieron las gallinas baleares, esta diferencia no invalida la posibilidad de establecer comparaciones entre los consumos de las razas baleares y las catalanas, como hemos venido haciendo anteriormente con otras razas.

Para las líneas madres tradicionales, los consumos en la semana 8, ya superan los 2000 g. en las tres razas catalanas, valores que distan considerablemente de los consumos de las razas baleares en esa semana, que rondan en torno a los 1600-1900 g.

No obstante, estas diferencias entre razas baleares y las líneas tradicionales catalanas no son tan elevadas en la semana 20, pues los consumos son de 9001 y 8690 g. para la Penedesenca Negra y Prat Leonada respectivamente y de 8950 g. para la Empordanesa Roja, valores que resultan próximos a los 9234 g. de la Ibicenca y a los 8669 de la Menorca para esa misma semana.

En cuanto a las líneas padre, éstas tienen valores más elevados, y en la semana 4, los consumos de estas 5 líneas rondan los 1000 g., los cuales suponen aproximadamente el doble de los registrados por las tres razas de gallinas baleares, que han sido de 487 g. para la Mallorquina y de 546 y 573 g. respectivamente para las razas Ibicenca y Menorca.

En la semana 8, en las líneas padre mejoradas de Penedeseca Negra y Empordanesa Roja los consumos ya sobrepasan incluso los 3000 g., doblando casi en algunos casos los valores obtenidos por las razas baleares en esa misma semana.

Por último, en la semana 20, las dos líneas mejoradas de Penedesenca Negra y Empordanesa Roja, sí registran consumos sensiblemente superiores a los de las razas baleares, que sobrepasan los 14500 g.

Si finalmente comparamos los resultados del consumo acumulado de las gallinas baleares con los obtenidos en algunos estudios realizados con estirpes comerciales, en un trabajo realizado con gallinas Leghorn (Austic and Nesheim, 1990), se registraron consumos de 2560 y 6040 g. a las 8 y 20 semanas de vida respectivamente.

Dicho consumo a las 8 semanas resulta notablemente superior al experimentado por cualquiera de las tres razas baleares a esa semana. Puesto que el de la Ibicenca, que ha sido el mayor no alcanza tan siquiera los 2000 g, quedándose éste en 1888 g.

En cambio, el consumo de estas líneas en la semana 20, como vemos, es mucho menor que el obtenido para las tres razas baleares que han tenido resultados que han superado los 7000 g., obteniéndose así consumos de alrededor de 7700 g. para la Mallorquina, y de 8669 y 9234 g. para la Ibicenca y Menorca respectivamente.

En la tabla 3.20. se presenta el consumo individual diario (g.) en cada semana en las pollitas de las tres razas baleares para cada uno de los tres lotes y su promedio, en las primeras 20 semanas de vida.

Tabla 3.20. Consumo individual diario en cada semana en g. en las pollitas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME), en los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P), hasta la semana 20 de vida.

SEMANA	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
1	6,52	7,55	5,48	6,52	6,18	7,04	5,31	6,18	7,19	8,16	6,22	7,19
2	16,55	16,85	16,41	16,60	16,89	15,69	12,68	15,09	10,87	16,56	15,36	14,26
3	24,19	19,96	29,37	24,51	24,39	20,86	24,36	23,20	28,18	21,27	31,92	27,12
4	30,04	26,50	34,46	30,33	25,56	24,24	25,68	25,16	34,44	33,40	32,07	33,30
5	36,61	43,54	39,28	39,81	27,68	35,55	30,28	31,17	35,20	45,71	32,68	37,87
6	39,73	51,23	40,27	43,75	34,43	44,84	31,81	37,03	39,75	51,13	36,53	42,47
7	45,09	57,74	50,55	51,13	37,00	52,15	36,31	41,82	44,51	56,93	38,99	46,81
8	48,81	68,50	53,70	57,01	42,12	68,37	43,75	51,41	44,78	63,13	45,54	51,15
9	50,00	73,17	61,38	61,52	45,79	68,88	46,13	53,60	53,71	64,52	54,46	57,56
10	54,37	74,07	64,81	64,42	53,85	71,43	49,40	58,23	56,25	71,66	55,06	60,99
11	63,27	74,91	64,85	67,68	54,05	72,96	50,89	59,30	61,58	74,76	55,90	64,08
12	71,01	76,79	71,43	73,07	57,96	72,96	53,57	61,50	68,97	77,00	57,44	67,80
13	75,63	86,07	77,51	79,74	61,54	73,98	54,76	63,43	77,34	81,28	61,43	73,35
14	87,39	91,86	89,62	89,63	64,08	81,23	56,82	67,38	81,28	81,28	67,26	76,61
15	88,66	92,96	93,62	91,74	65,93	82,01	58,04	68,66	82,71	86,70	72,06	80,49
16	92,44	96,34	95,14	94,64	67,35	88,46	58,44	71,42	84,76	94,58	72,98	84,11
17	93,82	98,90	95,14	95,95	75,51	92,86	80,84	83,07	92,73	103,06	78,27	91,36
18	106,06	102,48	106,92	105,15	79,59	113,14	84,08	92,27	101,02	114,81	81,90	99,25
19	106,93	110,12	116,11	111,05	84,08	114,86	84,09	94,34	108,16	116,8	105,71	110,23
20	116,88	110,12	117,63	114,88	86,53	114,86	85,71	95,70	112,24	116,80	108,16	112,40

Tal como se puede apreciar a través de esta tabla, **las pollitas de raza Mallorquina han vuelto a ser las que han presentado un consumo menor desde el comienzo del estudio.**

Las razas Menorca e Ibicenca han manifestado un consumo más parejo desde el inicio del control, aunque hasta la semana 5, de la misma forma que para el consumo individual acumulado, la raza Menorca lo tenía ligeramente superior.

A pesar de que han habido semanas donde las diferencias entre los consumos de ambas razas han sido más apreciables que en otras, esta paridad se ha traducido en que en la semana 20, la Ibicenca solamente ha mostrado un consumo de alrededor de 2,5 g. superior a la Menorca. Además, ambas razas han superado los 110 g. de consumo, a diferencia de la Mallorquina que no ha alcanzado esa cifra, situándose en alrededor de los 96 g.

Si comparamos este consumo individual con otras razas españolas, para las gallinas de raza Sobrarbe (Cajal, 2009), las variedades Negra y Trigueña experimentan consumos de 89,45 y 79,28 g. respectivamente a las 19,4 semanas.

Estos resultan menores a los de las baleares a las 19 semanas de vida, que han sido del orden de 110 y 111 g. para las razas Menorca e Ibicenca y de 94 g. para la Mallorquina.

Si bien el valor obtenido por la variedad Negra representa el más alto de todo el control a esas 19,4 semanas, la Trigueña experimenta el mayor consumo a las 16,4 semanas, siendo éste de 84,88 g.

Con todos estos datos, podemos decir que el consumo individual o consumo medio diario de las gallinas de raza Mallorquina es el que ha presentado los valores más similares al de la raza Sobrarbe, de la misma forma que sucedía para los gallos.

3.3.1.4. ÍNDICES DE CONVERSIÓN.

En la tabla 3.21. se exponen los índices de conversión obtenidos en los pollos de los tres lotes de las tres razas baleares y el índice de conversión promedio durante las 20 primeras semanas de vida.

Entiéndase por índice de conversión (IC a partir de ahora) una medida productiva que indica la cantidad de pienso necesaria para conseguir 1 Kg. de peso vivo.

Nótese también que este dato sólo se ha calculado para los pollos, pues esta medida es útil únicamente para referirse a la producción de carne a la cual están destinados en un principio sólo los machos.

Debemos mencionar que a pesar de que en la tabla 3.21. se exponen los IC semana a semana con el objetivo de poder mostrar su evolución y realizar así comparaciones con

otras razas españolas, se pretende enfatizar los IC conseguidos a las semanas 16 y 20 de vida, momento en el cuál los pollos de la raza Ibicenca y Menorca respectivamente consiguieron aproximadamente los 2,1 Kg. de peso vivo, el cual se ha estipulado como mínimo comercial, considerando la media de las observaciones.

Tabla 3.21. Índices de conversión (IC) de los pollos de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en cada uno de los tres lotes (1, 2 y 3) y el IC promedio (P) hasta las 20 semanas de vida.

SEMANA	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
1	0,79	0,84	0,65	0,76	0,87	1,09	0,71	0,89	0,83	1,00	0,74	0,86
2	1,65	1,76	1,30	1,57	1,71	2,26	1,32	1,76	1,59	1,97	1,37	1,64
3	2,08	1,74	1,67	1,83	3,13	2,30	1,78	2,40	2,27	2,09	2,18	2,18
4	2,13	1,74	1,96	1,95	2,87	2,57	1,96	2,46	2,52	2,48	2,58	2,53
5	2,17	2,19	2,09	2,15	2,87	3,13	2,27	2,76	2,75	3,05	2,63	2,81
6	2,18	2,50	2,04	2,24	2,98	3,59	2,49	3,02	2,76	3,29	2,73	2,93
7	2,08	2,69	2,06	2,28	3,18	3,82	2,72	3,24	2,81	3,46	2,66	2,98
8	2,00	2,95	2,18	2,38	3,02	4,03	2,96	3,34	2,61	3,49	2,95	3,02
9	2,31	3,32	2,38	2,67	3,25	4,17	3,20	3,54	2,79	3,64	3,04	3,15
10	2,58	3,47	2,45	2,83	3,20	4,16	3,22	3,53	3,03	3,57	3,09	3,23
11	2,69	3,50	2,67	2,95	3,28	4,05	3,41	3,58	2,93	3,53	3,22	3,22
12	2,92	3,56	2,84	3,11	3,42	4,13	3,45	3,67	3,04	3,47	3,24	3,25
13	3,06	3,67	3,01	3,25	3,60	4,25	3,69	3,85	3,19	3,62	3,56	3,46
14	3,28	4,00	3,37	3,55	3,80	4,43	3,92	4,05	3,46	3,92	3,76	3,71
15	3,42	4,17	3,71	3,77	3,86	4,63	4,14	4,21	3,57	4,20	3,96	3,91
16	3,60	4,39	4,18	4,06	3,99	4,86	4,46	4,44	3,68	4,45	4,39	4,17
17	3,84	4,59	4,34	4,26	4,18	4,88	4,76	4,61	3,94	4,70	4,72	4,45
18	4,11	4,75	4,72	4,53	4,33	5,27	4,94	4,85	4,18	4,82	4,89	4,63
19	4,39	5,09	4,84	4,77	4,59	5,67	5,24	5,16	4,38	5,30	5,09	4,92
20	4,66	5,41	5,18	5,09	4,79	6,06	5,47	5,44	4,63	5,68	5,45	5,25

En la raza Menorca, los estudios previos existentes (Villalba et al., 2007), reflejaron los mismos resultados, llegando en ese caso también a ese peso establecido de 2,1 Kg. a la edad de 20 semanas.

De esta tabla 3.21. se puede extraer que **la raza Ibicenca**, aún consumiendo una mayor cantidad de pienso total, como se aprecia en la tabla 19, ha mostrado un menor IC y por tanto, mejor. De todo ello se puede deducir que, no sólo **ha resultado ser la que está capacitada para dar más carne**, sino que es la que **ha conseguido el peso mínimo comercial con menor consumo de pienso por Kg.**

Podemos concluir que **el IC de 4,06** que **la raza Ibicenca** muestra **a las 16 semanas con un peso de 2,1 Kg.**, puede considerarse realmente **un buen valor para este tipo de razas autóctonas**, poniendo estos datos de manifiesto, **la potencial aptitud cárnica de la gallina Ibicenca**.

En esta semana 16, las otras dos razas baleares aún no habían alcanzado ese peso mínimo comercial y sus IC, tal como se puede observar en la tabla, ya eran algo más elevados.

En la semana 20, semana en la que los gallos de raza Menorca alcanzan los 2,1 Kg. de peso vivo con un IC de 5,25, los de la raza Ibicenca ya tenían un peso medio de 2,580 Kg., en torno a 500 g. superior al de la Menorca, y su IC era prácticamente 5. En esa semana, la raza Mallorquina no había conseguido llegar todavía a ese peso comercial mínimo, registrando un valor medio de 1,8 Kg. con un IC de 5,44.

A partir de la tabla 3.24. también se puede percibir como ya desde el inicio del experimento, **la raza Ibicenca ha presentado siempre un IC menor**. Además, se puede observar como la raza Mallorquina ha mostrado un mejor IC que la Menorca en el periodo comprendido entre las semanas 4 y 5, mientras que a partir de la semana 6, la Menorca ha comenzado a presentarlo ya más bajo que ésta y así se ha mantenido hasta la semana 20.

Podemos comparar los valores de IC obtenidos por las razas baleares en este estudio con los existentes en la bibliografía para otras razas españolas, teniendo en cuenta, de la misma forma que en el apartado de consumo, las dietas suministradas en cada trabajo para establecer la viabilidad de dichas comparaciones.

En primer lugar, consideramos los IC presentados por la raza Castellana Negra (Miguel, 2003). Debemos tener en cuenta que la dieta suministrada a las aves de este experimento tuvo unos contenidos proteicos y energéticos en general algo superiores a las que recibieron los pollos de las razas baleares, puesto que a los pollos de raza Castellana se les suministró desde el nacimiento y durante toda su vida productiva, un pienso con un contenido de PB del 19% y de 2900 Kcal/Kg. de EM.

Los gallos de la raza Castellana Negra lograron los 2,1 Kg. de peso a las 19 semanas de vida, de la misma forma que lo hicieron los de la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), de la cual sí se comentó en un apartado previo antes la similitud de dietas, 3 semanas más tarde que en la Ibicenca.

La raza Menorca es la que ha mostrado un comportamiento más parecido a estas dos razas, alcanzando los 2,1 Kg. de peso tan sólo una semana más tarde que éstas. Debemos decir que también es la raza que más se asemeja en tipo y peso adulto a las razas Castellana Negra y Sobrarbe.

En ese mismo estudio, la gallina de raza Sobrarbe presentó IC de 4,37 y 4,94 para las variedades Trigueña y Negra respectivamente, siendo éste notablemente menor al de la raza Menorca al llegar a ese mismo peso.

Para la Castellana Negra también se calculó en otro estudio (Gómara, 1999) el IC a las 12 y 14 semanas de vida. En este caso, la dieta proporcionada a las aves objeto de estudio fue de un pienso hasta las 6 semanas con contenidos de PB y EM superiores al estudio citado anteriormente realizado más recientemente con esta misma raza por Miguel et al. (2003). Se suministró un pienso de 1ª edad con un 23,5% de PB y 3100 Kcal/Kg. de EM y uno de segunda edad que contenía un 20,07% de PB y 3200 Kcal/Kg. de EM.

Estos piensos resultan más proteicos y calóricos que los suministrados a las gallinas baleares del presente trabajo, por lo que una vez más, hay que tener en cuenta estas diferencias a la hora de interpretar las comparaciones que aquí se realizan.

En el mencionado estudio de Gómara, los IC se situaron alrededor de 4,3 y 4,7, alcanzando los gallos un peso vivo de 1,1 y 1,3 Kg. respectivamente a esas 12 y 14 semanas.

En este mismo trabajo también se proporciona el IC para el cruce entre Castellana Negra y Penedesenca Mejorada (Caspén), que es bastante menor, de 3,6 y 4 en esas mismas semanas.

Considerando las salvedades que implican las diferencias de dieta entre ambos estudios, en las razas baleares, teniendo en cuenta que ninguna de ellas había llegado tampoco al peso comercial mínimo en la semana 12, las tres han mostrado IC menores a los de la Castellana, y salvo la Mallorquina, también menores a los obtenidos por el cruce Caspén,

siendo estos de 3,11 para la Ibicenca, 3,25 para la Menorca y 3,67 para la Mallorquina para esa misma semana.

Como se puede apreciar en la tabla, a las 14 semanas los gallos de las razas Ibicenca y Menorca, han obtenido también un menor IC que la Castellana y su cruce, 3,55 y 3,71 respectivamente, mientras que la Mallorquina, ha manifestado un menor IC que la Castellana, 4,05, siendo éste aproximadamente el mismo que el conseguido por el cruce Caspen.

Si consideramos los tipos tradicionales de las razas autóctonas catalanas en el momento de adquirir su peso mínimo comercial (Francesch, 2000), se registraron IC similares a los descritos anteriormente para la raza Sobrarde, siendo estos de 4,3 en la Penedesenca Negra, 4,9 en la Prat Leonada y 4,5 en la Empordanesa Roja, valores que resultan superiores al conseguido por la raza Ibicenca pero inferiores a las otras dos razas baleares.

Existe otro estudio posterior (Escoda, 2004), realizado además de con las variedades tradicionales, con las variedades mejoradas de estas razas (Francesch, 2002).

En este estudio, la alimentación suministrada fue de un pienso hasta la 6ª semana con un 22,52% de PB y 3181 Kcal/Kg. de EM, y desde esta semana hasta el sacrificio, las aves recibieron un pienso de 2ª edad con un 18,17% de PB y 3292 kcal/Kg. de EM.

Estos valores nutricionales, se tienen que tener en cuenta, pues son sensiblemente mayores a los de las dietas suministradas a las razas baleares, y por tanto, las comparaciones que se han realizado no pueden tomarse de una forma exacta, sino de modo orientativo.

Dicho esto, en este trabajo se establece que los tipos tradicionales de las razas Penedesenca y Empordanesa consiguen el peso mínimo comercial de 2,1 Kg. a las 18 semanas de vida, y por tanto, dos semanas más tarde que la raza Ibicenca, mientras que la Prat lo hace algo después, concretamente en la semana 20, coincidiendo con la raza Menorca.

Los tipos mejorados de estas mismas razas, denominados semipesados y pesados, como resulta esperable, consiguen ese peso comercial antes, siendo éste de 12 semanas para los semipesados de las razas Penedesenca y Empordanesa, y de 14 semanas para los

semipesados de la Prat. Los tipos pesados de las razas Penedesenca y Empordanesa llegan al peso vivo de sacrificio ya a las 10 semanas de vida.

En dicho estudio se obtuvieron unos IC para los tipos tradicionales de Penedesenca y Empordanesa de 5,50 y 5,49 respectivamente. El tipo tradicional de Prat lo tuvo de 6,17.

Estos valores quedan muy por encima de los que se han registrado para la raza Ibicenca, y aunque las diferencias se atenúan, aún siguen siendo mayores que los obtenidos para la raza Menorca en el momento de conseguir su peso mínimo comercial de sacrificio, que ha sido de 5,25.

Para los tipos semipesados de la Penedesenca, Empordanesa y Prat en el mencionado estudio se llevaron a cabo dos ensayos y los IC fueron de 3,26 y 3,59 para la Penedesenca, de 3,15 y 2,62 para la Empordanesa y de 3,82 y 4,40 para la Prat.

Aunque con la salvedad de que la Prat semipesada consigue el peso comercial dos semanas antes que la Ibicenca, sería esta última la única de las razas baleares que resultaría comparable a alguna de las catalanas, puesto que sus IC son del mismo orden.

Los IC logrados por las otras dos razas baleares se alejan en gran medida de los que presentan los tipos semipesados de las razas autóctonas catalanas. Y si comparamos los valores hallados en las razas baleares con los tipos pesados de las razas catalanas, las diferencias se acrecientan enormemente, pues los IC fueron de 2,86 y de 2,62 para la Penedesenca y Empordanesa respectivamente.

En la raza Extremeña el IC observado en pollos sacrificados a los 81-82 días, en torno a las 11,57 semanas, fue de 3,06 (Muriel, 2004).

A falta de saber si a esa edad, los pollos de esa raza habrían alcanzado el peso mínimo comercial, los IC de las razas baleares que en esa semana 11 aún no lo habían hecho, han sido de 2,95 para la raza Ibicenca, 3,22 para la Menorca y 3,58 para la Mallorquina. Anteriormente ya se ha expuesto que las dietas suministradas contenían valores de PB y EM aproximados a los de las baleares.

También existen trabajos realizados en la raza Mos. En el estudio llevado a cabo por Rivero et al. (2007), la dieta suministrada a los animales tenía unas cantidades proteicas y energéticas levemente más elevadas a las de las razas baleares, siendo de 20% de PB

y 3000 kcal/Kg. de EM hasta las 4 primeras semanas de vida y hasta la semana 20, del 18% de PB y 2900 Kcal/Kg. de EM.

Estas apreciaciones relativas a los valores nutricionales no nos eximen de poder realizar comparaciones, y decir que la raza Mos, siendo del mismo tipo que la Ibicenca, parece ser más precoz que ésta, ya que alcanza el peso mínimo comercial a las 13 semanas, y con un mejor IC, de 3,5.

También aparece en este trabajo su IC a las 18 semanas para el cual obtuvo un valor de 4,16, llegando los pollos en ese momento a los 3 Kg. de peso vivo. En esa misma semana, la raza Ibicenca ha presentado un IC de 4,53 y un peso medio de 2,34 Kg.

Otro estudio posterior realizado en gallos de esta misma raza (Rois et al. 2011), del que ya mencionamos anteriormente en el apartado de consumo que las aves de control habían recibido dietas con valores nutricionales semejantes a nuestro estudio, cita una llegada ligeramente más pronta de estos al peso comercial, siendo ésta a las 12,42 semanas con un IC de 3,44 en primavera, y a las 12,71 semanas y con un IC de 3,84 en invierno.

La raza Mallorquina sin embargo no llega a alcanzar el peso vivo comercial de 2,1 Kg. hasta la semana 26, caso que resulta similar al de la raza Chulilla donde éste se obtuvo incluso más tarde, a las 28 semanas (Grimal y Gómez, 2007a).

La información que podría proporcionarnos los valores de los IC de estas dos razas no sería muy relevante, tratándose ésta de una medida productiva y comprobando que la evolución de crecimiento manifiesta una llegada tan tardía al peso mínimo comercial que las evidencia, en principio, como no aptas para la producción de carne.

Si comparamos ahora los resultados obtenidos en las razas baleares con los IC que se dan en las estirpes comerciales usadas en la producción industrial, las diferencias se derivan abismales, lo cual resulta lógico, puesto que las razas tipo broilers llevan un largo periodo de tiempo seleccionándose por su crecimiento adquiriendo el peso mínimo al sacrificio a una edad que ronda los 42-48 días con IC comprendidos entre 1,9 y 2,1 (Castelló, 1994; García Martín, 1998).

En la transición a una producción más alternativa podríamos situar al campero intensivo, cuyo peso vivo comercial ronda los 2,0-2,5 Kg. pero sacrificándose ya a los 56 días y con IC de 2,3-2,6 según García Martín (1998).

Castelló (1994) hace referencia al pollo campero, diferenciando dos tipos, bien intensivo o semi-intensivo, cuyo peso ronda los 2,5-3 Kg. con una edad de sacrificio, comprendida entre los 55 y los 65 días, obteniéndose un IC entre 2,4 y 2,7.

Si hacemos referencia a los IC que se obtienen en las producciones alternativas, los valores se incrementan progresivamente de forma que se hacen más equiparables a los conseguidos por las razas baleares.

En primer lugar, consideraremos el campero extensivo, cuyo peso vivo comercial se sitúa entre los 2 y los 2,5 Kg., siendo sacrificado a una edad ya más avanzada, entre los 80 y los 100 días, con IC comprendidos entre los 3,0-3,5 (García Martín, 1998).

Además existen dentro de estas producciones los pollos tipo *Label*, de entre los cuales, hay diferentes modalidades productivas. Estaría primeramente el *tradicional* que es intensivo o semi-intensivo, y se suele sacrificar entre los 75 y 85 días con un peso de 2,0-2,6 Kg. y un IC que oscila entre 2,7 y 3, y el denominado *libertad*, que se cría en extensivo, tarda más tiempo en llegar al mismo peso comercial, esto es entre 85 y 95 días, y tiene un IC ya superior, situado entre 3,3 y 3,6 (Castelló, 1994).

A pesar de que estos valores de IC conseguidos en este tipo de producciones se alejan también de los logrados por las tres razas baleares, la última opción, la del tipo *Label Libertad*, podría resultar una línea de mejora productiva interesante a seguir por la raza Ibicenca, la cual como ya hemos reflejado anteriormente, ha logrado un IC de alrededor de 4 a los 112 días.

De todo lo expuesto anteriormente, podemos concluir que de las tres razas baleares, **la única que experimenta un comportamiento en cuanto a crecimiento** que manifiesta de forma plausible **una potencial aptitud cárnica, ha sido la raza Ibicenca** que podría encaminarse a una producción alternativa de tipo extensivo tras un adecuado programa de mejora productiva.

Las otras dos razas baleares, en principio ya de por sí son más ligeras, y aunque son igualmente aptas para el autoconsumo, no han mostrado una tónica de crecimiento idé-

nea que haga pensar en su aprovechamiento comercial para una producción local de carne. Si bien, la raza Menorca parecería más indicada para hacerlo que la raza Mallorquina.

3.3.2. PUESTA.

De los datos recogidos en esta fase, se van a hacer referencia a los parámetros de puesta relativos al inicio de puesta, porcentaje de puesta, número de huevos acumulado por gallina y el peso medio de estos.

Además también se expondrán el consumo de pienso durante esta fase y los IC en puesta, es decir por docena de huevos.

3.3.2.1. PARÁMETROS DE PUESTA.

En lo que respecta a este subapartado, se van a tratar los inicios de puesta de cada raza y lote, además del porcentaje de puesta, número de huevos acumulado y peso del huevo, estableciendo comparaciones entre las tres razas baleares y también respecto de otras razas españolas o estirpes comerciales.

Este último parámetro ha sido además, el único que se ha podido someter a un análisis estadístico, en el cual profundizaremos en un apartado específico más adelante.

3.3.2.1.1. Inicio de puesta.

En lo que respecta al inicio de la puesta, en este estudio las gallinas no se alojaron en baterías, con lo cual no se controló el inicio de puesta para cada una de ellas.

Por ello aquí se hace referencia al **inicio de puesta de la manada**, y no a la precocidad sexual, entendida esta última como el promedio de la edad a la que inicia la puesta cada una de las gallinas que se controlan en el estudio.

En la tabla 3.22. se expone el inicio de puesta de la manada para cada una de las tres razas baleares en cada uno de los tres lotes.

En primer lugar para la raza Ibicenca, el lote 1 ha iniciado la puesta a las 24 semanas, el 2 a las 25 semanas y el 3 a las 26 semanas. Por tanto, este estudio consideraría un **inicio**

de puesta promedio de la manada para la raza **Ibicenca** de **25 semanas**, siendo la más precoz de las tres.

Aunque no se sitúa muy distante de la edad que se ha recogido para la raza **Mallorquina**, cuyo inicio de puesta de la manada ha sido a las 25 semanas en los lotes 1 y 2, y a las 26, en el lote 3. Por tanto, el **inicio de puesta promedio de la manada** para esta raza se ha situado en las **25,3 semanas**.

En el caso de la raza **Menorca**, los resultados hallados en cada lote parecen haber sido algo más dispares, pues para el lote 1 el inicio de puesta de la manada ha sido a las 29 semanas, en el 2 a las 25, mientras que en el 3 este inicio se ha situado a las 27 semanas. Ello coloca al **inicio de puesta promedio de la manada** para esta raza a las **27 semanas**, la más tardía de la tres.

Este inicio es exactamente el mismo que indicó Cubiló et al. (2006), pero supone un inicio de puesta de la manada de una semana más tarde que el reflejado en el estudio realizado por Villalba et al. (2007), que fue a las 26 semanas.

Si comparamos ahora con otras razas españolas, la gallina de raza Sobrarbe (Cajal, 2009) tiene un inicio de puesta de la manada más temprano, siendo éste de 20 semanas.

Lo mismo sucede en la raza Castellana, donde Orozco (1989b) citaba un inicio de su puesta promedio que se situaba entre las 20 y 24 semanas, y estudios posteriores realizados con tres generaciones de esta raza (Miguel, 2003), sitúan el inicio de puesta de la manada a las 22 semanas de vida en la 1ª generación y a las 24 y 23 semanas para la 2ª y 3ª generación respectivamente. Por tanto, el inicio promedio de puesta de la manada para esta raza en este experimento se situó a las 23 semanas.

Finalmente, un estudio de puesta realizado en una población ex situ de la gallina de Mos (Rivero et al., 2009), menciona un inicio de puesta de la manada aún más precoz para esta raza, siendo éste de 18 semanas.

En lo que se refiere a los estudios realizados con las gallinas autóctonas catalanas, a diferencia de los hasta ahora considerados, estos sí aportan valores más precisos de precocidad sexual, ya que aquí sí se ha controlado individualmente cada gallina, y por tanto, lo que se presentan son los inicios de puesta promedio de cada grupo.

Así, el realizado por Francesch (1997c), cita para las líneas madre tradicionales de Penedesenca, Empordanesa y Prat, una precocidad sexual de 22,6, 22,7 y 23,8 semanas respectivamente.

Resultados similares de precocidad sexual se ponen de manifiesto en otro estudio posterior del mismo autor, realizado con líneas madre tradicionales de Penedesenca y Empordanesa (Francesch, 2002), en el el inicio de puesta promedio era de 22,6 y 23,8 semanas para estas dos razas respectivamente.

Existe otro estudio realizado con las líneas padre y madre de Penedesenca Negra y Empordanesa Roja y la madre de Prat Leonada (Andreu, 2004), en el que se expone un inicio de puesta promedio alrededor de la semana 23, resultados muy similares a los que mostraban los estudios precedentes llevados a cabo en estas razas citados anteriormente.

Teniendo en cuenta que no se comparan exactamente los mismos valores, puede que no erremos demasiado si decimos que estos desvelan una mayor precocidad en el inicio de puesta de las razas catalanas con respecto a las gallinas baleares.

Si hacemos referencia a los inicios de puesta en ponedoras comerciales, y sin saber si se refieren al inicio de puesta promedio o al de la manada, se aprecian unos inicios abismalmente más precoces a los presentados en nuestras razas baleares.

Las diferentes estirpes de ponedoras selectas que ofrece el *Institute de Sélection Animale* (ISA) en Francia, de las cuales las más conocidas pudieran ser la ISA Brown e ISA White, tienen su inicio de puesta a las 18 semanas, según su página web en el momento de redactar dicho capítulo de puesta (<http://www.isapoultry.com/en/Products/ISA/ISA%20White.aspx>).

Para las ponedoras Lohmann Brown, de la casa comercial Lohmann en Reino Unido, se cita un valor de inicio de puesta más temprano aún, siendo éste de 16 semanas en el momento de consulta de dicha información (<http://www.lohmanngb.co.uk/files/Colony-Manual-LB-Lite-Mar-2011.pdf>, pág. 12).

Existen otras líneas selectas de ponedoras, como las del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Argentina. Así, existen las ponedoras Rubia INTA, provenientes

del cruzamiento de machos Rhode Island Colorada con hembras Rhode Island Blanca. Estudios realizados con éstas (Rafart, 2006), reseñan que conseguían tener ya una puesta del 10% a las 19 semanas de edad.

Otros trabajos también llevados a cabo con esta estirpe de gallinas ponedoras Rubia INTA (Revidatti et al., 2006; Terraes et al., 2006), citan un inicio de puesta mucho más precoz, a las 15 semanas de vida, suponiendo un claro adelantamiento con respecto al inicio de puesta que se menciona para aves del mismo tipo en otros estudios y que es de 20 semanas (Font et al., 1998; Bonino y Canet, 1999).

Si ahora hacemos referencia a estudios realizados también en gallinas camperas INTA (Pletsch et al., 2009), hembras cuyo padre es un híbrido simple proveniente del cruzamiento de las razas Cornish Colorada y Plymouth Rock Blanca y la madre es un cruce de las razas Rhode Island Colorada y Anac, en el que se estudiaron además los efectos de la restricción de la alimentación, las gallinas no restringidas iniciaban la puesta a las 23,8 semanas, tres semanas antes que las restringidas, que lo hicieron a las 26,5 semanas de vida.

De todo lo anteriormente expuesto podemos inferir que las diferentes estirpes de **gallinas ponedoras comerciales** tienen unos **inicios de puesta** que se encuentran habitualmente entre las **16 y 18 semanas**.

Además, también podemos extraer que parece ser que las **gallinas tipo campero inician la puesta de forma más tardía que las ponedoras selectas**, y en este caso, son **las camperas a las que se les restringe el alimento las únicas que muestran unos inicios de puesta que podrían equipararse a los de las razas baleares**, a falta de profundizar en si esto pudiera deberse más bien a aspectos genéticos o metodológicos.

3.3.2.1.2. Porcentaje de puesta y número de huevos acumulado.

En la tabla 3.22. se muestra el porcentaje de puesta obtenido en cada lote y su promedio en las tres razas de gallinas baleares.

En ella podemos apreciar como **la raza Ibicenca ha resultado ser la que ha conseguido los niveles más elevados de puesta, seguida de la Menorca y por último, de la Mallorca.**

Ya en la semana 31, la gallina Ibicenca destacaba con más de un 25% de puesta, mientras que la Menorca y Mallorquina tenían valores menores situados en torno al 20%, siendo estos concretamente de 22,40% y 19,62%, para las razas Menorca y Mallorquina respectivamente.

Estos porcentajes han ido aumentando progresivamente cada semana hasta llegar al pico de puesta, también promediado para los tres lotes, y que en las razas Ibicenca y Menorca se ha hallado a la semana 39 con un porcentaje de puesta del 63,75% y el 58,18% respectivamente.

Estudios previos realizados en la raza Menorca (Villalba et al, 2007), coinciden en situar el pico de puesta entre las semanas 38 y 40, pero con un valor más elevado de ésta, que sobrepasa en este caso el 70%.

En cambio, **para la raza Mallorquina dicho pico de puesta se ha logrado un poco más tarde, en la semana 41 y ha sido notablemente menor a las otras dos razas baleares, pues ha obtenido un porcentaje del 35,14.**



Foto 3.7. Gallos de la raza Ibicenca variedad *Negra Barrada* en las instalaciones de ca na Rafala.

Tabla 3.22. Porcentaje de puesta en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en cada lote (1, 2 y 3) y su promedio.

SEM	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
24	0,10			0,10								
25	0,17	1,56		0,87	0,13	2,17		1,15	3,59			3,59
26	0,24	2,58	5,78	2,86	0,16	3,73	2,27	2,05	8,70			8,70
27	0,28	0,53	14,89	5,23	0,19	4,97	10,39	5,18	8,70	2,96		5,83
28	0,31	2,65	39,51	14,16	10,71	2,48	27,60	13,60	8,07	9,52		8,80
29	8,37	6,35	51,73	22,15	11,61	3,11	42,14	18,95	4,17	13,66	13,85	10,56
30	22,43	5,82	54,66	27,64	18,67	10,56	44,52	24,58	7,19	20,50	25,32	17,67
31	7,17	19,72	49,69	25,53	10,48	11,18	37,21	19,62	14,67	16,15	36,36	22,40
32	5,98	33,71	47,20	28,97	11,43	25,47	40,20	25,70	14,67	20,50	44,03	26,40
33	8,07	60,57	47,52	38,72	8,57	38,09	46,51	31,06	18,63	39,75	55,84	38,08
34	29,81	74,29	56,21	53,44	8,57	44,16	44,19	32,30	19,88	63,98	56,17	46,67
35	36,02	70,86	56,52	54,47	13,73	37,66	40,86	30,75	24,22	54,66	55,19	44,69
36	44,93	71,43	67,70	61,35	9,52	29,22	37,21	25,32	24,84	62,73	58,77	48,78
37	50,31	73,71	61,49	61,84	0,00	31,17	33,55	21,57	26,09	59,63	54,55	46,75
38	40,37	85,00	62,73	62,70	6,29	26,62	42,39	25,10	38,51	65,84	63,31	55,89
39	49,07	74,79	67,39	63,75	21,67	35,06	37,41	31,38	61,49	59,63	53,41	58,18
40	44,10	67,08	62,54	57,91	31,53	29,87	40,48	33,96	53,42	53,42	53,49	53,44
41	44,30	66,46	63,49	58,08	40,24	24,03	41,16	35,14	49,35	45,34	60,13	51,61
42	44,81	68,94	63,17	58,97	39,29	22,08	37,41	32,93	50,65	40,99	48,50	46,72
43	38,96	72,67	59,37	57,00	29,57	29,22	28,91	29,24	50,00	39,75	43,85	44,54
44	40,91	58,39	54,60	51,30	35,98	35,06	28,91	33,32	51,95	36,65	45,85	44,81
45	29,87	78,26	55,24	54,46	35,45	31,82	27,21	31,49	44,81	41,61	41,20	42,54
46	38,96	62,73	61,59	54,43	38,62	33,12	32,65	34,80	51,30	38,51	40,81	43,54
47	33,12	60,87	59,05	51,01	21,16	37,66	32,31	30,38	39,61	52,17	37,41	43,07
48	33,12	63,98	54,60	50,57	12,70	33,12	39,46	28,42	37,01	52,80	46,60	45,47
49	30,52	52,17	57,14	46,61	21,69	37,01	29,93	29,55	43,51	42,55	36,73	40,93
50	37,01	54,66	49,21	46,96	39,68	31,82	20,41	30,64	55,38	47,40	36,05	46,28
51	36,18	55,28	49,52	46,99	35,83	35,06	29,59	33,50	49,35	52,60	32,99	44,98
52	38,88	43,48	45,56	42,64	34,29	31,17	24,15	29,87	53,57	34,42	30,27	39,42
53	39,29	32,92	38,10	36,77	37,00	23,38	15,99	25,45	40,71	28,57	32,31	33,87
54	41,43	27,95	39,05	36,14	39,43	27,27	24,49	30,40	41,58	27,27	36,39	35,08
55	37,14	26,71	49,52	37,79	46,29	22,73	28,57	32,53	55,18	38,31	32,99	42,16
56	42,14	20,50	52,38	38,34	40,57	18,18	32,65	30,47	53,17	33,77	36,05	41,00
57	42,14	24,84	47,30	38,10	37,14	20,13	27,89	28,39	64,29	27,92	36,73	42,98
58	31,43	26,71	42,22	33,45	23,43	19,48	19,73	20,88	48,41	27,92	36,73	37,69
59	20,71	33,54	42,22	32,16	26,86	25,32	22,11	24,76	56,35	31,82	30,95	39,71
60	20,00	31,06	38,10	29,72	26,86	29,87	23,13	26,62	54,76	33,77	33,67	40,73
61	22,86	34,78	33,02	30,22	26,29	15,58	23,13	21,67	37,30	34,42	27,55	33,09
62	21,43	55,28	34,83	37,18	22,86	23,38	27,89	24,71	34,13	41,56	31,29	35,66
63	19,29	48,45	24,03	30,59	15,43	29,87	25,51	23,60	32,54	31,82	21,09	28,48
64	27,14	55,90	23,05	35,37	14,29	34,42	29,93	26,21	28,57	31,82	24,49	28,29
65	26,43	42,86	18,83	29,37	21,71	35,06	23,13	26,64	45,24	32,62	20,07	32,64
66	17,14	39,75	12,34	23,08	21,14	29,87	19,73	23,58	26,98	32,65	15,99	25,21
67	15,71	32,92	14,94	21,19	19,43	24,68	25,51	23,21	35,71	26,53	17,35	26,53
68	17,14	36,65	13,96	22,58	20,00	22,73	17,01	19,91	17,14	31,97	10,2	19,77
69	22,86	36,65	7,14	22,22	22,86	19,48	12,24	18,19	26,98	32,65	7,14	22,26
70	17,86	34,78	10,39	21,01	20,00	20,13	8,16	16,10	23,81	31,29	6,8	20,63
71	22,14	36,02	7,14	21,77	21,14	18,18	7,19	15,50	27,78	25,85	5,1	19,58
72	25,71	32,61	6,64	21,65	19,43	14,77	3,14	12,45	30,95	26,19	4,08	20,41

Si comparamos con otras razas españolas cuando tienen éstas sus picos de puesta, la bibliografía existente cita para la Castellana Negra (Saíz, 1997), valores máximos del 72,67% a las 31 semanas de vida en poblaciones sin seleccionar, siendo éste por tanto, mucho más pronto y mucho más elevado que para las razas baleares.

Otro trabajo posterior con esta misma raza, en la que se estudiaban tres generaciones (Miguel, 2003), sitúa la máxima producción antes, en la semana 27 de vida y con un 72,10% para la 1ª generación, en la semana 29 y con un 69,76% de puesta en la 2ª y en la 3ª, en la semana 28 y con un 69,81%, cinco semanas después de comenzada la puesta. En ambos casos, los picos se dan antes que para las razas baleares y los porcentajes de puesta también son más elevados que para éstas.

En cuanto a las razas catalanas, el estudio realizado con cinco líneas madre tradicionales de las tres razas Penedesenca, Empordanesa y Prat y las padre mejoradas de las razas Penedesenca y Empordanesa (Andreu, 2004) revela que las líneas madre consiguen el pico de puesta antes que las líneas padre.

Así, la línea madre de la Penedesenca presenta el pico de puesta a las 32 semanas de vida con un porcentaje de puesta del 66,03 %. La línea madre de la Prat, es la que presenta el pico de puesta antes, a las 30 semanas de vida y con un porcentaje de puesta similar al anterior, del 66,25%. Sin embargo, la línea madre de la Empordanesa tiene el pico a las 32 semanas, como ocurría en la Penedesenca, pero logrando un porcentaje de puesta superior, siendo éste del 75,93%.

Con respecto a las líneas padre, en la Empordanesa el pico de puesta se da en la semana 32 con un porcentaje de puesta inferior a los anteriores, del 62,24%. La Penedesenca consigue el pico de puesta más tarde, a las 34 semanas de vida y con un valor de puesta ya bastante inferior al resto, del 58,56%.

Estudios anteriores realizados con estas líneas padre de las razas catalanas (Ibáñez, 2002) recogen datos de puesta a las 31 semanas de vida, y exponen que la Penedesenca presenta un 51,22 % de puesta que no se diferencia significativamente del 47,48% de la raza Empordanesa, el cual tampoco se diferencia significativamente del 44,1 % de la raza Prat, aunque ésta a su vez sí lo hace de la Penedesenca.

Estos porcentajes son superiores a los registrados por las gallinas baleares en esa misma semana, que han estado por debajo del 25%.

En un trabajo llevado a cabo en una población ex situ de la Galiña de Mos (Rivero et al., 2009), se obtuvo un máximo de puesta del 70,45% en la semana 54 de vida, dándose este máximo notablemente más tarde que para el resto de las razas comparadas, incluyéndose a las baleares.

Sin embargo, en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), cuya curva de puesta obtenida no se comporta de forma típica, pues no asciende hasta un pico y luego desciende paulatinamente, la puesta máxima se obtiene en la semana 59 en la variedad Trigueña con un 68,30% y en la semana 66 con un 71,43% para la variedad Negra.

Estos picos son mucho más tardíos que para las razas baleares y con porcentajes que superan también los valores máximos de éstas.

Si cotejamos estos picos de puesta con los que se reseñan para algunas estirpes comerciales, en el caso de las ISA Brown y White, éstas presentan unos porcentajes de puesta en este punto del 96% en el momento de la redacción de este trabajo (<http://www.isapoultry.com/products.aspx>).

Para las estirpes de la casa Lohmann, su pico de producción está en torno al 92-94% para las Lohmann Brown Classic y es ligeramente superior para las Lohmann Brown Lite, comprendiéndose éste entre el 93 y 94%, en el momento de consulta de dicha información (<http://www.lohmanngb.co.uk>).

Estudios realizados con las razas selectas de ponedoras de INTA, concretamente en gallinas de la línea Rubia-INTA (Terraes et al., 2006), la puesta experimentó una fase de acenso que alcanzó el 54% en la semana 24, porcentaje que se sitúa muy por encima del mostrado por las baleares, que ni siquiera habían empezado la puesta en esa semana.

Sin embargo, en este estudio la puesta sufrió una caída, llegando a ser únicamente del 37% en la semana 27. Esta caída de la puesta que experimentan las pollitas en recría viene referenciada por otros autores que coinciden en describirla, destacando la importancia de aplicar un adecuado programa de alimentación que minimice sus efectos (Flores, 1994; Carrizo Marín, 2005). En este estudio se refleja una posterior recuperación

de la puesta, presentando estas gallinas un pico de puesta del 80% a las 32 semanas, el cual es mucho más precoz y elevado que en las razas baleares.

En otro trabajo llevado a cabo en gallinas ponedoras de tipo campero-INTA en el que se estudiaban dos poblaciones, una con alimentación restringida, a la que se le suministraba el 27% menos de pienso, y una control (Pletsch et al., 2009), la primera tuvo un pico de puesta a la semana 29 con un 81,4% de puesta, mientras que la control experimentó un porcentaje de puesta significativamente menor, de 66,7% y además una semana más tarde.

Tras el periodo en torno a las semanas 39-41, en el que se sitúa el pico de puesta en las tres razas baleares, podemos hacer referencia al que comprende hasta la semana 52, el cual viene marcado por un descenso paulatino de la puesta, pero en el que se mantiene ésta a niveles aceptables, lo que se denomina fase de meseta. A partir de ese punto, generalmente el porcentaje de puesta comienza a disminuir, salvo alguna bajada puntual más drástica, también de forma progresiva a unos niveles más bajos.

Estudios con líneas de ponedoras comerciales Rubia-INTA (Terraes et al., 2006), reportan la declinación en la puesta a partir de la semana 60, demostrando ello que **este tipo de gallinas tienen una fase de meseta más larga que las gallinas baleares, lo cual significa que se mantienen por más tiempo en niveles de puesta aceptables.**

Volviendo a la tabla 3.22. donde se expone el porcentaje de puesta en las tres razas baleares, se puede apreciar como éste ha sido en la semana 52, del 42,64% para la gallina Ibicenca, casi un 20% superior al que ella misma había registrado en la semana 31. Éste ha vuelto a ser también más elevado que el conseguido por la raza Menorca, aunque parece que se ha ido manteniendo aproximadamente el mismo porcentaje de diferencia que en la semana 31, pues en la Menorca éste ha supuesto un 39,42%.

Las diferencias sí parecen haberse incrementado con respecto a la gallina Mallorquina, cuyo porcentaje de puesta ha sido inferior al 30% para esa semana.

En el gráfico 3.11. se muestra la curva de puesta obtenida a partir del promedio de los tres lotes para las tres razas de gallinas baleares.

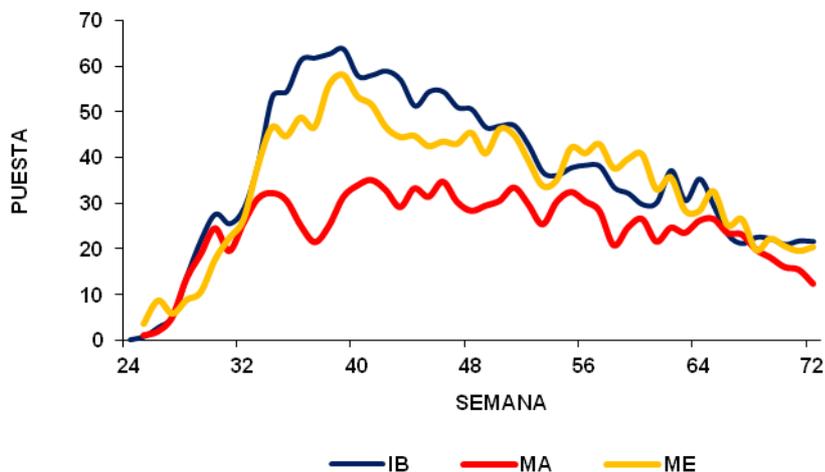


Gráfico 3.11. Promedio del porcentaje de puesta de las gallinas de las tres razas balears: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 de vida.

A través de las curvas de puesta expuestas en este gráfico 3.11. puede apreciarse que, tanto la gallina Ibicenca como la Menorca parecen haber tenido un comportamiento de disminución de puesta similar de acuerdo con lo esperado. Sin embargo, la Mallorca teniendo un nivel de puesta muy inferior, parece entreverse que se ha mantenido más estable sin presentar de forma tan clara como las otras dos razas, la típica curva de puesta.

En la semana 72, punto en el que ha finalizado el control de puesta, la gallina Ibicenca ha experimentado un porcentaje de puesta del 21,65%, bastante similar al logrado por la Menorca, que ha sido del 20,41%, mientras que el de la Mallorca ha vuelto a ser considerablemente menor, del 12,45%.

Si ahora hacemos mención a la puesta acumulada por gallina, ésta parece haber seguido la misma tónica que para el porcentaje de puesta.

En la tabla 3.23. se expone el número de huevos acumulado para cada lote así como el promedio, en cada una de las tres razas Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME).

Dicha evolución en la puesta acumulada puede apreciarse mejor en el gráfico 3.12.

La raza Ibicenca ha sido la que ha promediado el valor más elevado de puesta acumulada ya desde la semana 28 y ello se ha mantenido hasta la semana 72, siendo

ésta de 146,15 huevos, seguida de la Menorca que ha conseguido una puesta de 129,11 huevos.

Esta cifra ha sido superior a la obtenida en estudios anteriores con esta raza (Villalba et al., 2007) que registraron una puesta acumulada de 120 huevos.

La Mallorquina sin embargo, desde el inicio siempre ha registrado ya el menor valor, de manera que al final del control, el porcentaje de puesta acumulada ha diferido sensiblemente con respecto a las otras dos y ha sido considerablemente menor, 84 huevos.

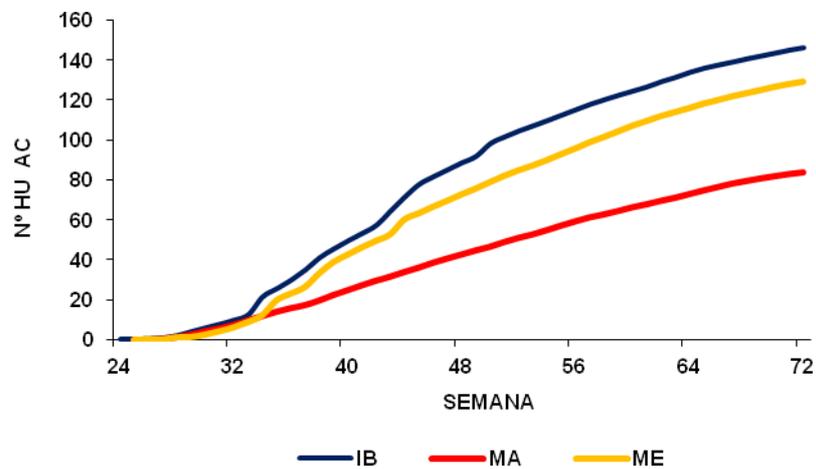


Gráfico 3.12. Promedio del nº de huevos acumulados (nº HU AC) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 de vida.



Foto 3.8. Lote de raza Menorca en la parte exterior de las instalaciones de ca na Rafala (Ibiza).

Tabla 3.23. Número de huevos acumulado en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME) en cada lote (1, 2 y 3) y su promedio (P).

SEM	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
24	0,10			0,10								
25	0,28	0,03		0,15	0,13	0,08		0,10		0,21		0,21
26	0,52	0,21	0,40	0,38	0,28	0,35	0,05	0,22		0,48		0,48
27	0,79	0,35	1,45	0,86	0,47	0,69	0,77	0,65		0,82	0,18	0,50
28	1,14	0,53	4,21	1,96	0,63	0,87	2,70	1,40		1,39	1,66	1,52
29	1,72	2,18	7,83	3,91	1,44	1,08	5,66	2,73	0,04	2,35	2,63	1,67
30	3,29	2,58	11,66	5,84	2,74	1,82	8,77	4,45	0,38	3,78	4,40	2,85
31	3,82	3,95	15,14	7,63	3,48	2,61	11,38	5,82	0,88	4,91	7,88	4,56
32	4,30	6,31	18,44	9,68	4,28	4,39	14,19	7,62	2,01	6,35	10,97	6,44
33	4,86	10,55	21,77	12,39	4,88	7,06	17,45	9,79	3,32	9,13	14,88	9,11
34	6,95	31,35	25,70	21,33	5,48	10,15	20,54	12,06	4,71	13,95	18,81	12,49
35	10,43	36,31	29,66	25,46	6,31	12,79	23,40	14,17	6,40	30,59	22,67	19,89
36	13,47	41,31	34,40	29,72	7,14	14,83	26,00	15,99	8,14	34,98	26,79	23,30
37	14,17	46,47	43,75	34,80	7,14	17,01	28,35	17,50	9,97	39,15	30,61	26,58
38	16,99	52,40	53,30	40,90	8,66	19,47	31,32	19,82	21,69	43,76	34,54	33,33
39	20,43	57,64	58,02	45,36	10,87	21,81	35,06	22,58	25,99	47,94	43,12	39,02
40	23,52	62,34	62,40	49,42	13,08	23,91	37,90	24,96	29,73	51,68	46,86	42,76
41	25,64	66,99	66,84	53,16	15,89	25,59	40,78	27,42	33,19	54,85	51,07	46,37
42	28,78	71,73	71,26	57,26	18,64	27,13	43,40	29,72	36,73	57,72	54,47	49,64
43	41,18	76,81	75,42	64,47	20,71	29,18	45,42	31,77	40,23	60,50	57,96	52,90
44	54,19	80,90	79,24	71,44	23,23	31,63	47,44	34,10	56,76	63,07	61,16	60,33
45	63,70	86,38	83,11	77,73	25,71	33,86	49,35	36,31	60,12	65,98	64,05	63,38
46	66,42	90,77	87,42	81,54	28,41	36,18	51,64	38,74	64,40	68,68	66,90	66,66
47	68,74	95,03	91,35	85,04	29,89	38,81	53,90	40,87	67,17	72,33	69,52	69,67
48	70,74	99,51	95,26	88,50	30,78	41,13	56,66	42,86	69,76	76,02	72,79	72,86
49	72,88	103,16	99,35	91,80	32,30	43,72	58,75	44,93	72,81	79,00	75,36	75,72
50	84,66	106,99	102,87	98,17	34,11	45,95	60,18	46,75	76,68	82,32	77,88	78,96
51	87,19	110,86	106,42	101,49	36,62	48,41	62,25	49,09	80,14	86,00	80,19	82,11
52	89,91	113,77	109,67	104,45	39,02	50,59	63,94	51,18	83,89	88,41	82,31	84,87
53	92,66	116,08	112,34	107,02	41,58	52,22	65,06	52,96	86,74	90,41	84,57	87,24
54	95,71	118,03	115,07	109,60	44,34	54,13	66,78	55,08	89,64	93,18	87,12	89,98
55	98,66	119,90	118,54	112,37	47,58	55,72	68,78	57,36	93,50	95,86	89,43	92,93
56	101,77	121,34	122,20	115,10	50,42	57,00	71,06	59,49	97,22	98,23	91,95	95,80
57	104,72	123,08	125,51	117,77	53,02	58,41	73,02	61,48	100,83	101,23	94,52	98,86
58	106,92	124,95	128,47	120,11	54,66	59,77	74,40	62,94	104,22	103,18	97,10	101,50
59	108,37	127,29	131,42	122,36	56,54	61,54	75,94	64,68	108,17	105,41	99,26	104,28
60	109,77	129,47	134,09	124,44	58,42	63,63	77,56	66,54	112,00	107,77	101,62	107,13
61	111,37	131,90	136,40	126,56	60,26	64,72	79,18	68,06	114,61	110,18	103,55	109,45
62	112,87	135,77	138,85	129,16	61,86	66,36	81,14	69,79	117,00	113,09	105,74	111,94
63	114,22	139,16	140,53	131,30	62,94	68,00	82,92	71,29	119,28	115,32	107,21	113,94
64	116,12	143,08	142,24	133,81	63,94	70,41	85,02	73,12	121,28	117,54	108,93	115,92
65	117,97	146,08	143,55	135,87	65,46	72,86	86,64	74,99	124,28	119,83	110,33	118,15
66	119,17	148,86	144,42	137,48	66,94	74,95	88,02	76,64	126,17	122,12	111,45	119,91
67	120,27	151,16	145,46	138,96	68,66	76,68	89,8	78,38	128,67	123,97	112,67	121,77
68	121,47	153,73	146,44	140,55	69,78	78,27	90,99	79,68	130,44	126,21	113,38	123,34
69	122,77	156,29	146,94	142,00	71,38	79,63	91,85	80,95	132,33	128,50	113,88	124,90
70	123,92	158,73	147,67	143,44	72,78	81,04	92,42	82,08	134,00	130,69	115,01	126,57
71	125,47	161,25	148,17	144,96	74,26	82,31	92,92	83,16	135,94	132,5	115,37	127,94
72	127,27	162,55	148,63	146,15	75,62	82,91	93,46	84,00	138,11	133,55	115,66	129,11

Si parangonamos los resultados de puesta aquí obtenidos con los existentes para otras razas españolas, a la Castellana Negra (Orozco, 1989b; Miguel, 2003) se le estima una puesta de entre los 150-160 huevos, valores ligeramente superiores a la obtenida por la Ibicenca, aunque estos mismos autores reflejan que con adecuados programas de selección, la Castellana podría llegar a alcanzar los niveles de puesta de 170-180 huevos e incluso a 200.

Francesch (1998a) además apunta valores de 220-225 huevos para ejemplares de esta raza en la época de máximo esplendor de la raza, en la primera mitad del siglo XX.

En cuanto a las razas catalanas, se han realizado numerosos estudios referentes a la puesta.

Orozco (1989b) ya establecía una puesta de 120-130 huevos en poblaciones de gallinas Prat sin seleccionar, valores del orden de los que se obtienen en el presente trabajo para la raza Menorca. Aunque este autor también menciona que, con una mínima selección, la puesta de la raza Prat podría llegar a 150-160 e incluso a 250-260 en algunos concursos de puesta, valores que distarían mucho de los alcanzados aquí por las gallinas baleares.

Estudios posteriores (Francesch, 1998b) sí registran valores de 170 huevos para la raza Prat, y también para la Empordanesa y un valor algo menor para la Penedesenca Negra, de 140-160 huevos, siendo ésta la única raza con la que poder equiparar a la raza Ibicenca, que es de entre las tres baleares, la que obtiene valores similares a los que obtenía esta raza catalana hace casi 15 años.

Existen también trabajos referentes a selección aplicada a estas razas catalanas en baterías (Francesch, 2000), cuyos valores de puesta a la semana 72 de vida, se incrementan, como era esperable, obteniéndose puestas de 220, 200 y 175 huevos para las razas Empordanesa Roja, Penedesenca Negra y Prat Leonada respectivamente.

Otro estudio realizado por Francesch (2002), recoge el número de huevos acumulado de las líneas madre tradicionales de las tres razas catalanas a la semana 39 de vida. En esta semana la Penedesenca presenta una puesta de 85 huevos, la Empordanesa de 77,17 huevos y la Prat de 69,59 huevos.

Los valores de puesta acumulada que han logrado las razas baleares en esa semana, han sido lógicamente notablemente inferiores, siendo el más elevado, los 45,36 huevos que ha registrado la raza Ibicenca. A este valor le siguen los 39 huevos de la raza Menorca, mientras que la Mallorquina ha ocupado el último lugar, con una puesta de 22,58 huevos en esa semana en cuestión.

Estudios de este tipo se han realizado también en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), para la que también se establece una puesta notablemente superior a la de las baleares, siendo ésta de 170 huevos.

En la raza Mos, existen diversos trabajos que manifiestan valores de puesta ligeramente dispares a las 72 semanas de vida. En un estudio se citan valores de puesta acumulada, de 116 huevos (Sánchez et al., 2000), lo cual resultaría menor que lo logrado por las razas Ibicenca y Menorca.

Otros estudios encontrados en la bibliografía, exponen valores de puesta superiores para esta raza, siendo estos de 165 (Rois et al., 2002), 175 (Feijoo et al., 2000) o los 181 huevos (Rivero et al., 2009) conseguidos por las nietas y bisnietas de las gallinas participantes en el estudio de Rois (2002), puestas que resultarían todas ellas superiores a los valores registrados en este estudio para cualquiera de las tres razas baleares.

Para la raza valenciana de Chulilla (Grimal y Gómez, 2007b) se estimó un valor de puesta anual de 150 huevos/gallina/año en una sala de ponedoras en suelo con nidales de apertura controlada y sin ajustes de fotoperiodo, dato que se asemeja al conseguido en nuestro estudio por la raza Ibicenca.

A la raza Andaluza o Utrerana, Orozco (1989b) le designa un rango de puesta bastante amplio, 110-180 hasta incluso los 215-230 en concursos de puesta, mientras que en otros trabajos se cita una puesta para esta raza de 200 huevos (Francesch, 1998a).

Hallamos en la bibliografía más estudios en otras razas españolas que también recogen puestas en torno a los 200 huevos, superando con creces los valores aquí obtenidos por las gallinas baleares, tales como los existentes para la raza vasca Euskal Oiloa.

Ugarte y Urarte (1997) reseñan una puesta para esta raza de 200 huevos, mientras que posteriormente, Francesch y Atxa (2004) recogieron una puesta media de alrededor de 79

huevos en la semana 39 para la variedad Marradune de ésta, lo cual les permitió establecer una predicción de puesta para esta raza comprendida entre los 180 y 200 huevos.

En el caso de la raza Extremeña (Muriel, 2002), también se apuntan puestas en torno a estos valores, siendo estos concretamente de 201 huevos.

Si comparamos los valores obtenidos por las razas baleares con las ponedoras comerciales, estos son sustancialmente superiores.

Estudios realizados con la línea de ponedoras comerciales Rubia-INTA (Terraes et al., 2006), reseñan una puesta de 241 huevos. En ese mismo estudio también se hace referencia a la puesta de gallina ponedora comercial ISA Brown (ISA, 1996), a la cual se le atribuyen cantidades de 280 huevos.

Si procedemos a consultar directamente la información de las casas comerciales, en el caso de las ponedoras Lohmann Brown, también se proporcionan datos de la puesta a las 72 semanas, que tanto en la Classic como en la Lite, alcanza valores de 315-320 huevos, los cuales superan con creces las puestas presentadas por las razas baleares.

Por el contrario, para las ponedoras ISA, se dan los datos de puestas acumuladas hasta las 90 semanas de vida, en vez de hasta las 72 semanas como se ha venido realizando.

Todas las estirpes de ponedoras que esta casa ofrece al mercado alcanzan una puesta acumulada que oscila entre los 400 y los 415 huevos a esas 90 semanas de vida. En las ponedoras ISA Brown y White estas cifras son concretamente de 409 y 413 huevos respectivamente según la información disponible en su página web (<http://www.isapoultry.com/Products/.aspx>).

A pesar de que las cifras de puesta que esta casa propociona no sean las de la semana 72, es fácil intuir que las que se dieran en esa semana serían de igual forma notablemente superiores a las de las razas baleares.

3.3.2.1.3. PESO DEL HUEVO.

Como ya se ha mencionado previamente, éste es el único parámetro que ha podido analizarse estadísticamente.

A continuación, se muestran los resultados referentes a éste.

3.3.2.1.3.1. Parámetros A, B y k.

Para llevar a cabo dicho análisis, como ya se ha explicado previamente en el apartado de materiales y métodos, se optó por escoger el modelo de Gompertz.

Las estimaciones de los parámetros A (peso estimado asintótico o peso máximo del huevo), B (constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t) y k (tasa o velocidad de crecimiento a la cual se consigue el peso máximo del huevo) de dicha ecuación y su error estándar para cada raza y lote se exponen en la tabla 3.24.

En este caso, y como una función se deriva de la otra, podemos comparar los parámetros aquí obtenidos por las razas baleares con los existentes en estirpes comerciales en los que se ha utilizado la función de crecimiento de Wheaterup and Foster (1980) para estudiar el peso del huevo.

Existe un trabajo realizado en gallinas ponedoras de la tercera generación de un cruce entre Rhode Island Red x White Leghorn (Di Masso et al., 1998) en el que se muestran valores para estos parámetros en 4 grupos de gallinas de este cruce en respuesta al resultado de la aplicación del análisis de componentes principales.

Así, los valores del parámetro A para estos 4 grupos fueron de 66, 57, 56 y 61 g. respectivamente. En este caso, los valores de A obtenidos por el grupo 1 pueden equipararse a los mostrados por la raza Ibicenca, que tal como se aprecia en la tabla 3.27., ha oscilado entre los 61 y los 66 g.

Valores ligeramente menores ha obtenido la raza Menorca, pues estos se han comprendido entre los 60 y los 62 g., los cuales podrían ser cotejables con los del grupo 4 de ponedoras comerciales del estudio de Di Masso et al. mencionado anteriormente.

Los valores alcanzados por la raza Mallorquina, han resultado claramente inferiores, incluso a los grupos 2 y 3 de ponedoras comerciales del citado estudio, registrando valores de A entre los 51 y 55 g.

Di Masso et al. también aportan en su trabajo valores de k para esos cuatro grupos de estirpes comerciales, que fueron de 0,9217, 0,8650, 0,7370 y 0,8611, los cuales están muy por encima de los obtenidos aquí por las razas baleares, que no superan en ningún lote el valor de 0,24.



Foto 3.9. Gallo de raza Ibicenca variedad *Negra Plateada*.

Tabla 3.24. Estimaciones de los parámetros (PAR) A, B y k \pm Std error de la ecuación de Gompertz realizadas mediante el procedimiento *nlin* del paquete estadístico SAS 9.1 para las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).

PAR	IB			MA			ME		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
A	65,71 \pm 0,38	62,92 \pm 0,39	61,31 \pm 0,45	51,05 \pm 0,75	51,20 \pm 0,34	55,40 \pm 0,75	60,42 \pm 0,30	62,46 \pm 0,91	-
B	159,0 \pm 244,8	10,02 \pm 4,10	7,78 \pm 5,20	1,10 \pm 1,033	21,06 \pm 19,95	1,33 \pm 0,60	115,5 \pm 179,0	1,16 \pm 0,38	-
k	0,24 \pm 0,05	0,15 \pm 0,04	0,14 \pm 0,02	0,07 \pm 0,03	0,167 \pm 0,03	0,07 \pm 0,02	0,22 \pm 0,05	0,06 \pm 0,01	-

A= peso máximo del huevo estimado

B= constante de integración relacionada con los valores iniciales de Y y de t

k= tasa o velocidad de crecimiento a la cual se consigue el peso máximo del huevo

3.3.2.1.3.2. Pesos del huevo observados y estimados.

En la tabla 3.25. se muestran los pesos del huevo observados y estimados a partir de la función de Gompertz en los tres lotes de cada una de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).



Foto 3.10. Lote de raza Mallorquina variedad *Paja* en la zona interior de las instalaciones de ca na Rafala (Ibiza).



Foto 3.11. Gallos de la raza Mallorquina variedad *Paja* y al fondo, el compartimento con el lote de la raza Menorca, en la zona interior de las instalaciones de ca na Rafala (Ibiza).

Tabla 3.25. Peso del huevo observado y estimado (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).

EDAD	IB						MA						ME					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
25		42,74	56,10	51,10		47,66		43,57	38,17	36,98		44,60		36,51	51,13	48,36		54,67
26		46,79	56,10	52,65	51,75	49,23		44,09	40,03	38,87	42,00	45,29		40,29	51,13	49,09		54,70
27	50,45	50,26	54,94	54,01	50,43	50,63	42,57	44,57	41,90	40,56	43,20	45,93		43,61	51,53	49,79	50,00	54,72
28	55,21	53,18	53,77	55,21	51,86	51,89	45,19	45,02	47,50	42,03	48,50	46,54		46,48	49,31	50,46	47,67	54,74
29	55,15	55,60	51,45	56,26	52,31	53,01	45,82	45,45	43,30	43,33	46,17	47,11	47,25	48,92	47,10	51,10	51,67	54,77
30	59,25	57,59	49,30	57,17	51,97	54,01	47,99	45,84	44,20	44,45	46,05	47,65	55,52	50,98	49,18	51,71	51,00	54,79
31	55,74	59,22	55,47	57,96	52,94	54,89	44,77	46,21	45,85	45,43	48,39	48,16	51,20	52,70	52,83	52,28	51,78	54,82
32	52,23	60,53	60,49	58,65	54,25	55,68	45,95	46,55	42,17	46,27	47,08	48,63	52,50	54,13	49,71	52,83	54,42	54,84
33	67,10	61,58	59,75	59,24	57,33	56,37	47,40	46,87	46,70	47,00	49,68	49,08	55,14	55,30	54,64	53,36	53,61	54,86
34	61,53	62,43	61,96	59,76	59,56	56,98	48,15	47,17	48,32	47,62	51,56	49,50	55,36	56,27	50,91	53,85	54,75	54,89
35	64,30	63,11	58,78	60,20	59,78	57,52	45,72	47,45	47,83	48,16	52,64	49,89	55,77	57,06	53,26	54,33	54,61	54,91
36	63,00	63,65	61,60	60,58	59,13	57,99	46,52	47,71	47,11	48,61	51,60	50,26	54,08	57,70	56,03	54,77	55,70	54,93
37	63,84	64,08	60,09	60,91	58,03	58,41	46,92	47,95	49,94	49,00	49,53	50,60	58,01	58,22	57,32	55,20	53,42	54,96
38	63,07	64,42	62,30	61,20	58,17	58,77	47,33	48,18	48,45	49,33	50,23	50,92	61,65	58,65	56,58	55,60	54,65	54,98
39	66,52	64,69	61,19	61,44	59,88	59,09	47,68	48,38	50,05	49,62	51,67	51,23	59,05	58,99	56,20	55,98	56,97	55,01
40	64,03	64,90	60,90	61,65	59,48	59,37	50,73	48,58	50,17	49,86	51,36	51,51	59,18	59,27	57,03	56,34	55,32	55,03
41	65,88	65,07	61,54	61,83	60,15	59,62	48,07	48,76	48,92	50,06	51,29	51,77	60,79	59,49	56,16	56,69	54,86	55,06
42	66,71	65,21	62,48	61,99	60,29	59,83	49,63	48,92	51,12	50,24	50,53	52,02	60,55	59,67	56,88	57,01	56,45	55,08
43	66,22	65,31	60,60	62,12	61,20	60,02	49,17	49,08	50,94	50,38	53,33	52,25	61,10	59,82	56,69	57,32	54,44	55,10
44	64,23	65,40	61,58	62,23	61,00	60,18	50,09	49,22	49,72	50,51	52,33	52,46	59,14	59,93	57,48	57,61	56,83	55,13
45	69,48	65,46	60,99	62,33	60,53	60,33	51,29	49,36	49,80	50,62	51,40	52,66	58,70	60,03	57,42	57,88	53,00	55,15
46	63,51	65,51	62,54	62,41	61,20	60,45	48,91	49,48	49,88	50,71	53,33	52,85	60,05	60,11	56,68	58,14	54,44	55,18
47	68,93	65,56	59,56	62,49	60,52	60,56	48,12	49,60	56,38	50,78	50,75	53,03	58,30	60,17	57,68	58,39	56,23	55,20
48	65,25	65,59	61,30	62,55	59,36	60,66	48,77	49,70	50,88	50,85	54,18	53,19	58,62	60,22	57,71	58,62	56,58	55,22

Continuación tabla 3.25. Peso del huevo observado y estimado (g.) en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) hasta la semana 72 en los tres lotes (1, 2 y 3).

EDAD	IB						MA						ME					
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	PO	PE																
49	65,73	65,61	63,27	62,60	58,74	60,74	48,36	49,80	57,95	50,90	53,17	53,34	57,09	60,26	57,88	58,84	56,70	55,25
50	65,20	65,63	63,69	62,65	57,65	60,81	47,84	49,89	50,92	50,95	53,71	53,48	59,23	60,29	60,02	59,05	56,18	55,27
51	66,11	65,65	63,53	62,69	61,16	60,88	48,27	49,98	50,98	50,99	53,73	53,62	59,29	60,31	59,45	59,24	52,60	55,30
52	65,03	65,66	63,20	62,72	61,88	60,93	49,29	50,06	50,00	51,02	53,85	53,74	60,83	60,34	59,42	59,43	55,29	55,32
53	68,58	65,67	61,09	62,75	59,85	60,98	51,94	50,13	49,55	51,05	50,00	53,85	59,42	60,35	59,87	59,60	56,13	55,35
54	66,00	65,68	61,62	62,77	57,64	61,02	53,90	50,20	47,65	51,07	54,00	53,96	59,80	60,37	60,29	59,77	56,83	55,37
55	65,98	65,69	61,66	62,79	60,78	61,06	50,16	50,26	49,16	51,09	54,54	54,06	59,81	60,38	60,48	59,92	58,65	55,39
56	66,10	65,69	59,97	62,81	61,65	61,09	50,42	50,32	49,47	51,11	54,00	54,15	59,89	60,39	60,66	60,07	58,58	55,42
57	59,73	65,70	63,88	62,83	62,79	61,12	46,88	50,38	50,82	51,12	55,20	54,24	55,81	60,39	59,86	60,21	58,18	55,44
58	65,62	65,70	65,10	62,84	61,48	61,14	50,15	50,43	51,62	51,14	54,33	54,32	60,91	60,40	58,58	60,34	59,43	55,47
59	66,64	65,70	63,98	62,85	61,25	61,17	50,09	50,47	50,44	51,15	54,78	54,40	60,78	60,40	54,34	60,46	62,40	55,49
60	61,40	65,70	63,01	62,86	57,70	61,18	49,90	50,51	50,07	51,16	56,00	54,47	60,56	60,41	61,98	60,58	63,08	55,52
61	66,58	65,71	64,48	62,87	60,63	61,20	49,42	50,55	50,15	51,16	55,40	54,53	60,13	60,41	61,21	60,69	59,80	55,54
62	65,38	65,71	63,27	62,88	61,00	61,21	49,72	50,59	50,00	51,17	53,08	54,59	60,37	60,41	61,19	60,79	57,50	55,56
63	62,64	65,71	63,18	62,88	60,38	61,23	51,60	50,63	50,58	51,18	56,91	54,65	63,07	60,41	61,92	60,89	62,17	55,59
64	65,40	65,71	63,56	62,89	60,18	61,24	51,33	50,66	50,17	51,18	55,54	54,70	62,52	60,42	60,80	60,98	58,75	55,61
65	64,70	65,71	64,12	62,89	63,38	61,25	50,83	50,69	50,82	51,18	55,60	54,75	62,51	60,42	62,13	61,06	57,25	55,64
66	63,65	65,71	64,14	62,90	63,50	61,26	51,52	50,71	50,92	51,19	53,78	54,79	62,5	60,42	61,53	61,15	60,88	55,66
67	64,90	65,71	62,98	62,90	64,40	61,26	51,20	50,74	50,23	51,19	53,13	54,84	60,65	60,42	61,66	61,22	60,33	55,69
68	64,50	65,71	62,80	62,90	66,25	61,27	49,89	50,76	51,40	51,19	54,63	54,88	62,28	60,42	61,04	61,30	60,00	55,71
69	63,63	65,71	63,30	62,90	66,67	61,27	50,72	50,78	49,50	51,19	54,71	54,91	61,58	60,42	61,33	61,36	59,00	55,74
70	64,20	65,71	62,38	62,91	70,50	61,28	51,10	50,80	50,00	51,20	54,00	54,95	62,6	60,42	62,34	61,43	60,50	55,76
71	65,50	65,71	62,03	62,91	74,50	61,28	51,13	50,82	50,43	51,20	53,67	54,98	62,86	60,42	61,42	61,49	61,75	55,79
72	64,85	65,71	62,51	62,91	62,20	61,29	51,44	50,84	49,65	51,20	57,67	55,01	62,73	60,42	60,08	61,54	59,00	55,81

En los gráficos 3.13-3.15. se muestran las curvas ajustadas mediante este modelo de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca, Mallorca y Menorca para cada uno de los tres lotes.

Además, en los gráficos 3.16-3.18. se representan las curvas en cada raza por separado.

Como es característico de estos modelos, de la misma forma que para el peso vivo, la curva para el peso del huevo también tiene una forma sigmoidea con dos fases claramente marcadas, una en la que el peso se incrementa de forma acelerada hasta llegar al punto de inflexión, a partir de la cual se entra en una fase donde el peso se mantiene más o menos estable.

De forma general, y sin explicar aquí aún el resultado del análisis estadístico de los datos que nos permitirá comprobar si las diferencias observadas son significativas, el cual se llevará a cabo en un apartado posterior, intentaremos describir lo que se observa en los gráficos.

De esta forma, se puede apreciar que la raza Ibicenca ha sido la que aparentemente ha alcanzado los pesos más elevados en los ajustes, situándose en todos los casos por encima de los 60 g. Se ha visto seguida de la Menorca, que tal como parece extraerse de los gráficos, ha llegado a alcanzar pesos que se han aproximado a los 60 g. en las últimas fases en los lotes 1 y 2.

Por el contrario, la Mallorca no ha conseguido llegar a los 60 g. El peso más elevado del huevo parece haber estado en torno a los 55 g., dándose en el lote 3.

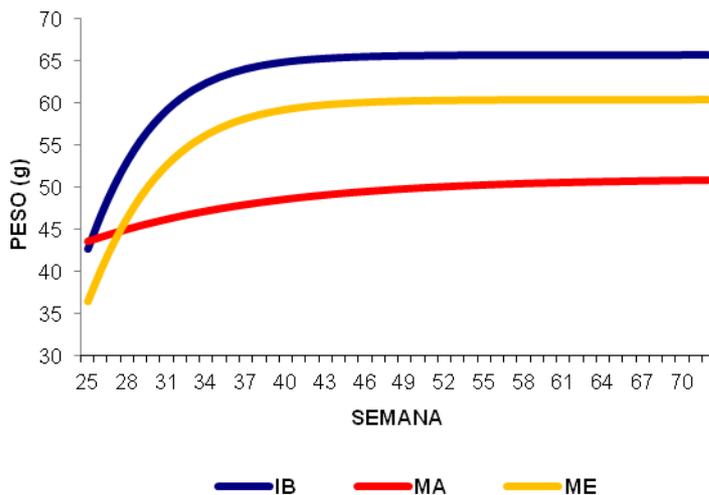


Gráfico 3.13 Estimación para el peso del huevo del lote 1 de las tres razas de gallinas balears: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME).

Tal y como refleja el gráfico 3.14., las curvas obtenidas en el lote 2 ha sido sensiblemente diferentes a las del lote 1.

Las diferencias entre los pesos del huevo de las raza Ibicenca y Menorca parecen no haber sido tan acentuadas, puesto que esta vez los pesos de la Ibicenca han disminuido y los de la Menorca se han incrementado con relación al lote 1.

En este caso se puede apreciar como hacia las semanas 68-70, parece percibirse cierta proximidad de ambas, pues la Ibicenca ha registrado valores de 63 g. aproximadamente y la Menorca valores ligeramente superiores a los 61 g.

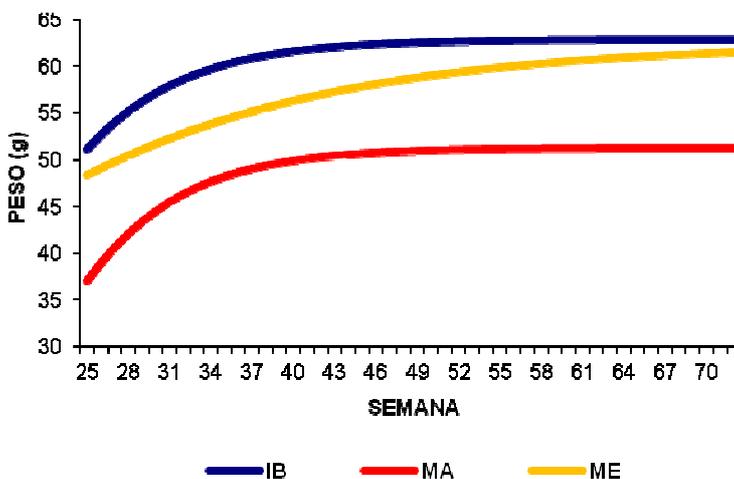


Gráfico 3.14. Estimación para el peso del huevo del lote 2 de las tres razas de gallinas balears: Ibicenca (IB), Mallorca (MA) y Menorca (ME).

En este caso, por tanto, las diferencias entre la raza Mallorquina y las otras dos, parecen entreverse a partir del gráfico, aún más pronunciadas, aunque ésta haya seguido manteniendo pesos de 50 g. aproximadamente.

En el gráfico 3.15., en el que se muestran las curvas de cada raza balear del lote 3, se puede observar como parece que la raza Ibicenca ha obtenido una curva muy similar a la registrada para los dos lotes anteriores, aunque de entrada parece que con unos pesos menores y unos registros iniciales más bajos, de alrededor de 48 g., en comparación con los obtenidos en el lote 1, que han sido de 51 g.

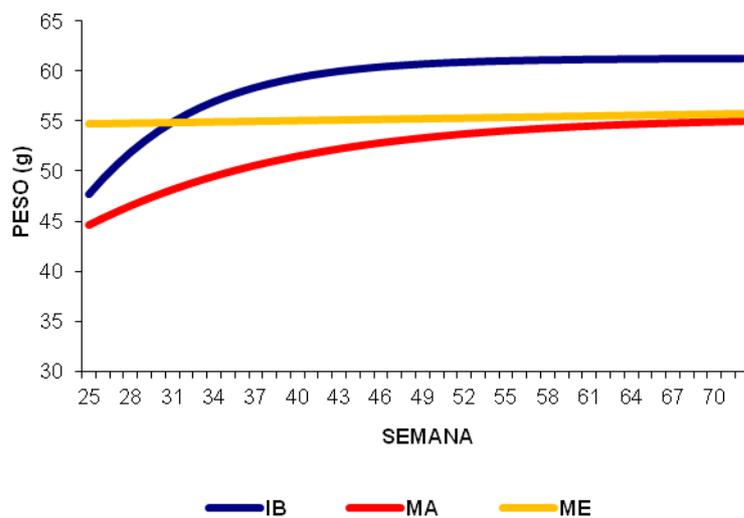


Gráfico 3.15 . Estimación para el peso del huevo del lote 3 de las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME).

Tal como se aprecia en el gráfico, los pesos del huevo para la raza Menorca del lote 3 no han seguido el mismo patrón de una curva sigmoidea como en los demás lotes, sino que han presentado una forma rectilínea.

Debemos decir aquí, que para este caso concreto, el peso del huevo ha oscilado de forma paulatina y no consiguió convergir bajo una curva de Gompertz, pero sí obtuvo un ajuste mucho mejor a una recta.

Se ejecutó por tanto, el procedimiento *reg* del SAS para obtener una recta de regresión, cuya pendiente fue del 0,2 y el modelo obtuvo un coeficiente de determinación del 17,5%.

Ahora bien, si estudiamos los resultados en cada raza por separado, podemos apreciar mejor las formas de las curvas de cada lote.

En el gráfico 3.16. se muestran las curvas obtenidas únicamente para la raza Ibicenca en los 3 lotes.

En éste se contempla cómo esta raza ha presentado una curva de evolución de peso del huevo muy similar para los lotes 2 y 3, aunque con valores más elevados en el lote 2.

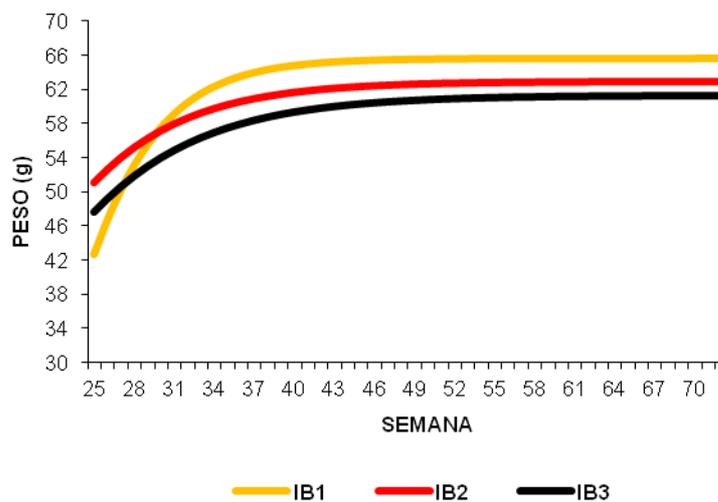


Gráfico 3.16. Estimación para el peso del huevo en la raza Ibicenca (IB) en los tres lotes (1,2 y 3).

Sin embargo, la curva del lote 1 ha sido notablemente distinta, mostrando desde su inicio un crecimiento más acusado hasta el punto de inflexión, obteniendo unas estimaciones de los pesos en las semanas iniciales bastante más bajas que para los lotes 2 y 3.

Tal y como se muestra en el gráfico 3.17., las curvas conseguidas en los tres lotes de la raza Mallorquina parecen haber sido bastante más dispares.

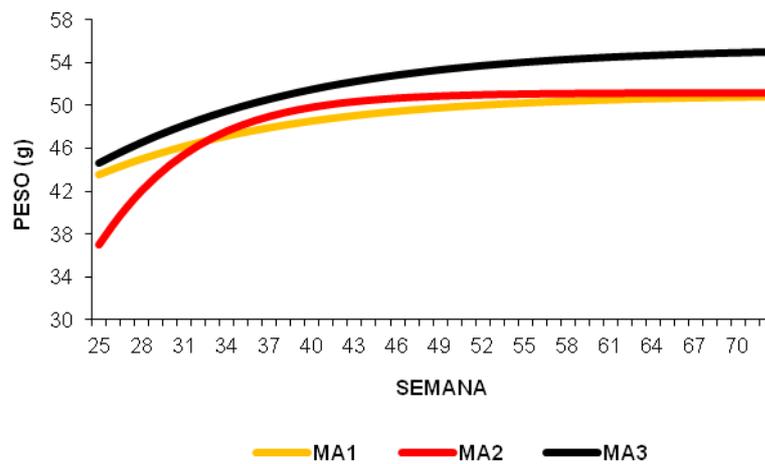


Gráfico 3.17. Estimación para el peso del huevo en la raza Mallorquina (MA) en los tres lotes (1, 2 y 3).

En primer lugar, se puede apreciar cómo ha sido en el lote 3 donde se han logrado los pesos más elevados, aun así la curva de este lote parece ser la que ha presentado el incremento del peso del huevo más progresivo.

Esta tendencia puede entrecerse de forma similar para el lote 1, pero con valores menores.

Si prestamos atención a las semanas iniciales parece comprobarse como para los lotes 1 y 3, los pesos han sido superiores en ambos casos a los 44 g., a diferencia de los del lote 2 que parece que han resultado sensiblemente menores, de alrededor de 37 g.

Comprobamos como en general en cada raza, existen marcadas diferencias en las etapas iniciales de las curvas de cada lote. De ello se deriva que parece existir cierta dificultad en el modelo para realizar el ajuste en las semanas iniciales de puesta, de la misma manera que sucedía para el peso vivo, problema que parece compensado alrededor de la 6ª semana de puesta.

En referencia a la curva del lote 2, se puede apreciar como a diferencia de las otras dos, la evolución del peso del huevo parece haber sido más pronunciada hasta la semana 37 de puesta aproximadamente.

Finalmente, en el gráfico 3.18. se muestran las curvas obtenidas para el peso del huevo en cada lote de la raza Menorca.

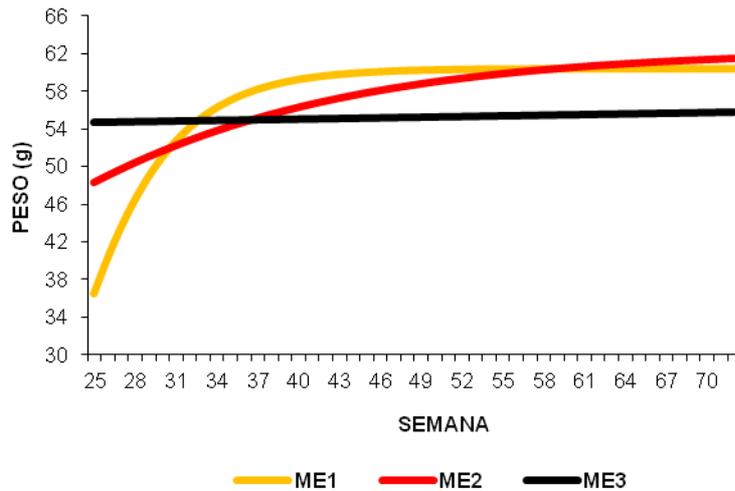


Gráfico 3.18. Estimación para el peso del huevo en la raza Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).

Es en esta raza donde parecen apreciarse las diferencias más notables entre los distintos lotes.

El lote 1 ha presentado una curva sigmoidea típica en la que el peso se ha incrementado bruscamente desde las semanas iniciales, que registraron los pesos más bajos de 36 g. para alcanzar un peso máximo ligeramente superior a los 60 g. en la semana 72.

No obstante, el lote 2 parece haber mostrado una curva de crecimiento mucho más gradual, donde los valores de los pesos iniciales han sido marcadamente superiores a los del lote 1, 48 g. para lograr también un peso máximo del huevo ligeramente superior al del lote 1 al final del control en la semana 72, rondando valores de 62 g.

Tal como se ha mencionado anteriormente este modelo parece no ser válido para explicar la evolución del peso del huevo en el lote 3 de las gallinas de raza Menorca.

Para saber si estos comportamientos que se derivan de la observación de los gráficos anteriores, y que a priori parecen ser muy distintos, responden realmente a la existencia de diferencias significativas entre razas y/o lotes se ha procedido a realizar un análisis estadístico de la varianza para los factores Raza, Lote y Edad y sus interacciones correspondientes, cuyos resultados se presentan de forma detallada en el apartado de análisis estadístico que sigue a continuación.

3.3.2.1.3.3. Análisis estadístico.

El modelo estadístico referente al peso del huevo, que se ha estudiado hasta la semana 72, ha resultado significativo, así como también lo han resultado los efectos de la raza, edad y lote.

En lo que respecta a las interacciones, **la interacción raza*edad y la interacción triple raza*edad*lote no han sido significativas, a diferencia de las dos interacciones restantes, raza*lote y edad*lote, que sí han resultado serlo.**

En la tabla 3.26. se muestra la significación en referencia al modelo y a los efectos de la raza, edad y lote, así como del análisis de la interacción entre los tres factores.

Tabla 3.26. Significación del modelo (MOD), del efecto raza (RA), edad (EDAD), lote (LOT) y de las interacciones dobles (RA*EDAD, RA*LOT, EDAD*LOT) y triple (RA*EDAD*LOT) entre ellos para la variable peso del huevo.

MOD	RA	EDAD	LOT	RA*EDAD	RA*LOT	EDAD*LOT	RA*EDAD*LOT
< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0.3038	< 0,0001	0.0147	0.1709

$\alpha \leq 0,05$

En la tabla 3.27. se presentan las *Ls means* \pm *Std error* de los efectos raza y lote y su interacción para la variable peso del huevo en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).

Tabla 3.27. *Ls means* \pm *Std error* de los efectos raza y lote y su interacción para la variable peso del huevo en las gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) en los tres lotes (1, 2 y 3).

	PESO HUEVO			LS means LOTE
	IB	MA	ME	
1	64,56 \pm 0,34 ^{A,a}	49,53 \pm 0,31 ^{C,b}	59,49 \pm 0,32 ^{B,a}	57,86 \pm 0,19
2	61,70 \pm 0,28 ^{A,b}	49,78 \pm 0,38 ^{C,b}	58,17 \pm 0,28 ^{B,b}	56,55 \pm 0,18
3	60,69 \pm 0,24 ^{A,c}	52,94 \pm 0,24 ^{C,a}	57,11 \pm 0,27 ^{B,c}	56,92 \pm 0,15
LS means RAZA	62,32 \pm 0,17	50,75 \pm 0,18	58,26 \pm 0,17	57,27 \pm 4,82

A, B, C: Diferencias significativas entre razas (p \leq 0,05)

a, b, c: Diferencias significativas entre lotes (p \leq 0,05)

Atendiendo a los resultados expuestos en la tabla 3.26. y sabiendo que el efecto de la raza ha resultado significativo, y a pesar de existir la interacción con el factor lote, **ello no supone un impedimento** para poder apreciar claramente, **las diferencias existentes en las tres razas** en lo que al **parámetro peso del huevo** se refiere.

Ha sido **la raza Ibicenca la que ha conseguido un mayor valor, cuya media sobrepasa los 60 g., y está en torno a los 62 g., seguida de la Menorca, que ha registrado un valor medio del orden de 58 g. Por último, la Mallorquina ha conseguido un valor medio sustancialmente menor, que supera ligeramente los 50 g.**

No obstante, debido a la falta de información existente en la bibliografía en referencia a análisis estadísticos del peso del huevo para las razas de gallinas españolas, y habiendo comprobado que lo que en ella se expone, muchas veces son los valores de los pesos medios obtenidos en los distintos controles, y como en el presente estudio se dispone tanto de los pesos observados como de los estimados, entre los cuales existen escasas diferencias, se ha creído conveniente, para hacer más apropiadas las comparaciones con el resto de razas, utilizar estos valores de los pesos medios observados.

Si comparamos los resultados obtenidos en este trabajo en la raza Menorca con los de un estudio previo (Villalba et al., 2005), en este se cita que más del 52% de los huevos recogidos pesaban entre 61 y 71 g.

Además, estos mismos autores (Villalba et al., 2007), reflejaban para la raza Menorca pesos medios observados a las 25, 32 y 48 semanas que fueron de 49,0, 54,4 y 60,6 g. respectivamente. Si los comparamos con los pesos medios observados en este trabajo, podemos apreciar que tan solo las del lote 2 han empezado a poner en la semana 25 y el peso de los huevos ha sido 2 g. superior, sobrepasando éste los 51 g.

Sin embargo, en la semana 32, el peso promedio del huevo para los tres lotes de la raza Menorca ha sido inferior al registrado por Villalba et al. (2007), ya que en nuestro caso el valor obtenido ha sido de 52,21 g.

En la semana 48, el peso promedio para los tres lotes de esta raza también ha resultado sensiblemente inferior al registrado en el mencionado estudio previo, puesto que en el presente trabajo el peso medio logrado ha sido de 57,64 g.

Si contrastamos estos valores con los existentes para otras razas españolas, en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), los pesos medios de los huevos son inferiores a 55 g., siendo de 51,90 en la variedad Negra y de 50,45 para la Trigueña. Estos pesos resultan similares a los obtenidos por la raza Mallorquina.

En la raza Mos, los diversos estudios existentes indican un peso medio observado de 65,90 g. (Sánchez et al., 2000) o incluso menor, de 63,77 g. (Rivero et al., 2009) o 62,30 g. (Rois et al., 2002). La única raza balear que podría equipararse a estos pesos es la Ibicenca, aunque si bien su media es algo menor, ha habido semanas en las que los huevos de los diferentes lotes han superado los 65 g. de peso.

Si comparamos los valores obtenidos en las razas baleares con las razas catalanas, en un trabajo en el que se controlaba el peso de los huevos a las 39 semanas (Francesch, 2002), se conseguían resultados de 48,55 g. para la Penedesenca, 51,01 g. para la Empordanesa y 51,14 g. para la Prat.

En nuestro trabajo, el peso medio del huevo en esa semana para la raza Ibicenca ha sido sustancialmente superior, de 62,53 g. También lo ha sido en la raza Menorca, en cuyo caso el peso registrado ha resultado ser de 57,41 g. Sin embargo, el peso medio logrado por la raza Mallorquina ha sido bastante similar al de éstas, alcanzando el valor de 49,8 g.

En referencias bibliográficas anteriores (Francesch, 1998a), se citan valores de peso del huevo para la raza Prat no menores a 60 g., lo que coincide con Orozco (1989b) que reseña pesos del huevo entre 58-60 g. para esta misma raza, que en este caso podría equipararse con la raza Menorca, y pesos de 60 g. como mínimo para las razas Empordanesa y Penedesenca, cuyos valores pueden situarse más cercanos a los de la raza Ibicenca.

La Mallorquina ha presentado un peso medio del huevo sensiblemente inferior al de este conjunto de razas.

En la Castellana Negra también podemos encontrar diversos estudios en los que se reflejan los pesos del huevo de esta raza. Así, en un trabajo realizado con tres generaciones de gallinas de esta raza (Miguel, 2006), es perceptible el aumento del peso del huevo a través de cada generación, culminando en la obtención de valores que rondan prácticamente los 60 g. a las 39 semanas en la 3ª generación.

Concretamente en esa semana se obtuvieron pesos para las tres generaciones de 56,09, 58,20 y 59,40 g. respectivamente (siendo el peso de las dos últimas generaciones significativamente superior al de la primera).

Estos valores podrían parangonarse a los de la raza Menorca, si bien los de la raza Ibicenca han sido superiores y los de la Mallorquina inferiores.

Otros autores reflejaron pesos para la raza Castellana superiores a los mostrados por Miguel (2006), concretamente de 60 g. en aves adultas (Orozco, 1989b). Este mismo autor llega a citar valores de 75 g. que él mismo llega a considerar “quizá exagerados”.

Otro autor que estudió la puesta de esta raza (Saíz, 1997), menciona pesos de 55 g. en una población de animales sin seleccionar a las 31 semanas de vida. Estos valores coinciden en esa misma semana con el peso medio observado manifestado en la raza Ibicenca, puesto que el alcanzado por las razas Menorca y Mallorquina ha sido considerablemente inferior, de 51,94 y 47,85 g. respectivamente.

En el caso de la raza Utrerana o Andaluza, existen diferentes autores que han hecho referencia al peso del huevo. Orozco (1989b) cita un peso de huevo que oscila entre los 63-65 g., mientras que Francesch (1998a) menciona un peso mínimo de 55 g.

Valores que en general más bien resultan del orden de los conseguidos por la raza Ibicenca.

De la misma forma que lo son, los que se exponen para la raza Euskal Oiloa, en la que existen estudios (Ugarte y Urarte, 1997) que recogen pesos del huevo de alrededor de 60 g.

Otro estudio posterior con esta raza (Francesch y Atxa, 2004) establece un peso medio del huevo de 53,71 g. a las 25 semanas de vida, valor que resulta difícil de comparar con los de las gallinas baleares, puesto que en esa semana tan sólo habían iniciado la puesta las gallinas del lote 2 (tabla 3.25), por lo que utilizaremos los valores de este lote para ello.

En éste, el peso del huevo de la raza Ibicenca ha sido superior al que se reseña para la Euskal Oiloa en esa semana, siendo de 56,10 g., mientras que el de la Menorca ha resultado ligeramente inferior, de 51,13 g. El peso del huevo de la raza Mallorquina ha distado mucho del resto, siendo claramente inferior, con un valor de 38,17 g.

Finalmente, estudios realizados en la raza de gallina Valenciana de Chulilla (Grimal y Gómez, 2007b), reportan un valor de peso medio del huevo de 56,2 g., que podría situarse entre medio de los obtenidos por la Mallorquina y la Menorca.

Existen algunos trabajos realizados en estirpes comerciales que permiten establecer la comparación con los pesos del huevo obtenidos por las razas baleares.

De fuentes bibliográficas diversas pueden extraerse valores de pesos de huevo a las 25 y a las 72 semanas de vida en estirpes ligeras (Leghorn) y semipesadas (Rhode Island Red, New Hampshire y Plymouth Rock Barrada). Los valores alcanzados para las ligeras oscilan entre 47-52 g. y 62-65 g. para las semanas 25 y 72 respectivamente, mientras que en las semipesadas los pesos son mayores, de 50-55 g. y de 64-68 g.

Si los comparamos con los pesos medios observados en este trabajo, este primer valor vuelve a resultar aquí difícil de comparar, puesto que, como se ha mencionado antes, en la semana 25 tan sólo habían iniciado la puesta las gallinas del lote 2.

En la raza Ibicenca, el peso del huevo para esa semana concreta ha sido por tanto superior, tanto al logrado por las estirpes ligeras como las semipesadas. El de la Menorca, sin embargo, sería comparable al de las ponedoras ligeras. Para la semana 72, tan solo los pesos obtenidos por la raza Ibicenca podrían equipararse a los obtenidos por estos dos tipos de ponedoras, que rondan los 62-65 g.

Otros datos encontrados en la bibliografía (Ortiz, 2002), citan para estirpes comerciales, al año de puesta, pesos del huevo similares a los anteriormente descritos, del orden de 62 g.

En cuanto al peso del huevo de otras estirpes comerciales, las ponedoras ISA Brown y White, presentan pesos promedios del huevo de 62,9 y 63.1 g respectivamente en el momento de redacción de este capítulo. Todas las demás estirpes de ponedoras comerciales ISA también alcanzan pesos que sobrepasan los 60 g., con valores que oscilan entre los 62 y los 64 g. (<http://www.isapoultry.com/Products.aspx>).

Considerando las ponedoras de la casa Lohmann, las Lohmann Brown Classic tienen un peso medio del huevo comprendido entre los 63,5 y los 64,5 g. a los 12 meses de puesta, mientras que a los 14 meses muestran valores comprendidos entre los 64-65 g. En el caso de las Brown Lite el peso promedio que reflejan es ligeramente menor, siendo a los 12 meses de puesta de entre 62 y 63 g. A los 14 meses se incrementa levemente y se

encuentra acotado en un rango entre los 62,5 y los 63,5 g., según datos de su página web en el momento de escritura del presente trabajo. (<http://www.lohmanngb.co.uk/products-breeds>).

Estos pesos medios del huevo sólo pueden compararse a los pesos obtenidos por la gallina Ibicenca, con la salvedad que la raza Ibicenca es una gallina más pesada que estas ponedoras comerciales, cuyos pesos están comprendidos en términos medios, entre los 1,5 y los 2,1 Kg.

3.3.2.3 CONSUMO EN PUESTA.

En la tabla 3.28. se expone el consumo acumulado para los tres lotes y el promedio en cada una de las razas baleares en las semanas 20, 26, 31, 52 y 72 de vida.

Tabla 3.28. Consumo acumulado en g. en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) para los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) en las semanas 20, 26, 31, 52 y 72 de vida.

SEM	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
20	8777,88	9658,68	9265,78	9234,11	7073,57	9094,55	6810,72	7659,61	8677,97	9510,61	7769,65	8652,74
26	14465,63	14733,68	14197,59	14465,63	12127,10	13698,13	10556,06	12127,10	13572,22	15085,08	12059,37	13572,22
31	19483,61	19858,04	19109,19	19483,61	16182,48	17975,05	14389,14	16182,22	18086,22	19753,08	16419,36	18086,22
52	40349,93	43581,72	42221,49	42051,05	26217,60	34190,13	31705,19	30704,31	32786,90	42630,24	34561,90	36659,68
72	60616,81	62504,79	60144,23	61088,61	39936,12	46698,13	45505,32	44046,52	49529,60	58759,95	49055,78	52448,44

En la semana 20, la raza Ibicenca por lo general consumía unos 0,6 Kg. más que la Menorca y 1,6 Kg. más que la Mallorquina.

Estas diferencias de consumo se han incrementado con respecto a la Menorca en la semana 31, pues ésta ha sido de 1,4 Kg. aproximadamente, pero se han acrecentado aún más de forma notable con respecto a la Mallorquina, ya que la raza Ibicenca ha alcanzado a consumir unos 3,3 Kg. más que ésta en esa semana.

Si consideramos la semana 52, las diferencias se han hecho más evidentes, y así la raza Ibicenca ha consumido alrededor de 42 Kg. de pienso, aproximadamente unos 5 y 11 Kg. más que las razas Menorca y Mallorquina respectivamente.

Por último, **en la semana final del control, que ha sido la 72**, las diferencias se han acentuado aún más, **alcanzando la raza Ibicenca un consumo ligeramente superior a los 61 Kg. de pienso, superando en aprox. 9 Kg. el consumo de la Menorca y en 17 Kg. el de la Mallorquina.**

Los datos relativos al consumo de la Menorca que en nuestro trabajo han sido de 52,45 Kg., resultan muy similares aunque algo superiores a los obtenidos en estudios precedentes (Villalba et al., 2007) que citaron una media de consumo de esta raza de 51 Kg. a las 72 semanas.

El promedio del consumo de los tres lotes se muestra de una forma más visual en el gráfico 3.19.

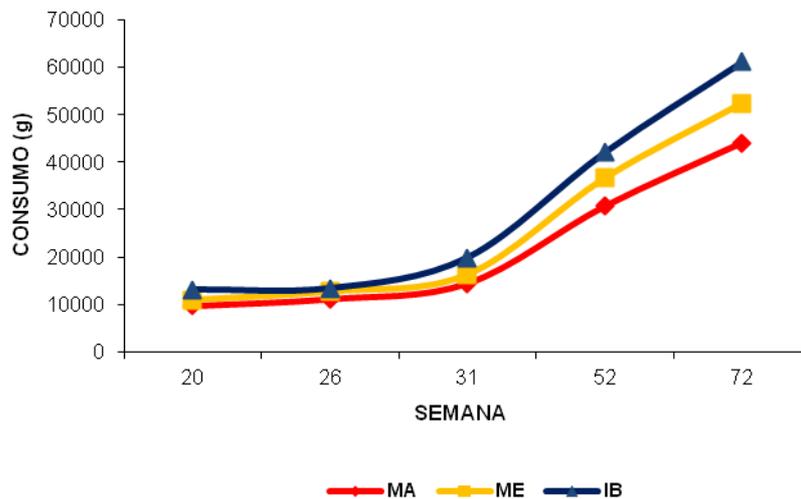


Gráfico 3.19. Consumo de pienso promedio (g.) de los tres lotes de gallinas de las tres razas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) a las 20, 26, 31, 52 y 72 semanas de vida.

Si comparamos dichos resultados con los obtenidos por otras razas españolas, en un estudio realizado con las catalanas (Andreu, 2004), en el que se reflejaba el consumo para líneas madre y padre de Penedesenca Negra, Empordanesa Roja y únicamente madre de Prat Leonada, en la semana 52, las líneas madre, que se consideran tradicionales, tenían consumos en torno a los 39 Kg., valores que resultan menores a los 42 Kg. de la raza Ibicenca, pero superiores a los 37 y 31 Kg. de consumo que han experimentado las razas Menorca y Mallorquina respectivamente en esa semana.

Si hacemos referencia a los consumos mostrados por las líneas padre de las razas Penedesenca y Empordanesa en esa misma semana, líneas que han sido mejoradas, los consumos fueron ya notablemente superiores, del orden de 49 Kg.

Este trabajo presenta el registro del control del consumo de estas 5 líneas hasta la semana 60, momento donde las líneas madre de las tres razas tienen consumos que superan los 45 Kg., mientras que las líneas padre registran consumos que están en torno a los 56 Kg.

Otro estudio anterior llevado a cabo en las razas catalanas (Francesch, 1997c) reflejaba consumos a las 72 semanas para las líneas madre tradicionales de Prat, Penedesenca y Empordanesa de 53,3, 50,4 y 50,8 Kg. respectivamente.

Estos consumos son del orden del que ha presentado la raza Menorca, pues el registrado por la raza Ibicenca ha sido muy superior, 61,08 Kg. y el de la Mallorquina, ha resultado inferior, 44,05 Kg. en esa misma semana.

Si consultamos en la bibliografía los trabajos existentes en estirpes comerciales que nos orienten acerca de su consumo acumulado, encontramos que las reproductoras Label (SASSO) consiguen un consumo acumulado a las 66 semanas de vida de 45,4 Kg., mientras que las reproductoras pesadas (SASSO) ya obtienen un consumo mayor, de 59 Kg. en esa misma semana.

Otro trabajo existente en una línea híbrida de ponedoras campero-INTA (Pletsch et al., 2009), reporta consumos de 8,25 Kg. en la semana 20, valores que resultan inferiores al consumo que han experimentado las razas Ibicenca y Menorca en esa semana, que han sido del orden de 9,23 y 8,65 Kg. respectivamente, pero superiores al que ha tenido la Mallorquina, que ha sido de alrededor de 7,7 Kg.

A continuación, en la tabla 3.29. se expone el consumo diario en esas mismas semanas así como el consumo promedio que ha tenido cada raza balear a lo largo de su vida productiva.

Con el fin de mostrar los datos de una forma estandarizada para poder establecer comparaciones con los datos existentes en la bibliografía para otras razas aviares, y teniendo en cuenta que las razas baleares que aquí se estudian no iniciaron su puesta hasta al menos la semana 25, se ha optado por considerar igualmente como periodo de vida productiva el estipulado estandar en la avicultura actual, que es el que discurre entre las 20 y 72 semanas de vida.

Tabla 3.29. Consumo diario en g. en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) para los tres lotes (1, 2 y 3) y su promedio (P) en las semanas 20, 26, 31, 52 y 72 de vida, así como el consumo promedio de la raza a lo largo de su vida productiva, considerada ésta entre las 20 y las 72 semanas (CVP).

	IB				MA				ME			
SEM	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
20	116,88	110,12	117,63	114,88	86,53	114,86	85,71	95,70	112,24	116,80	108,16	112,40
26	135,42	120,83	117,42	124,56	120,32	109,61	89,17	106,37	116,53	132,73	102,14	117,13
31	143,37	146,41	140,33	143,37	115,87	122,20	109,52	115,86	128,97	133,37	124,57	128,97
52	141,95	161,39	157,23	153,52	68,27	110,31	117,80	98,79	100,00	155,63	123,42	126,35
72	144,76	135,16	128,02	135,98	97,99	98,57	98,57	98,38	119,59	115,21	103,53	112,78
CVP	142,41	145,18	139,78	142,46	90,28	103,31	106,30	99,96	112,23	135,30	113,42	120,32

Dado que habrán existido factores que hayan estado fuera de nuestro control en las condiciones en las que se encontraba cada lote, se han dado diferencias en los comportamientos de cada caso concreto, que no se han podido explicar. Debido a esta incapacidad de dar respuesta a lo sucedido en cada lote y raza concreta, se ha decidido dar una posible explicación de estos consumos sobre los promedios generales de la raza en cada semana.

Así, de la tabla anterior podemos extraer que **el consumo diario promediado a partir de los tres lotes ha sido, ya desde la semana 20, superior en la raza Ibicenca.** Sin embargo, las diferencias con respecto a la raza Menorca únicamente han sido de aproximadamente 2,5 g., mientras que con respecto a la Mallorquina han radicado en los 19 g.

Se aprecia también como este consumo se va incrementando progresivamente y consigue un valor máximo para la raza Ibicenca del orden de 153 g. en la semana 52, a diferencia de lo que sucede en las otras dos razas, que han alcanzado sus valores máximos en el control realizado en la semana 31. Estos valores han sido de alrededor de 129 g. para la raza Menorca y de 116 g. para la Mallorquina.

En la fase final del estudio en la semana 72, los consumos han descendido en las tres razas, obteniendo la Ibicenca un consumo 17 g. menor que el marcado en la semana 52, siendo éste de 136 g., mientras que los de las razas Menorca y Mallorca han sido del orden de 16 y 18 g. menor que los registrados por esas mismas razas en la semana 31.

Parece que **este parámetro ha seguido también la tónica que se ha venido describiendo para otros estudiados anteriormente, en los cuales la raza Menorca ha logrado valores intermedios y la Mallorquina los más bajos de las tres razas.**

Aunque debemos mencionar, como también ha sucedido con otros parámetros, que esta última raza parece haberse mantenido más estable, puesto que es la que ha sufrido la menor variación en los consumos de las semanas 52 y 72.

Observando la tabla de forma general, obviando las diferencias más concretas y haciendo hincapié en los promedios, se podría entrever cierta tendencia similar en las tres razas, aunque no coincidan exactamente en el tiempo, a disminuir el consumo de forma semejante.

Este hecho podría encontrar una justificación que tuviera que ver con la estación del año en que tocara realizarse el control de consumo, teniendo en cuenta que las aves consumen menores cantidades de alimento en los periodos en los que las temperaturas son más elevadas, y por tanto, en los meses de verano.

En líneas generales podemos decir que, cuando se realizaban los controles correspondientes al periodo comprendido entre la semana 31 y la 52, los lotes 1 y 2 se encontraban entre los meses de enero y mayo, y febrero y junio respectivamente, mientras que el lote 3, cuyo nacimiento fue posterior, se hallaba en los meses de marzo a julio.

A grandes rasgos, este periodo ha coincidido generalmente con las estaciones de invierno y primavera, que suponen una época de temperaturas más bajas, lo cual podría explicar el que puedan haberse dado de forma global mayores consumos.

En cambio, en el periodo que abarca desde la semana 52 a la 72, el lote 1 se hallaba ya entre los meses de mayo y octubre, mientras que el 2 atravesaba la etapa que iba de junio a noviembre. Por último, el lote 3 se encontraba entre los meses de julio y diciembre.

Prácticamente los tres lotes han pasado por la estación del verano en este periodo de tiempo, con lo que en general, cabría esperar que hubieran consumido menores cantidades de pienso, que es lo que parece haber ocurrido.

Por tanto, en cierta manera tiene su lógica el observar esa disminución de consumo que se aprecia en la semana 72 con respecto a la 52.

Si cotejamos estos datos de consumo individual acumulado de las razas baleares con el obtenido para otras razas españolas, en un estudio en el que se comparan las razas Prat, Euskal Oiloa y Castellana (Martínez et al., 1984), se citan consumos diarios a las 52 semanas de 151, 171 y 146 g. para cada una de ellas respectivamente.

Para esa semana concreta, la raza Ibicenca ha experimentado un consumo alrededor de 7 g. mayor que el de la Castellana, mientras que ha superado ligeramente el de la Prat en 2,5 g., mas éste ha sido notablemente menor al conseguido por la Euskal Oiloa, que resulta 18 g. mayor.

Las otras dos razas baleares han tenido consumos sensiblemente menores a estas razas españolas en esa semana 52, estando el de la raza Menorca en los 126 g. y siendo el de la Mallorquina el valor que se aleja más, registrando un consumo que no ha alcanzado los 100 g.

Estudios llevados a cabo en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009) también exponen consumos medios diarios experimentados por las dos variedades de esta raza, Negra y Trigueña a las 25, 30, 52 y 72 semanas de vida.

Para la semana 25 se registran consumos de 78 y 82 g. para las variedades Negra y Trigueña respectivamente, mientras que en la semana 30, los valores están en torno a los 89 g. para las dos variedades, valores que a pesar de que en nuestro trabajo el control se haya realizado una semana más tarde, en la 31, están muy por debajo de los conseguidos por las tres razas baleares.

En la semana 52, las variedades Negra y Trigueña registran valores de 93 y 88 g. respectivamente, de lo cual parece vislumbrarse que la variedad Trigueña podría manifestar valores de consumo aparentemente más constantes, aunque en todo caso siempre inferiores a los experimentados por las razas baleares en esa semana, pues la menor diferencia radica en el consumo de la Mallorquina, y es entre 7 y 10 g. superior.

A diferencia de lo que sucede para las razas baleares, el consumo se ha incrementado en la semana final del control con respecto a las anteriores, hallándose en esta semana 72 el

máximo conseguido, que es de 127 y 131 g. para las variedades Negra y Trigueña respectivamente.

Estos consumos, aunque inferiores, se asemejan a los conseguidos por la raza Ibicenca más que a los obtenidos por las otras dos razas baleares.

Podemos establecer comparaciones entre los consumos existentes en las razas baleares con los que experimentan estirpes comerciales desarrolladas en otros países, tal es el caso de Argentina, donde el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) lleva a cabo cruzamientos entre razas semipesadas, para obtener aves que se destinan a la producción de huevos para consumo y que se denominan “Negra-INTA” y “Rubia-INTA”.

Así, en un trabajo realizado con pollitas de la línea Rubia-INTA (Revidatti et al., 2006) del que se tienen datos del consumo desde la semana 13 a la 27, se observa que el máximo consumo es el que se da entre las semanas 24 y 25, cuyos valores están en torno a los 118 g.

A partir de ese punto, los consumos bajan a los 80 g. en la semana 26, lo cual en el estudio se justifica debido al cambio de ración de recría a puesta, a una baja capacidad de ingestión de las pollitas y elevadas temperaturas en el momento del estudio. Parece que empiezan a recuperarse ligeramente ya a partir de la semana 27, alcanzando valores de 90 g.

Estos consumos están por debajo de los experimentados en las razas baleares, que en la semana 26 han sido de alrededor de 125, 117 y 106 g. para las razas Ibicenca, Menorca y Mallorca respectivamente.

Pasando a hacer referencia a los consumos medios diarios de las gallinas baleares a lo largo de toda su etapa productiva, ha sido la raza Ibicenca la que lo ha tenido mayor, siendo éste de alrededor de 142 g. La raza Menorca ha tenido el segundo mayor consumo, 120 g. aproximadamente, mientras que el de la Mallorca ha rondado los 100 g.

Diversas fuentes de información, citan un consumo, que se prevee medio diario, de 100-115 g. para ponedoras ligeras Leghorn y de entre 105-120 g. para las semipesadas (Rhod Island Red, New Hampshire, Plymouth Rock Barrada).

A pesar de que estos datos suponen unos rangos bastante amplios, parece ser que las razas Menorca y Mallorquina presentan un consumo medio diario más similar a los de estas razas comerciales, mientras que la Ibicenca resulta sensiblemente superior.

Existe otra reseña (Ortiz, 2002) que establece que el consumo medio diario en estirpes comerciales mantenidas con alimentación ad libitum está en torno a los 125 g. al año de puesta, siendo éste por tanto, del orden del que presenta la raza Menorca, y menor que el que ha tenido la Ibicenca.

Si buscamos los consumos medios diarios que proporciona el ISA para sus estirpes de ponedoras comerciales, apreciaremos que en las ISA Brown y White, estos son, en el momento de escritura de esta tesis doctoral, de 111 y 110 g. respectivamente. El resto de estirpes ponedoras que esta institución ofrece, también poseen unos consumos medios del mismo orden, estando comprendidos entre los 104 y los 123 g. (<http://www.isapoultry.com/Products.aspx>).

En el caso de las ponedoras Lohmann, los consumos medios diarios radican en este momento, en torno a los 110-120 g. tanto para la Lohmann Brown Classic como para la Lite. (<http://www.lohmanngb.co.uk/products-breeds>).

Estos valores, una vez más, se asemejan más a los de las razas Menorca y Mallorquina, que a los de la Ibicenca, que son muy superiores.

3.3.2.4. ÍNDICES DE CONVERSIÓN EN PUESTA.

Cuando se estudia la producción de huevos, un dato al que se debe hacer referencia en cualquier estudio de puesta es el **IC (Kg. de pienso/docena de huevos)**, que se define como el pienso invertido (en Kg.) desde el día de vida por docena de huevos.

En la tabla 3.30. se exponen los IC (Kg. de pienso/docena de huevos) a las 40, 52 y 72 semanas de vida, coincidiendo con la edad alrededor de la cual las gallinas baleares experimentan el pico de puesta, al año de vida y al que sería el año de puesta, que se estima estándar para la mayoría de las razas, si consideramos que estas inician la puesta aproximadamente alrededor de la semana 20 de vida.

Tabla 3.30. IC/docena en las tres razas de gallinas baleares: Ibicenca (IB), Mallorquina (MA) y Menorca (ME) para cada lote (1, 2 y 3) y su promedio (P) a las 40, 52 y 72 semanas de vida.

SEM	IB				MA				ME			
	1	2	3	P	1	2	3	P	1	2	3	P
40	13,04	5,90	5,66	6,93	16,14	12,68	7,04	10,43	8,69	7,03	6,37	7,17
52	5,38	4,60	4,62	4,83	8,06	8,11	5,95	7,20	4,69	5,79	5,04	5,18
72	5,71	4,61	4,86	5,02	6,34	6,76	5,84	6,29	4,30	5,28	5,09	4,87

Si comparamos en primer lugar los resultados obtenidos para las tres razas baleares, se aprecia que en la semana 40 y en torno al pico de puesta, **la raza Ibicenca ha resultado ser la que ha conseguido un mejor IC en puesta**, con un valor medio de 6,93. La raza Menorca, ha obtenido un índice ligeramente superior, de 7,17. Sin embargo, la Mallorquina ha mostrado un IC que dista bastante de las otras dos, 10,43, alrededor de 3 puntos superior al de éstas.

A través de la tabla 3.30. observamos como para el primer lote en las razas Ibicenca y Mallorquina, el IC ha sido muy elevado, y ello puede explicarse debido a que probablemente por causas ambientales ajenas a nuestro control, el número de huevos acumulado para estas dos razas en este lote (cuyos valores se exponen en la tabla 3.23.), ha sido muy bajo y notablemente inferior a los otros dos lotes, y ello ha hecho que este IC en puesta del lote 1 sea tan diferente al resto.

Por el contrario, esta marcada diferencia entre el lote 1 y los otros dos en la semana 40, no se ha apreciado en la raza Menorca, que ha manifestado IC similares en los 3 lotes.

En la semana 52, se puede apreciar como los IC han mejorado en las tres razas, siendo una vez más el de la Ibicenca el menor, 4,83, seguido del de la raza Menorca, con la cual las diferencias no han sido muy acentuadas, pues su IC ha resultado solamente algo más de tres décimas superior. Una vez más, la Mallorquina ha presentado el valor más alto y más distanciado, un IC de 7,20.

Finalmente, si **analizamos los IC en la semana 72**, nos percataremos de que a diferencia de lo que venía sucediendo en las dos semanas anteriores, esta vez ha sido **la raza Menorca la que ha conseguido el menor IC**, siendo éste de **4,87**. Este valor ha resultado inferior al conseguido a la misma edad en un estudio anterior (Villalba et al., 2007), donde se exponía un IC en puesta para esta raza de de 5,1.

La raza Ibicenca ha manifestado un IC en torno a 5 mientras que el de la Mallorquina ha sido superior a 6.

Un hecho que resulta interesante comentar en este punto es que **tanto la raza Mallorquina como la Menorca, han experimentado una mejora en este IC al pasar de la semana 52 a la 72**, es decir, que en los dos casos ha descendido, mientras que para la raza Ibicenca no ha sido así, y el IC **se ha incrementado**.

Si ahora hacemos referencia a los IC que se reseñan en la bibliografía para otras razas españolas, en el caso de las razas mejoradas catalanas (Francesch, 2000), registró para la Empordanesa Roja un IC en puesta de 2,77, mientras que el de la Penedesenca Negra fue ligeramente superior, 3,02. La Prat Leonada obtuvo un IC en puesta de 3,65.

Estos IC en puesta de estas tres razas catalanas, son mucho menores que los que se han hallado en nuestro trabajo para las tres razas baleares en cualquiera de las semanas que en la tabla se exponen.

Dichos IC en puesta también han sido calculados en la raza Sobrarbe (Cajal, 2009), que resultan ser de 3,29 para variedad Negra, y algo menor en la Trigueña, con un valor de 3,15.

Igual que sucedía para las catalanas, estos índices son mucho mejores que los obtenidos aquí para las razas baleares.

En base a la bibliografía existente para estirpes de ponedoras comerciales que es muy diversa, y resumiendo las informaciones encontradas, se establece que las Leghorn tienen unos IC (Kg./docena) de entre 1,7 y 1,9. Sin embargo, las semipesadas tipo Rhode Island Red, New Hampshire o Plymouth Rock Barrada los poseen mayores, estando estos comprendidos entre 2,5 y 2,8.

Otra fuente relativa a la producción de ponedoras comerciales (Ortiz, 2002), expone que en condiciones de alimentación ad libitum, se obtiene un IC de 2,75. Si a estas mismas gallinas se les aplican programas de restricción alimentaria, los IC que presentan son menores, entre 1,86 y 2.

Como bien se aprecia, todos los IC de estas estirpes comerciales, resultan considerablemente mejores que los presentados en este trabajo para las razas baleares.

Se han buscado los IC en puesta para las estirpes comerciales ISA y Lohmann. En ambos casos, estos se expresan en unidades diferentes, concretamente Kgs. de pienso consumido necesario para conseguir un Kg. de masa de huevos.

Las gallinas ponedoras ISA Brown e ISA White muestran IC (Kg. de pienso/ Kg. de huevos producido) de 2,15 y 2,11 respectivamente. Las demás estirpes de ponedoras que este instituto ofrece al mercado también manifiestan unos IC similares, que oscilan entre los 2,04 y los 2,45, según los datos de su web en el momento de redacción de este apartado (<http://www.isapoultry.com/Products.aspx>).

Las ponedoras Lohmann Brown Classic y la Lite, también presentan unos IC (Kg. de pienso/Kg. de huevos) de alrededor de 2,0-2,1, según la información que de igual modo que la anterior, se aporta en su página web en el instante en el que se escribe el presente trabajo (<http://www.lohmanngb.uk.co/products-breeds>).

Aunque estos IC en puesta en masa de huevos a priori pudieran dar resultados similares a los obtenidos cuando se expresan por docena de huevos, al tener unidades diferentes, no resultan comparables con los mostrados en el presente trabajo para las razas baleares.



Foto 3.12. Gallinas jóvenes de raza Menorca.

3.4. CONCLUSIONES.

Tras haber realizado el análisis de todos los aspectos relativos al crecimiento y puesta que en el trabajo se trataban, podemos esbozar las conclusiones finales siguientes:

1. La raza Ibicenca ha resultado ser la más pesada tanto en gallos como en gallinas, así como la que ha logrado un peso a la madurez (A) más elevado. La Menorca ha ocupado el segundo lugar y la Mallorquina el último.
2. Los gallos de la raza Ibicenca han sido los más precoces en alcanzar los 2,1 Kg. de peso vivo, el establecido como el mínimo comercial, pues lo han hecho a las 16 semanas, mientras que la Menorca lo ha hecho a las 20 semanas y la Mallorquina a las 26.
3. La raza Ibicenca ha tenido mayor consumo individual acumulado e individual diario, tanto en gallos como en gallinas, seguidos por la raza Menorca y finalmente, por los gallos y gallinas de la raza Mallorquina.
4. Aún consumiendo una mayor cantidad de pienso total, los gallos de la raza Ibicenca han mostrado un mejor IC, resultando ser esta raza la más capacitada para la producción cárnica alternativa de tipo extensivo.
5. Los gallos y gallinas de la raza Ibicenca han manifestado también un peso en el punto donde la velocidad de crecimiento es máxima (W_i), significativamente superior al de la raza Menorca, siendo éste a su vez significativamente mayor al de la raza Mallorquina.
6. No se han observado diferencias entre razas en relación a la edad en la que alcanzan el máximo crecimiento (T_i) ni para los gallos ni en las gallinas.
7. La raza Mallorquina ha mostrado un grado de madurez en el momento en que los gallos alcanzan el peso mínimo de sacrificio (u_{ps}), significativamente más avanzado, que la raza Menorca, y que la Ibicenca, relegada a la última posición, con un porcentaje relativamente inferior.
8. Las gallinas de las tres razas baleares parecen presentar aproximadamente el mismo grado de madurez en peso al inicio de la puesta (u_{ip}).

9. La raza Ibicenca ha resultado ser la que ha mostrado el inicio de puesta de la manada más temprano, ligeramente previo al de la Mallorquina, mientras que la Menorca ha ocupado el último lugar.
10. La raza Ibicenca ha registrado un mayor pico de puesta en la semana 39. La raza Menorca a pesar de haber mostrado su pico de puesta en esa misma semana, ha tenido una puesta menor. Finalmente, la Mallorquina ha alcanzado su pico de puesta, ya sensiblemente inferior al resto, dos semanas más tarde.
11. La raza Ibicenca ha presentado una mayor puesta acumulada a la semana 72, secundada por la raza Menorca y siendo la de la Mallorquina la menor de todas.
12. La raza Ibicenca ha logrado pesos del huevo significativamente superiores a los conseguidos por las otras dos razas baleares, siendo la única de las tres razas cuyo peso promedio global ha sobrepasado los 60 g.
13. La raza Ibicenca ha experimentado el mayor consumo acumulado e individual diario en la semana 72, así como el mayor consumo medio a lo largo de su vida productiva. La raza Menorca ha ocupado el segundo lugar, y la Mallorquina, el tercero.
14. La raza Menorca ha resultado ser la que ha presentado el mejor IC (Kg. pienso/docena de huevos) al final del control realizado en la semana 72.



Foto 3.12. Gallos y gallina de la raza Ibicenca variedad *Negra Barrada*.

4. ESTUDIO GENÉTICO COMPARADO A PARTIR DEL ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES.

4.1. INTRODUCCIÓN.

4.1.1. MARCADORES GENÉTICOS.

En las últimas décadas los avances realizados en las técnicas de biología molecular han permitido, gracias al valioso descubrimiento de la PCR (Mullis et al., 1986), el estudio y la medición de la variabilidad genética existente a nivel molecular entre y dentro de los individuos de una población, la cual se ha usado para la mejora y la conservación de esas poblaciones (Araguren-Méndez et al., 2005).

Esta variación, también denominada polimorfismo, se deriva de cambios espontáneos en el DNA, y supone desde sustituciones de un único nucleótido hasta mutaciones que impliquen mayores números de sitios nucleotídicos (Dodgson et al., 1997).

Estos cambios pueden medirse mediante el uso de marcadores genéticos o moleculares, los cuales deben tener una adecuada distribución a lo largo del genoma y un alto grado de polimorfismo, a la vez que la técnica para analizar dichos marcadores debe ser rápida, práctica y repetible con fiabilidad en otros laboratorios (Cheng and Crittenden, 1994).

Según Dodgson et al. (1997), los marcadores pueden clasificarse en dos categorías:

- Marcadores fingerprint, que no requieren a priori del conocimiento de la secuencia de la región polimórfica, fundamentándose en la detección de polimorfismos al azar.

Algunos de los marcadores más usados dentro de este tipo son:

-Randomly Amplified Polymorphic DNA (RAPD): el método se basa en el uso de oligonucleótidos iniciadores cortos, los cuales se amplifican mediante el uso de la PCR generando una serie de fragmentos de amplio espectro a partir del DNA molde (Araguren-Méndez et al., 2005). Posteriormente los fragmentos amplificados polimórficos pueden ser mapeados. Los productos generados se separan mediante electroforesis y las bandas visualizadas representan los distintos loci (Becerra y Paredes, 2000).

Esta técnica tiene una baja repetibilidad y requiere el uso de un gran panel de RAPDs, lo cual supone un elevado coste económico y analítico. Además es un marcador de tipo dominante, lo cual no permite discriminar la existencia de heterocigotos y por tanto, subestima la cantidad de polimorfismo existente (Levin et al., 1994).

-Amplified fragments of long polymorphism (AFLP). Esta técnica se basa en una amplificación por PCR selectiva de fragmentos de restricción a partir de la digestión total

de DNA genómico (Vos et al., 1995). La combinación con la PCR incrementa la utilidad del análisis de la digestión del enzima de restricción, convirtiéndolo en un potente método de genotipado. A diferencia de los RFLPs que únicamente pueden muestrear un locus cada vez, los AFLPs pueden muestrear cientos de loci nucleares sin requerir información previa sobre la secuencia.

-Variable Number of Tandem Repeats – Minisatélites (VNTR). Estos marcadores fueron descubiertos por Jeffreys et al. (1985) y consisten en repeticiones al azar en tándem de una secuencia pequeña (de 10 a 60 pares de bases) altamente polimórficos y con elevadas tasas de heterocigosis en las poblaciones (Vance and Othmane, 1998).

Los polimorfismos resultan de las diferencias alélicas en el número de repeticiones (Jeffreys et al., 1998).

- Marcadores basados en la clonación-secuenciación de un fragmento de DNA conocido. En este grupo se encuentran diferentes tipos de marcadores como:

- Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP).

- SNPs (Polimorfismos de base única).

- Secuencias de sitios marcados (STS).

- Secuencias expresadas marcadas (EST).

- Alozimas.

- SSR_s (short sequence repeats), STR_s (short tandem repeats) o microsatélites.

A continuación definiremos algunas características y particularidades de algunos de los marcadores de este grupo.

-SNP: tipo de polimorfismo que se debe a la diferencia en una simple posición nucleotídica, ya sean sustituciones, deleciones o inserciones de un solo nucleótido. Su alta frecuencia en el genoma y su baja tasa de mutación, hacen que se constituyan como elementos deseables para la construcción de mapas genéticos.

-RFLP: la técnica es una de las primeras que se describió (Botstein et al., 1980), tratándose de enzimas de restricción que cortan el DNA por sitios específicos (secuencias nucleotídicas de reconocimiento) y generan fragmentos de DNA de diferentes tamaños cuando las mutaciones han creado o destruido los sitios de restricción (Parker et al., 1998). La identificación de estos fragmentos requiere del uso de geles de electroforesis

para separar los fragmentos que difieren en tamaño y además esta técnica tan solo identifica dos alelos por locus, por lo que la variabilidad obtenida es reducida.

-Alozimas: son las variantes de un mismo enzima, codificadas por diferentes alelos de un mismo locus (Mueller and Wolfenberg, 1999).

-Microsatélites o SSR (*Short Sequence Repeat*) o STR (*Short Tandem Repeat*). Por ser los marcadores de elección en este trabajo, estos se definen ampliamente en el siguiente apartado.

En la tabla 4.1. se presenta una compilación de las características y los principales usos de los marcadores más relevantes.

Tabla 4.1. Características y usos de los principales marcadores de DNA.

MARCADOR	POLIMORFISMO	ESTABILIDAD AMBIENTAL	Nº LOCI	REPRODUCIBILIDAD	APLICACIÓN	REQUIERE	PRINCIPAL USO
RFLP	BAJO-ALTO	ALTA	ALTO	ALTA	LENTA-CARA	DNA CLONADO	MAPAS LIGAMIENTO
RAPD	MEDIO-ALTO	ALTA	ALTO	MODERADA-ALTA	RÁPIDA-CARA	OLIGOS ALEATORIOS	FINGER PRINTING
AFLP	MEDIO-ALTO	ALTA	ALTO	ALTA	LENTA-CARA	SET DE OLIGOS DISEÑADOS Y ESPECÍFICOS	MAPAS LIGAMIENTO
VNTR	MEDIO-ALTO	ALTA	ALTO	ALTA	INTERMEDIA	SECUENCIAS REPETITIVAS Y PRUEBAS HIBRIDACIÓN	FINGER PRINTING
MICROSAT	ALTO	ALTA	ALTO	ALTA	LENTA-CARA	DNA CLONADO Y SECUENCIAS	MAPAS LIGAMIENTO
SNP	BAJO	ALTA	BAJO	ALTA	LENTA-CARA	DNA CLONADO Y SECUENCIAS	DETECCIÓN DE HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS

4.1.2. DEFINICIÓN DE MICROSATÉLITES. APLICACIONES.

Los microsatélites, denominados también SSR_s (*Short Sequence Repeat*) o STR_s (*Short Tandem Repeat*) son un tipo de marcadores moleculares de DNA cuyo uso empezó a realizarse a partir de finales de los años 80 (Litt and Luty, 1989; Tautz, 1989; Weber and May, 1989), sustituyendo a los marcadores bioquímicos y morfológicos.

Son segmentos cortos de DNA de 1 a 6 pares de bases (pb), que se repiten en tándem entre 10 y 30 veces de forma aleatoria en el genoma de los seres vivos.

Constituyen tramos de secuencias simples de DNA con un alto grado de hipervariabilidad, de gran abundancia y bien distribuidas en el genoma de eucariotas, ubicándose uniformemente en los cromosomas (Litt and Luty, 1989). Aunque en animales domésticos tienen una presencia muy escasa en regiones teloméricas y centroméricas (Winter et al., 1992).

En estos organismos eucariotas, se puede hallar un microsatélite por cada 10.000 pb de bases (Tautz, 1989). Sin embargo, son muy poco patentes en genomas procariotas (Hamada et al., 1982; Weber and May, 1989).

La frecuencia de las diversas secuencias de microsatélites difiere según el genoma estudiado, aunque las más comunes parecen ser las repeticiones dinucleotídicas, seguidas de las mononucleotídicas y trinucleotídicas, viniendo a continuación el resto de patrones en menor medida (Tautz and Renz, 1984; Beckmann and Saller, 1990).

Poseen un mecanismo común de evolución (Tautz, 1989) además de mantenerse altamente conservados en especies próximas (Stallings et al., 1991), lo cual apunta a que dicha conservación sea porque desempeñan una función concreta, pese a que no se haya esclarecido aún cual es esa verdadera funcionalidad.

Aunque sí se han propuesto diversas hipótesis acerca de ésta. Algunos autores (Nordheim and Rich, 1983) consideran que los microsatélites podrían estar implicados en el mantenimiento de la estructura de los cromosomas, fundamentalmente debido a la capacidad que tienen secuencias del tipo $(CA)_n$ de adquirir una conformación de Z-DNA. Otros (Gross and Garrad, 1988; Vanhala et al., 1998) defienden que podrían facilitar el empaquetamiento del DNA durante la condensación cromosómica en la meiosis.

También se les han atribuido funciones relacionadas con la regulación génica, tanto como responsables de incrementar la velocidad de la transcripción de un gen (Hamada et al., 1984) como de ralentizarla (Clark, 1990). Incluso hay autores (Murphy and Stringer, 1986) que los han vinculado con puntos de alta frecuencia de recombinación (*Hot Spots*).

El estudio del DNA a partir de microsatélites es una de las técnicas más usadas para calcular las distancias genéticas que nos permiten establecer las diferencias entre razas.

Estos marcadores han reemplazado o complementado a otros marcadores o metodologías genéticas en las aplicaciones evolutivas y la conservación de especies

(Araguren-Méndez et al., 2005), debido a que poseen una serie de características sumamente ventajosas:

-Son multialélicos y altamente polimórficos (Cheng et al., 1995). Podemos considerar un marcador como polimórfico si la frecuencia de uno de sus alelos es igual o menor a 0.95 (Cavalli-Sforza y Bodmer, 1981). Aunque algunas veces se considera el 0.99.

El que los microsatélites sean polimórficos implica que la distancia genética entre razas se puede calcular basándonos en las frecuencias alélicas y que las relaciones filogenéticas entre razas pueden ser estimadas.

-Tienen un modelo de herencia mendeliana estable que es simple y codominante, lo cual permite diferenciar los dos alelos y por tanto, los individuos homocigotos de los heterocigotos (Tautz, 1989).

-Son fácilmente medibles y analizables, con una confiabilidad del 100%.

-Sus resultados son sencillamente interpretados y fácilmente transferibles entre laboratorios, además de tener una reproducibilidad muy alta y ser potencialmente automatizables.

-Se obtienen por PCR, por lo que se necesitan pequeñas cantidades de DNA.

Todas estas características explican sus múltiples aplicaciones actuales en el campo de la genética molecular:

-Son útiles en la identificación individual y las pruebas de paternidad, parentescos, asignación de individuos a razas o poblaciones, el control del pedigrí de una raza, la planificación de apareamientos y otros aspectos reproductivos.

-Se usan en el mapeo genético y en la identificación de genes de interés QTL's (quantitative trait loci),

-Son relevantes en estudios genéticos de manejo y conservación de poblaciones.

-Se emplean como predictores del vigor híbrido en animales heterocigotos, detectores de poblaciones consanguíneas, estimadores de los niveles de variabilidad genética dentro de las poblaciones y para analizar las relaciones existentes entre las mismas.

-Permiten examinar el ligamiento entre la distribución geográfica y la genética de poblaciones, y realizar análisis filogenéticos.

-Se utilizan para realizar la certificación de productos, es decir, comprobar su pertenencia a una raza u origen.

Todo ello se traduce en que se hallen en la bibliografía numerosos trabajos que describen el uso de estos marcadores en estas aplicaciones (Jones et al., 1986; Vaiman et al., 1994; Ashwell et al., 1996; Thieven et al., 1997; Bredbacka and Koskinen, 1999; Mommens et al., 1999; Cañón et al., 2001; Baron et al., 2002; Maudet et al., 2002; Dorji et al., 2003; Manel et al., 2003; Baudouin et al., 2004; Chikhi et al., 2004; Radko et al., 2004; Solignac et al., 2004; Aranguren-Méndez, 2005; Halbert et al., 2005; Reátegui, 2010).

Los microsatélites están precedidos por unas secuencias flanqueantes o “primers” que deben ser determinadas para su amplificación mediante PCR.

El polimorfismo de los microsatélites viene dado por el número de repeticiones en un determinado locus, revelado como variación en la longitud de los fragmentos de los productos de PCR.

Como se ha demostrado que se conservan entre diferentes poblaciones o razas de una misma especie, o incluso entre especies emparentadas como las gallinas y los pavos, pueden utilizarse en diferentes tipos de individuos. Sin embargo, debemos recalcar que los microsatélites en el genoma de la especie *Gallus* tienen una frecuencia y tamaño menores que los ubicados en los genomas de mamíferos, factores que dificultan el poder encontrar marcadores microsatélites útiles en esta especie (Cheng, 1997).

A pesar de que se han descrito algunos factores que podrían dificultar su aplicación, (Aranguren-Méndez et al., 2005), los cuales se explican a continuación, los marcadores microsatélites se presentan actualmente como un método preciso y eficiente para estimar la diversidad genética y las relaciones entre poblaciones (Takekazi and Nei, 1996; Muchadeyi et al., 2007).

Este uso se hace extensible también a las gallinas, existiendo estudios que han estimado este tipo de diversidad entre razas próximas (Takahashi et al., 1998; Ya-Bo et al., 2006) y para caracterizar y monitorizar la variabilidad genética en razas locales (Zanetti et al., 2010).

4.1.3. FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR AL USO DE MICROSATÉLITES.

Existen una serie de factores que pueden disminuir el poder y la sensibilidad de los microsatélites como marcadores, pudiendo ser una fuente de error que disminuya su utilidad en estudios genéticos. Tres de estos factores son, la homoplasia, la presencia de alelos nulos y el patrón mutacional.

4.1.3.1. Homoplasia.

Se dice que dos alelos son homoplásicos cuando poseen un estado idéntico, aunque no sea por descendencia (Estoup and Cornuet, 1999).

Se toman como idénticos por tener el mismo tamaño, sin embargo, ello no significa exactamente que sean idénticos ya que existen diferencias intrínsecas claras en cuanto a su estructura, presencia de inserciones o deleciones y cambios en la región flanqueante.

Al ser un polimorfismo que únicamente puede detectarse por secuenciación, puede pasar inadvertido en el caso de analizar individuos mediante amplificación por PCR y electroforesis (Araguren-Méndez et al., 2005).

4.1.3.2. Alelos nulos.

Se dice que un alelo es nulo cuando no puede ser amplificado por PCR, usualmente por causa de la existencia de una mutación en la región flanqueante del microsatélite, que constituye el punto de hibridación del *primer* (Araguren-Méndez et al., 2005). De esta forma, un individuo heterocigoto puede ser catalogado erróneamente como homocigoto al no amplificar uno de sus alelos (Pemberton et al., 1995; Dason et al., 1997).

Su detección resulta especialmente difícil si se presentan en baja frecuencia y no se tiene información genealógica fiable (Araguren-Méndez et al., 2005).

Estos alelos nulos sí serían detectables a partir del cálculo del déficit de heterocigotos para el equilibrio H-W (Neuman and Wetton, 1996) o bien si se presentara en homocigosis, ya que no se obtendría producto amplificado de un determinado individuo para ese locus.

Es aconsejable evitar el uso de marcadores que han sido catalogados como portadores de alelos nulos en ciertas poblaciones o razas para minimizar esta cuestión (Dawson et al., 1997; Mundy and Woodruff, 1996).

4.1.3.3. Patrón mutacional y tasa de mutación.

Los microsatélites poseen una tasa de mutación extremadamente alta. Este proceso habitualmente tiene como consecuencia un cambio en el tamaño de una repetición, aunque a veces pueden verse afectadas varias unidades de repetición (Beckmann and Weber, 1992).

Conocer los patrones mutacionales de los microsatélites resulta imprescindible si deseamos calcular las distancias genéticas a partir de las frecuencias alélicas de grupos de individuos (Darío, 2008). Para estimar parámetros poblacionales como la diferenciación genética o el número de migrantes por generación entre otros, es esencial asignar un modelo mutacional específico para estos marcadores ya que los valores de estos parámetros van a depender de ello (Goldstein and Schlotterer, 1999).

Tradicionalmente existen dos modelos principales contrapuestos a partir de los cuales modelar el proceso mutacional de los microsatélites: el modelo de alelos infinitos o infinitesimal IAM (acrónimo de su nombre en inglés Infinite Alleles Mutation) (Kimura and Crow, 1964) y el modelo mutacional por pasos o SMM (de su nombre en inglés Stepwise Mutation Model) (Kimura and Ohta, 1978).

En el **modelo IAM** una mutación puede involucrar a cualquier número de repeticiones (Darío, 2008) y se asume que la mayoría de nuevas mutaciones dan lugar de forma aleatoria a nuevos alelos distinguibles. Ello significa que los nuevos alelos mutantes son siempre diferentes a los que existían en la población original. Por tanto, en este caso no existe homoplasia o se considera despreciable.

En cambio, el **modelo SMM** asume que los alelos únicamente pueden mutar debido a la ganancia o pérdida de una sola unidad de repetición de la serie cada vez, pudiéndose convertir en algún alelo ya existente en la población. En este modelo sí puede existir por tanto, una homoplasia considerable.

En la bibliografía se cita la existencia de un tercer modelo, intermedio entre los dos anteriores, el de dos fases o TPM (del inglés Two Phases Model), que se basa en la teoría de coalescencia y asume diferentes procesos mutacionales e historia demográfica en la estimación de la varianza en el número de repeticiones de un microsatélite (Reátegui, 2010). Éste es una extensión del modelo SMM, pues permite que se den mutaciones de mayor magnitud que también pueden ser originadas a partir de uno o varios pasos mutacionales (Estoup et al., 2002). En este modelo se pueden dar tanto mutaciones viejas (alelos ya existentes en la población) como nuevas (alelos nuevos), suponiendo ello una cantidad de homoplasia menor que en el modelo SMM.

El modelo TPM en la práctica podría asemejarse más al IAM (Di Rienzo et al., 1994; Murray 1996).

Al principio se creía que los microsatélites seguían el patrón SMM, pero análisis experimentales corroboraron que no era así (Kwok et al., 1996), y que ello parece depender del tamaño de la unidad de repetición del microsatélite. Los microsatélites de repeticiones de 3-5 pb parecen seguir el modelo SMM (Tautz and Schlotterer, 1994) mientras que a los de 1 o 2 pb se les atribuyen los modelos IAM y TPM (Vanhala et al., 1998).

Con todo lo anteriormente expuesto parece ser que en los microsatélites se debe asumir cierta cantidad de homoplasia, la cual viene favorecida además por el limitado rango de alelos presentes en los microsatélites que reduce los posibles estados alélicos (Nauta and Weissing, 1996; Estoup et al., 1999).

En este punto debemos comentar la influencia que tiene también la tasa de mutación, la cual se estima elevada para los microsatélites, comprendida entre 10^{-3} y 10^{-5} mutaciones por locus y generación (Renwick et al., 2001) a la hora de establecer el patrón mutacional. Sin embargo, Takezaki and Nei (1996) llegaron a la conclusión de que conocer los detalles de éste no es relevante para la construcción de árboles filogenéticos.

4.1.5. REACCIÓN EN CADENA DE LA POLIMERASA (PCR).

Tal como se ha mencionado anteriormente la obtención de los marcadores microsatélites se realiza mediante la técnica de la PCR (Mullis et al., 1986), cuyo objetivo consiste en obtener un gran número de copias de un fragmento de DNA concreto a partir de una o muchas copias de la cadena original.

Ello se consigue gracias a la acción del enzima termorresistente DNA polimerasa TAQ, que se obtiene de la bacteria *Thermus aquaticus* y que es capaz de replicar fragmentos de DNA a una T^a óptima de 72°C, llegando a resistir temperaturas de hasta 95°C.

La duplicación de DNA in vitro se realiza de forma similar a como ocurre dentro de la célula, por lo cual se necesitan los mismos componentes: un DNA molde, desoxinucleótidos trifosfatados (dATP, dCTP, dTTP, dGTP), el enzima DNA polimerasa y los cebadores oligonucleotídicos.

La técnica se basa en la realización de un conjunto de ciclos, normalmente de 25 a 50, para lo cual se usa un aparato denominado termociclador.

Cada uno de estos ciclos tiene diferentes fases en las que existen variaciones de temperatura. La primera fase es la desnaturalización de la doble cadena de DNA, que ocurre a altas temperaturas, entre los 90 y los 95° C.

A continuación tiene lugar el anillamiento del primer a su punto de unión al DNA, lo cual sucede a una T^a más baja propia para cada marcador.

Por último, se procede a la fase de elongación, lo que requiere normalmente temperaturas de 72° C aprox. (Fisher et al., 2000).

Existe la posibilidad de amplificar simultáneamente en una misma reacción diferentes secuencias, lo cual se denomina PCR múltiplex y permite ahorrar tiempo y esfuerzo.

Un factor a tener muy en cuenta en esta reacción es que la elección de los primers debe realizarse de forma rigurosa para conseguir una apropiada especificidad y eficiencia de amplificación (Rychlik et al., 1993).

En la figura 4.1 puede apreciarse un esquema de dicho proceso.

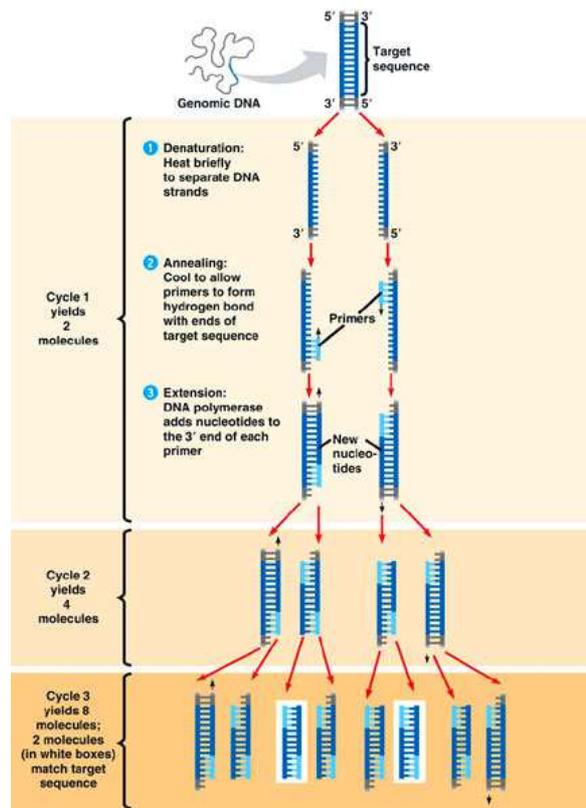


Figura 4.1. Esquema del proceso de la técnica PCR.

Una vez realizada la amplificación, el espectro de microsatélites se detecta mediante la técnica de electroforesis. Existen diversas variantes de ésta, pero actualmente las más usadas son las que ya llevan cebadores marcados con sustancias fluorescentes, emisores de rayos láser o fotodetectores de fluorescencia.

Ello requiere de secuenciadores automáticos que determinen las secuencias y tamaños de los fragmentos mediante la cuantificación de la fluorescencia emitida por los oligonucleótidos o dNTP_s marcados con fluorocromos.

El cálculo del tamaño de los fragmentos de DNA desconocidos implica la inclusión en la prueba de un patrón o estándar formado por fragmentos de DNA marcados de varias longitudes conocidas, que no se solapen con los que son objeto de estudio.

A partir de este estándar se genera, mediante un análisis de regresión, una curva de ajuste de tamaños basado en el tiempo que tarda el secuenciador en detectar los fragmentos de dicho estándar. Todo ello permite determinar de forma precisa la longitud molecular de los fragmentos de DNA desconocido.

Los resultados obtenidos se registran en electroferogramas que se analizan con programas informáticos designados para tal fin.

Es relevante considerar que pueden darse errores de genotipado en las diferentes fases del proceso (muestreo, extracción de DNA, análisis molecular, calificación, análisis de datos, etc).

Con el objetivo de detectarlos y minimizarlos, podría optarse por repetir el genotipado de algunos individuos, lo cual resulta a veces costoso, por lo que habitualmente lo que se suele hacer es aplicar pruebas estadísticas a los resultados obtenidos.

Una de ellas es analizar si existen desviaciones del equilibrio Hardy-Weinberg, la cual nos marca la presencia de un exceso de homocigosis en la población debido a la existencia de alelos nulos y “*dropout*” (Gomes et al., 1999).

Este último efecto denominado también como alelo no amplificado, suele darse en loci que tienen alelos de tamaño muy dispar, en el que normalmente el menor inicia en primer lugar su amplificación en la PCR, en detrimento del alelo mayor, que podría quedar invisibilizado si la cantidad de DNA es pequeña (Bjorklund, 2005).

4.1.5. MODELOS EVOLUTIVOS Y TAMAÑO EFECTIVO DE LA POBLACIÓN (N_e).

Las fuerzas evolutivas que afectan a las poblaciones se han estudiado ampliamente desde hace años, de manera que su efecto se ha modelado para poder llevar a cabo una estimación más adecuada de los parámetros genéticos. Estas fuerzas son la selección natural, la deriva genética, la mutación, la migración genética y el apareamiento no aleatorio.

A su vez hay que tener en cuenta que en este tipo de estudios suele hacerse referencia al tamaño efectivo de la población (N_e) en vez de al tamaño real, puesto que éste constituye casi siempre una representación imprecisa del tamaño de la población desde el punto de vista genético (IPGRI y Cornell University, 2004).

El N_e suele ser menor que N debido a la variación en el tamaño poblacional de generación en generación, la relación desigual entre sexos, las generaciones que se superponen o la dispersión geográfica de las poblaciones (IPGRI y Cornell University, 2004).

El N_e es el número de progenitores encargados de la composición genética de la siguiente generación, describiendo el tamaño efectivo que tendría una población ideal que perdiera variación genética a causa de la deriva genética a igual tasa que en la población de interés (IPGRI y Cornell University, 2004).

Este parámetro es uno de los más importantes en la genética de poblaciones, pues determina cuanta variación genética puede mantenerse en las poblaciones que están en equilibrio mutación-deriva y como de rápido cambian las frecuencias alélicas con la deriva genética (Kalinowski et al., 2002a).

La deriva genética está directamente relacionada con el tamaño de la población, de manera que cuánto más pequeña es la población, más deriva genética existe.

Así el triángulo deriva-mutación-migración es una pieza fundamental para aproximarnos a la estructura genética de la población (<http://www.uwyo.edu/dbmcd/molmark/index.html>).

Los dos modelos evolutivos que generalmente se describen en la bibliografía (Kalinowski, 2002a) son dos: el modelo de aislamiento de la divergencia poblacional y el modelo de migración en equilibrio.

En el **modelo de aislamiento**, el apareamiento aleatorio de un N_e de individuos es instantáneamente dividido entre dos poblaciones, cada una con exacto N_e al de la población ancestral. Las poblaciones permanecen completamente aisladas la una de la otra por t generaciones.

En el **modelo de migración**, dos poblaciones de N_e constante e igual intercambian migrantes a una tasa m (dónde m indica la tasa de migración dentro de cada población).

4.1.6. VARIABILIDAD GENÉTICA.

La genética de poblaciones describe la variación genética en las poblaciones, y como ésta cambia a través del tiempo y del espacio.

Esta rama de la genética se define como el estudio del polimorfismo genético, esto es, la variación del DNA y su organización en varios niveles: dentro de los individuos, entre individuos, dentro de las poblaciones y entre las poblaciones (<http://www.uwyo.edu/dbmcd/molmark/index.html>).

Esta disciplina tiene como premisas fundamentales el estudio de las leyes de Mendel y el equilibrio Hardy-Weinberg (Hardy, 1908; Weinberg, 1908), además de seguir otros principios aplicables a las poblaciones y organismos en general.

Además cumple un papel muy importante en la conservación de especies amenazadas y en peligro de extinción. Y una herramienta que ha sido crucial para desempeñar esa función han sido los marcadores microsatélites, ya que permiten estimar la consanguinidad existente entre estas poblaciones y los niveles de variabilidad genética anteriormente mencionados, a la vez que analizar las relaciones genéticas entre las mismas (Araguren-Méndez et al., 2005).

Mediante ellos también se calculan las frecuencias alélicas, lo cual permite realizar una estimación de las distancias genéticas entre poblaciones o entre individuos (Bowcock et al., 1994; Ponsuksili et al., 1999), además de llevar a cabo análisis filogenéticos y estructurales de la población, que proporcionan información relevante para la gestión de estas poblaciones.

La diversidad o variabilidad genética podría definirse como la capacidad genética para variar, y por ende, la capacidad para responder tanto a variaciones ambientales dadas de forma natural como a cambios generados por un esquema de selección artificial (Araguren-Méndez et al., 2005). Tal y como refleja Rochambeau et al., (2000), la variabilidad genética constituye la base del progreso genético.

Son muchos los parámetros que se usan para cuantificar, medir y comentar esta diversidad. En el apartado que viene a continuación se definen algunos de ellos.

4.1.6.1 PARÁMETROS DE VARIABILIDAD GENÉTICA.

4.1.6.1.1. Frecuencia alélica.

A la frecuencia con la que se presentan cada uno de los alelos posibles para cada locus y para cada población se le denomina frecuencia alélica y es un parámetro muy útil para cuantificar la variación genética y estimar la distancia genética entre poblaciones, tal como veremos posteriormente.

Otra de sus aplicaciones, es la de determinar los marcadores más adecuados para establecer el patrón de una especie.

4.1.6.1.2. Porcentaje de loci polimórficos.

Otro dato que resulta de utilidad en estos casos es la proporción de loci polimórficos, que expresa el porcentaje de loci variables en una población (IPGRI y Cornell University, 2004). Es el cociente entre el número de loci polimórficos dividido por el número total de loci (polimórficos y monomórficos).

$$P = n_{pj} / n_{total}$$

P= proporción de loci polimórficos

n_{pj} = nº de loci polimórficos

n_{total} = nº total de loci

4.1.6.1.3. Número promedio de alelos por locus (N_a).

Esta medida que aporta información complementaria sobre polimorfismo, puede definirse como la suma de todos los alelos detectados en todos los loci, dividido por el número total de loci.

$$n = (1/K) \sum_{i=1}^K n_i$$

K= nº de loci

N_i = nº de alelos detectados por locus

Únicamente requiere que se realice el conteo del número de alelos por locus y se calcula luego el promedio.

4.1.6.1.4. Número efectivo de alelos (N_{ae}).

Este parámetro se calcula invirtiendo la medida de heterocigosidad de un locus e indica el número de alelos que se esperaría en un locus en cada población (IPGRI y Cornell University, 2004).

Se calcula de la forma siguiente:

$$N_{ae} = 1/(1-h) = 1/\sum p_i^2$$

p_i = frecuencia del i-ésimo alelo en un locus

$h = 1 - \sum p_i^2$ = heterocigosidad en un locus

Esta medida puede usarse en caso de disponer de marcadores codominantes y puede verse afectada por el tamaño muestral (IPGRI y Cornell University, 2004).

4.1.6.1.5. Número de alelos únicos o privados (N_{au}).

En el estudio genético de las poblaciones puede resultar de gran relevancia la información referente a alelos que sólo encontramos en una de las poblaciones que se analizan. A estos se les denominan alelos únicos (o privados en los textos escritos en inglés) y su presencia en una de las poblaciones en alta frecuencia podría convertirlo en marcador de la raza, idóneo para detectar hibridaciones anteriores en otra de las especies en las que se diera con menor frecuencia.

4.1.6.1.6. La riqueza alélica ($A[g]$).

La riqueza alélica, $A[g]$, a veces designada como R_s , también es un parámetro que se usa habitualmente como indicador de la diversidad de una población (Marshall and Brown, 1975; Goudet, 1995; Petit et al., 1998; Gutiérrez et al., 2005; Ollivier and Foulley, 2005).

Hace referencia al número medio de alelos por locus en una población.

Esta medida permite realizar comparaciones entre diferentes poblaciones. Sin embargo, para ello, requiere que éstas sean de tamaños semejantes, puesto que puede verse sesgada por el tamaño poblacional.

Para evitar este problema, se recurre al índice de rarefacción (Hurlbert, 1971; Goudet, 1995; El Mousadik and Petit, 1996; Kalinowski, 2005), que estima el número esperado de alelos en una submuestra de $2n$ genes, si se han muestreado $2N$ genes ($N \geq n$). Ello significa que seleccionado un tamaño de muestra determinado, se corrige el número de alelos de cada población para ese mismo tamaño.

Así, la riqueza alélica se calcula como:

$$A[g] = \sum_i \left[1 - \left(\frac{N - N_i}{N} \right)^g \right]$$

g = tamaño de muestra especificado

N = nº de copias alélicas muestreadas

N_i = nº de ocurrencias del alelo i dentro de los N muestreados

4.1.6.1.7. Heterocigosidad esperada (H_e) o Diversidad Génica (DG).

En los estudios de este tipo se debe estimar la variabilidad genética de una población dada y ello se realiza mediante la heterocigosidad esperada (H_e).

Esta medida se define como la probabilidad de que, en un único locus, cualquier par de alelos, escogidos al azar de la población, sea diferente entre sí (Crow and Kimura, 1970).

La heterocigosidad esperada promedio de todos los loci es una estimación del grado de variabilidad genética dentro de la población. Por ello, también se la denomina diversidad génica y ya fue definida por Nei (1973) como la proporción de heterocigotos esperados bajo equilibrio genético Hardy-Weinberg.

$$GD = 1 - \sum p_i^2$$

P_i : frecuencias alélicas de los diferentes alelos del locus

Existen varias fórmulas para calcular este parámetro en función del número de alelos (IPGRI y Cornell University, 2004):

H_e , para un locus con dos alelos: $h_j = 1 - p^2 - q^2$

H_e , para un locus j con i alelos: $h_j = 1 - \sum p_i^2$

H_e , promedio para varios loci: $H_e = \sum_j^L h_j/L$

h_j = heterocigosidad por locus

p y q = frecuencias de los homocigotos de los alelos

L = número total de loci

Por tanto, para calcular la heterocigosidad esperada debemos restar a 1 las frecuencias esperadas de homocigotos en un locus en una población en equilibrio Hardy-Weinberg.

La operación se repite así para todos los loci y después se realizaría el promedio. Este valor varía de 0 a 1, y se maximiza cuando hay muchos alelos con frecuencias iguales (IPGRI y Cornell University, 2004).

4.1.6.1.8. Heterocigosidad observada (H_o).

No hay que confundir este concepto con el anterior, puesto que la heterocigosidad observada (H_o) de cada población es el promedio de la proporción de heterocigotos que tiene realmente la población para cada locus.

Con estos dos últimos valores se determinan los estadísticos *F*-Wright, parámetros con los que se describe la estructura genética de la población y que se explican en el siguiente apartado.

4.1.6.1.9. Estadísticos *F*-WRIGHT (F_{IT} , F_{IS} , F_{ST}).

Estos estadísticos que algunas veces aparecen en la bibliografía como índices de fijación (Tadano et al., 2007), fueron originariamente descritos por Sewall Wright (1921, 1939 y 1965) y desarrollados posteriormente por otros autores (Nei, 1977; Chakraborty and Danke-Hopfe, 1991).

Estos parámetros hacen posible analizar la estructura genética de poblaciones a cualquier nivel, tanto dentro de una subpoblación, entre subpoblaciones distintas o en la población total, además de entre ellas.

Pueden usarse también para medir la distancia genética entre las subpoblaciones, basándose en el concepto de que aquellas subpoblaciones que no presentan apareamiento entre sí, tendrán frecuencias alélicas diferentes a la población total (IPGRI y Cornell University, 2004).

Además, permiten conocer sobre los fenómenos de endogamia, exogamia y la estructura de los apareamientos entre otros aspectos.

Wright (1965) concibió la teoría de medir las desviaciones de las frecuencias genotípicas en poblaciones subdivididas por medio de tres parámetros (F_{IS} , F_{ST} y F_{IT}) que se engloban dentro de la fórmula correspondiente a la estructura genética de la población:

$$(1 - F_{IT}) = (1 - F_{IS}) (1 - F_{ST})$$

Dónde:

- F_{IS} conocido también como el coeficiente de endogamia, representa la deficiencia o exceso de heterocigotos promedio en cada población (IPGRI y Cornell University, 2004).

$$F_{IS} = 1 - (H_i/H_s)$$

H_i = heterocigosidad promedio observada en un grupo de subpoblaciones o diversidad genética dentro de una subpoblación

H_s = heterocigosidad promedio esperada estimada a partir de cada subpoblación

-Este parámetro mide la desviación de las frecuencias genotípicas observadas EN LA POBLACIÓN TOTAL respecto a las esperadas considerando el equilibrio Hardy-Weinberg (H-W).

-Varía de -1 a 1, indicando los valores negativos fenómenos de exogamia y los valores positivos de endogamia, mientras que valores próximos a 0, mostrarían una situación de equilibrio H-W de la población estudiada (el cual considera una población de tamaño infinito, donde los apareamientos se dan al azar, sin presentar los fenómenos de migración, mutación, ni selección).

- F_{IT} representa la deficiencia o exceso de heterocigotos promedio en un grupo de poblaciones (IPGRI y Cornell University, 2004).

$$F_{IT} = 1 - (H_i/H_T)$$

H_i = heterocigosidad promedio observada en un grupo de subpoblaciones o diversidad genética dentro de una subpoblación

H_T = diversidad genética total o la heterocigosidad esperada en la población total, estimada a partir de las frecuencias alélicas combinadas

-Mide la desviación de las frecuencias genotípicas observadas EN LAS SUBPOBLACIONES respecto a las esperadas considerando el equilibrio H-W.

-Varía también de -1 a 1, en función de la combinación de efectos dentro de cada subpoblación, y entre subpoblaciones.

- F_{ST} representa el grado de diferenciación genética ENTRE LAS SUBPOBLACIONES, en función de las frecuencias alélicas (IPGRI y Cornell University, 2004).

$$F_{ST} = 1 - (H_S/H_T)$$

H_S = heterocigosidad promedio esperada estimada a partir de cada subpoblación

H_T = diversidad genética total o la heterocigosidad esperada en la población total, estimada a partir de las frecuencias alélicas combinadas

-Varía de 0 ($H_S=H_T$; no existe divergencia genética) a 1 (fijación para alelos alternos en diferentes subpoblaciones).

-Se interpreta como la representación de cuál es la diferenciación genética entre poblaciones, pudiendo tomarse como una medida de distancia genética, todo y no siéndolo estrictamente.

-Se puede establecer una clasificación en función de los valores de F_{ST} (Balloux and Lugon-Moulin, 2002). Cuando son de:

- **0 a 0,05:** la diferenciación genética se considera pequeña
- **0,06 a 0,15:** la diferenciación genética se considera moderada
- **0,16 a 0,25:** la diferenciación genética se considera grande
- **> 0,25:** la diferenciación genética se considera muy grande

-En el caso de las especies avícolas el valor de F_{ST} se sitúa en torno a 0,1, o incluso por debajo (Tejedor *et al.*, 1999).

Podemos poner como ejemplo de situaciones en las que se presenta un exceso de heterocigotos cuando existe una migración de individuos a la población de estudio o una selección sobre-dominante, es decir a favor de los heterocigotos.

Por el contrario, podríamos observar un déficit de heterocigotos cuando un locus estuviera bajo selección o hubiera presencia de alelos nulos (dando una falsa lectura de un exceso de homocigotos), o un alto nivel de consanguinidad resultado de aparear individuos emparentados, debido al efecto Wahlund o también a una subestructuración reproductiva de la población (Aranguren-Méndez *et al.*, 2005).

Nei (1977), se basó en los valores de las H_o y H_e para reformular estos índices, usando un modelo independiente del número de alelos presentes en cada locus, y creó un parámetro análogo al F_{ST} para medir la diferenciación o estructura de la población, denominado G_{ST} (Nei, 1973 y 1977).

Además existen diversas estimaciones de estos tres estadísticos F -Wright. Una de las más usadas es la de Weir y Cockerman (1984) donde los F_{IT} , F_{IS} y F_{ST} de Wright se designan como F , f y θ respectivamente. Estos autores corrigieron su fórmula de manera que los valores obtenidos de estas estimaciones no quedaran sesgados por errores de muestreo ni por el número de subpoblaciones al emplear las varianzas de las frecuencias alélicas.

4.1.6.1.10. PIC (*Polymorphism Information Content*).

El índice de contenido polimórfico o PIC (del inglés *Polymorphism Information Content*) (Botstein et al., 1980), supone un indicador general de la informatividad de un marcador en la población (Guo and Elston, 1999) acorde a las frecuencias de sus alelos.

Proporciona una estima del poder discriminador de un locus teniendo en cuenta el número de alelos y la frecuencia relativa de estos en la población y se calcula usando el siguiente algoritmo (Smith et al., 1997):

$$PIC = 1 - \sum_{i=1}^n f_i^2$$

f_i^2 = frecuencia del i ésimo alelo del locus i

Este índice oscila entre 0 (monomórfico) y 1 (altamente discriminante, con muchos alelos con frecuencias iguales).

4.1.7. DISTANCIAS GENÉTICAS.

La distancia genética (D) puede definirse como la proporción de elementos genéticos (alelos, genes, gametos, genotipos) que no son compartidos por dos poblaciones o muestras (IPGRI y Cornell University, 2004).

D es igual a 1 cuando y solamente cuando, las dos muestras no tienen elementos genéticos en común.

La distancia genética puede incorporarse en estudios filogenéticos. Este parámetro nos permite cuantificar como llegan a diferenciarse dos poblaciones entre ellas, pues mide el grado de diferenciación entre poblaciones de una misma especie o entre especies (Araguren-Méndez et al., 2005).

Las distancias genéticas son estimadoras del tiempo de separación entre poblaciones y se basan en las diferencias existentes dentro y entre poblaciones (Araguren-Méndez et al., 2005). Éstas ayudan a entender las relaciones evolutivas entre poblaciones y permiten obtener información para la caracterización de las razas (Nagamine and Higuchi, 2001).

Existen dos grupos generales de distancias, las obtenidas a partir de la distribución de los tamaños de los alelos (Shriver et al., 1993; Goldstein et al., 1995a) y las que se determinan a partir de las frecuencias alélicas (Nei, 1972, 1973 y 1977; Cavalli-Sforza and Edwards, 1967; Reynolds et al., 1983) derivadas del genotipado de los individuos de cada una de las poblaciones estudiadas.

Cuando se quiere estudiar las distancias genéticas, también es importante considerar además del tipo de distancia, el método de construcción del dendrograma o algoritmo y el análisis de remuestreo (Araguren-Méndez et al., 2005).

4.1.7.1. Tipos de distancias genéticas.

Existen en la bibliografía diferentes tipos de distancias genéticas que se pueden clasificar en diversos grupos atendiendo a distintos criterios.

En este caso, debido a la complejidad que se ha hallado para realizar ello, además de la extensa dimensión que el trabajo alcanzaría si se pretendieran definir todas las medidas de distancias genéticas que se encuentran en la bibliografía, se van a describir algunas de las más importantes.

4.1.7.1.1. Distancia estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972).

Esta distancia calcula las diferencias de codones por locus entre dos poblaciones. Mide el número acumulado de sustituciones por locus, siendo el número de diferencias a nivel de nucleótido o codón por unidad de longitud de DNA la medida que se considera más apropiada si se trabaja con secuencias.

Y asume:

- Un cálculo de la distancia o disimilitud que se ajusta a un modelo de desequilibrio, en el que la distancia cambia con el tiempo, a través de la migración y la deriva genética (IPGRI y Cornell University, 2004).
- El modelo de mutación de alelos infinitos o isoenzimas (IAM), que considera que cada mutación da origen a un alelo nuevo y que si hay dos genes iguales es que no ha habido mutación, mientras que si son diferentes es porque se ha presentado un número desconocido de mutaciones.
- Que la tasa de sustitución es igual para todos los loci y para todas las poblaciones.

Si la tasa de sustituciones de genes en función del tiempo es constante, el valor de la distancia evoluciona de manera lineal con el tiempo, y en algunos modelos de migración, el valor que toma la distancia genética está relacionado con la distancia geográfica o área.

La fórmula de la distancia genética estándar de Nei (Nei, 1972) es la siguiente:

$$D_S = - \ln I$$

$$I = \sum x_i y_i / (\sum x_i^2 \sum y_i^2)^{0.5}$$

I= identidad genética

x_i = frecuencia del alelo i en la población x , e

y_i = frecuencia del alelo i en la población y

El valor de la distancia varía de 0 (punto donde las poblaciones tienen frecuencias alélicas idénticas) a infinito (dónde las dos poblaciones no comparten ningún alelo).

Es una de las más usadas y está presente en la mayoría de los programas informáticos de análisis genéticos (GenAlEx6, Fstat, Genetix, MEGA 5, Arlequin, Molkin, etc.).

4.1.7.1.2. Distancia de Nei (D_N) (Nei, 1978).

De la distancia anterior, se adapta la distancia de Nei (D_N) (Nei, 1978), desarrollada para evitar el sesgo que puede darse en los resultados cuando existe un tamaño de muestra pequeño o una alta heterocigosidad. No obstante, si se trabaja con un número de individuos > 25 , las diferencias entre ambas son muy pequeñas.

Tiene la correspondiente fórmula:

$$D_N = - \ln [G_{xy} / (\Sigma G_x \Sigma G_y) 0.5]$$

G_{xy} , G_x , y G_y = promedios para todos los loci de $\Sigma p_i q_i$, Σp_i^2 i Σq_i^2 respectivamente
 p_i y q_i = frecuencias del alelo i en las poblaciones x e y respectivamente

Puede ocurrir que la distancia estimada sea un valor negativo cuando n_x y n_y , el número de individuos analizados en cada una de las dos poblaciones sea un valor grande, ocasionando problemas a la hora de crear el árbol filogenético, y para corregirlos se considera la distancia entre poblaciones como igual a cero (Nei, 1978).

Existen otras dos distancias de Nei, la distancia mínima de Nei (D_m) (Nei, 1973) y la distancia A de Nei (D_A) (Nei, 1983).

4.1.7.3. Distancia de cuerda (D_C), (Cavalli-Sforza and Edwards, 1967).

La distancia de cuerda o cordal o de Cavalli-Sforza (Cavalli-Sforza and Edwards, 1967) toma valores comprendidos entre 0 y 4.

$$D_C = 4 \Sigma_m [1 - \Sigma_i p_{1mi}^{1/2} p_{2mi}^{1/2}] / 2 \Sigma_m (a_m - 1)$$

p_{1mi} = frecuencia del alelo i -ésimo en el m -ésimo locus, para la población 1

p_{2mi} = frecuencia del alelo i -ésimo en el m -ésimo locus, para la población 2

a_m = número total de alelos para el m -ésimo locus

Si el valor es 0, las dos poblaciones son genéticamente iguales; y si es 4, las dos poblaciones no tienen ningún alelo en común.

Esta distancia asume que todos los cambios que se producen en las frecuencias genéticas se deben sólo a la deriva genética, sin tener en cuenta la mutación (Parés, 1999).

En este método se representan las poblaciones como puntos en la superficie de una esfera multidimensional, usando las frecuencias alélicas, y la distancia entre ellas sería la dada a partir de la longitud cordal entre los dos puntos (Aranguren-Méndez et al., 2005).

4.1.7.4. Distancia genética de Reynolds (D_L), (Reynolds et al., 1983).

Esta distancia se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$D_L = -\ln(1-\theta)$$

Y se basa en el coeficiente de parentesco (θ), definido como la probabilidad de que escogiendo de manera aleatoria un alelo en un individuo, éste sea igual por descendencia al mismo alelo en el otro individuo.

$$\theta = 1 - (1 - 1/2N)^t$$

N= tamaño de la muestra

t= número de generaciones transcurridas

Existe la aproximación para el cálculo de esta distancia como:

$$D_L = -\ln(1-F_{ST})$$

F_{ST} = deficiencia o exceso de heterocigotos promedio en un grupo de poblaciones (IPGRI y Cornell University, 2004)

En este caso también se asume el modelo IAM, considerándose que sólo interviene la deriva genética en la variación de las frecuencias genéticas y no se tiene en cuenta la mutación.

4.1.7.5. F_{ST} .

Este estadístico de forma pareada se ha venido usando recientemente en el ámbito de la producción como una medida de distancia genética a corto plazo entre poblaciones. En este caso las razas se consideran subpoblaciones de una gran población que comprende todas las razas estudiadas (Darío, 2008).

Existen en la bibliografía diferentes adaptaciones de este parámetro. Algunos autores aplican una pequeña transformación para linearizar la distancia con el tiempo de divergencia de la población (Reynolds et al., 1983; Slatkin, 1995). También existe el F_{ST} insesgado que se deriva del método ENA (Chapuis and Estoup, 2007).

Esta medida de diversidad resulta adecuada para testar la divergencia de poblaciones si la diversidad genética es ya baja en un principio (Nagylaki, 1998).

A diferencia de las distancias genéticas clásicas, este parámetro tiene en cuenta la migración.

4.1.7.6. Otras distancias.

Por si fuera de interés, en la bibliografía existen otras distancias genéticas como la distancia de Rogers (D_R), (Rogers, 1972), la distancia de Prevosti (C_P), (Prevosti et al., 1975) o la dm^2 de Goldstein et al. (1995b).

4.1.7.7. Consideraciones en la elección del tipo de distancia genética.

En general no existe un consenso que indique cual es la medida de distancia genética más adecuada para analizar diferentes poblaciones de una misma especie. Sin embargo según Nei (1983), las correlaciones existentes entre algunas medidas de distancia aplicadas a poblaciones locales son bastante altas.

En la bibliografía podemos hallar numerosos estudios en los que se comparan las propiedades y los casos más idóneos para usar cada tipo de distancia genética concreta (Foulley and Hill, 1999; Goldstein et al., 1995a; Kalinowski, 2002b; Laval et al., 2002; Ramakrishnan and Mountain, 2004; Takezaki and Nei, 1996) y sobre cuál sería el tamaño de muestra adecuado en estos casos (Kalinowski, 2002a y 2005).

La distancia estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972), ha sido tradicionalmente la más utilizada en estudios de evolución de genética de poblaciones.

Sin embargo, se pueden establecer puntualizaciones en casos concretos puesto que, tal como se ha comentado anteriormente, si disponemos de un número pequeño de individuos o existe una heterocigosidad alta, es preferible usar la distancia de Nei (D_N) (Nei, 1978).

No obstante, este mismo autor refleja que si se trabaja con poblaciones que tengan un número elevado de individuos, esto es ($n \geq 50$), las diferencias entre las distancias genéticas obtenidas por métodos que tienen en cuenta un tamaño pequeño de muestra y las que no, son escasas (Nei, 1978).

Si existen periodos cortos de evolución o diferenciación entre poblaciones y si el tamaño efectivo de las poblaciones varía en el tiempo y entre razas, es recomendable el uso de medidas basadas en el estadístico F_{ST} de Wright como la distancia de Reynolds, (Reynolds et al., 1983).

Si tenemos en cuenta la construcción de árboles filogenéticos, se ha observado que la distancia de Cavalli-Sforza proporciona mejores resultados a la hora de determinar la topología del árbol, mientras que otros como la distancia estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972) son mejores para determinar la longitud de las ramas o estimar el tiempo de evolución (Takezaki and Nei, 1996).

En líneas generales, se considera que para cualquiera de las distancias, la precisión en la estima de la distancia genética entre poblaciones será más alta si trabajamos con loci altamente polimórficos que en el caso de loci con un polimorfismo menor.

Aunque hay que tener en cuenta que ello no es una afirmación absoluta ya que algunos loci altamente polimórficos en una población pueden no serlo en otra, y además suelen tener patrones de mutación irregular desconocidos (Takezaki and Nei, 1996; Kalinowski, 2002a).

Nei (1983) llevó a cabo la simulación de la D_A con el proceso mutacional IAM y demostró que ésta era más eficiente que la D_S , D_m , D_R y D_C en la asignación correcta de topologías (Aranguren-Méndez et al., 2005).

Muchos autores coinciden en concluir que tanto para patrones mutacionales del tipo IAM como SMM, las distancias más eficientes fueron la D_C y D_A para la asignación correcta de la topología, y la D_S y dm^2 para estimar los tiempos evolutivos (Takezaki and Nei, 1996; Ruane, 1999; Nagamine and Higuchi, 2001; Aranguren-Méndez y Jordana, 2001, Aranguren-Méndez et al., 2002 y 2005).

Además debemos tener en cuenta que esta precisión en el cálculo de las distancias genéticas no sólo viene influida por el número de alelos que presente un locus determinado y el número de loci con los que se trabaja, sino que también viene marcada de forma relevante por el tamaño de la población y el número de generaciones transcurrido desde la fragmentación de las poblaciones.

Si se incrementa el tamaño muestral, se reducirá el coeficiente de variación de la distancia genética calculada hasta un valor determinado.

Según Kalinowski (2002 a y b), si tenemos poblaciones muy divergentes entre ellas, es preferible trabajar con un mayor número de loci con un menor número de alelos a hacerlo con un pequeño número de loci con un elevado número de alelos.

A partir de la bibliografía consultada al respecto, y de forma reflexiva, podemos concluir que las diferentes medidas de distancia parecen poseer diferentes bases biológicas y premisas de asunción de procesos evolutivos, así como también diferentes desarrollos matemáticos y estadísticos. Y que a menudo, resulta complejo saber si nuestras poblaciones muestreadas se ajustan de forma precisa a las asunciones exigidas por las diferentes medidas, con lo que a la práctica lo que se hace, es calcular diferentes medidas de distancias para comparar las conclusiones obtenidas en ellas y analizar si son similares para corroborar su robustez.

4.1.8. ÁRBOLES FILOGENÉTICOS O DE DISTANCIA GENÉTICA.

Para poder interpretar de forma adecuada la información que contienen las matrices de distancia genética obtenidas a partir de los marcadores genéticos estudiados es necesario recurrir a análisis adicionales denominados de agrupamiento, que además realizan representaciones gráficas facilitando enormemente dicha interpretación.

Los árboles o dendrogramas de distancia son por tanto, representaciones gráficas o mapas de la matriz de distancias entre poblaciones. En algunos casos pueden representar la filogenia, es decir, la historia evolutiva de un conjunto de poblaciones a partir de una topología determinada (disposición física de las poblaciones que configuran el árbol).

Existen diferentes métodos para la construcción de árboles filogenéticos a partir de datos moleculares, y diferentes clasificaciones de estos. Hay autores que establecen que existen tres, de distancias, de parsimonia y de semejanza (Nei and Kumar, 2000) y en otros trabajos se cita la existencia de dos métodos, fenético y cladístico (Darío, 2008).

Otra clasificación que resulta muy útil es la que se basa en dos criterios básicos (Page and Holms, 1998): el tipo de dato, esto es si los métodos trabajan con matrices de distancia o con cada uno de los sitios de la alineación múltiple y el método para identificar

o construir la filogenia, es decir si utiliza un algoritmo de agrupamiento (*clustering*) para construir una filogenia, o bien un criterio de optimización.

En la figura 4.2. se muestra de forma gráfica esta clasificación.

		Tipo de dato	
		Matriz de distancia	Sitios (nucleótidos o aminoácidos)
Método para construir la filogenia	Clustering	UPGMA Neighbor joining	
	Criterio de optimización	Evolución mínima	Máxima parsimonia Máxima verosimilitud

Figura 4.2. Clasificación de los métodos de construcción de árboles filogenéticos (Page and Holms, 1998).

Expondremos brevemente la segunda clasificación, mencionando que el método fenético considera el conjunto de similitudes fenotípicas entre especies sin tener en cuenta la historia evolutiva de las mismas, clasificándose los organismos en función del número absoluto de caracteres que comparten (Darío, 2008). Éste se sirve de algoritmos de agrupamiento simples como el UPGMA (Unweighted Pair Group Method using Arithmetic Averages) (Sneath and Sokal, 1973) y el N-J (Neighbor-Joining) (Saitou and Nei, 1987). Estos resultan bastante rápidos y poseen propiedades estadísticas apropiadas para los datos moleculares.

El método cladístico tiene su base en el estudio de individuos relacionados o clanes, considerando tanto las relaciones ancestrales conocidas como la información actual. Así, reconstruye múltiples árboles según los diferentes caminos evolutivos posibles para elegir finalmente el mejor de todos. Los algoritmos que habitualmente se usan en este caso para la construcción del árbol se basan en métodos de parsimonia (el mínimo número de cambios evolutivos requeridos) o de máxima verosimilitud (ancestros más probables). Este tipo de métodos tienen varios inconvenientes, pues resultan bastante lentos, de elevada

complejidad estadística e informática y existe dificultad para que los datos cumplan adecuadamente sus premisas.

Tal como se ha expuesto previamente, pueden usarse diferentes tipos de datos para la construcción de los árboles filogenéticos, datos de caracteres morfológicos o secuencias de nucleótidos que dan información acerca de genes de individuos, poblaciones o especies o bien, datos de distancias o de similitud referidas a pares de genes, de individuos, poblaciones o especies (Darío, 2008). Para los primeros resultan más adecuados los métodos de parsimonia o máxima verosimilitud.

Los árboles genéticos también pueden ser con raíz (rooted) o sin raíz (unrooted). Los primeros, asumen una noción de ordenamiento temporal de las especies o de los genes en el propio árbol, a diferencia de los sin raíz, que reflejan las distancias entre las unidades representadas sin tener en cuenta cuál es el ascendente de cada uno (Darío, 2008).

Araguren-Méndez et al. (2005) citan que los modelos UPGMA y NJ son los más empelados dando ambos generalmente muy buenos resultados. Aunque otros autores (Eding and Laval, 1999; Takezaki and Nei, 1996) reseñan que el UPGMA parece ser superior si se suponen al modelo diferentes tasas de evolución.

A continuación se explica la base de estos dos algoritmos.

4.1.8.1 UPGMA (Unweighted Pair Group Method using arithmetic Averages) (Sneath and Sokal, 1973).

Este método define la distancia entre poblaciones o grupos de poblaciones como la media aritmética de todas las distancias de los miembros (tomados de dos en dos), es decir, es un método de agrupamiento de pares no ponderados, usando la media aritmética (ligamiento promedio).

Minimiza la distancia entre grupos, al considerar la distancia promedio de todas las parejas entre todas las poblaciones de la muestra (Weir, 1996).

En los árboles construidos a partir de este algoritmo las ramas surgen del punto medio entre dos grupos y la distancia entre dos agrupamientos es la suma de la longitud de las

ramas. Además son dendrogramas con raíz y suponen una tasa constante de cambios evolutivos (Araguren-Méndez et al., 2005).

Es de los métodos más utilizados y resulta válido para reconstruir filogenias a partir de datos moleculares, particularmente cuando se usan datos de frecuencias alélicas. Aunque produce más errores si el número de loci estudiado es bajo (Takezaki and Nei, 1996). Nei et al. (1983) establecieron comparaciones entre los diferentes métodos de construcción de dendrogramas mediante estudios de simulación y concluyeron que este método se comportaba bien si se asumía que las tasas de sustitución para todas las ramas del árbol eran las mismas.

El procedimiento, una vez se tiene la matriz de distancias, consiste en coger la distancia más pequeña, formándose así un nuevo grupo con estas dos poblaciones. A continuación, se elabora otra matriz agrupando las poblaciones que presentan esta menor distancia y se calculan las distancias combinadas (promedio de las distancias de cada una de las poblaciones más cercanas al resto) y se repite el proceso hasta agrupar todas las poblaciones.

Este método asume una tasa constante de cambio en todas las ramas, en caso de no poder asumir esta premisa, debería aplicarse el algoritmo desarrollado por Fitch y Margoliash (1967).

4.1.8.2. N-J (Neighbour-Joining), (Saitu and Nei (1987)).

Es el método denominado del “vecino más cercano” o ligamiento simple y se caracteriza porque construye árboles mediante sucesivos agrupamientos de alineaciones, tomando en cuenta las longitudes de rama para dichos agrupamientos. Finalmente crea los grupos apareados sobre la base de la mínima longitud de la rama (Araguren-Méndez et al., 2005).

Minimiza la distancia entre grupos al coger la distancia con el individuo con el cual presenta mayor similitud (coge como distancia entre dos poblaciones, la distancia más pequeña existente entre los individuos de éstas dos).

Su procedimiento consiste en, a partir de la matriz de distancias, seleccionar la distancia más pequeña, agrupándose así las dos poblaciones.

Posteriormente se crea la nueva matriz, estableciéndose como distancia entre poblaciones, la distancia mínima de cada población respecto a las dos que se han agrupado inicialmente, y finalmente se repite el proceso hasta agrupar todo el conjunto de poblaciones.

A diferencia del método UPGMA, este método proporciona un árbol sin raíz y no supone un reloj evolutivo (Araguren-Méndez et al., 2005).

Funciona para grupos uniformes y compactos, siendo el más usado para la reconstrucción filogenética. Además ha demostrado ser el más eficiente en la práctica cuando no todos los supuestos estadísticos se cumplen (Takahashi and Nei, 2000).

En la bibliografía (Andreu, 2007; Darío, 2008) se cita un caso particular derivado de este método, el árbol de mínima evolución (Minimum Evolution) que se desarrolla a partir del procedimiento de los cuadrados mínimos, cuyo objetivo pretende minimizar la diferencia entre la distancia representada en el árbol y la distancia genética de la matriz.

4.1.8.3. Consideraciones en la elección del método de construcción del dendrograma.

Tal como sucedía para las medidas de distancia genética, ninguno de los métodos puede garantizarnos la obtención del árbol idóneo, pues se requiere el cumplimiento de condiciones muy particulares.

Al existir varias opciones posibles para un mismo conjunto de poblaciones, para facilitarnos la elección puede ser útil tener en cuenta que todo método de construcción de árboles filogenéticos debería reunir una serie de características (López, 2006; Holland, 2006; <http://evolucion.fcien.edu.uy/>): construirse rápidamente (eficiente), tener un número de datos adecuado para poder obtener resultados aceptables (potente), ser consistente y sensible a desviaciones.

Resultaría apropiado además poder tener en cuenta la existencia de posibles causas de discordancia (homoplasia, introgresión, árbol genes vs. árbol especies,...) y mantener una cuota de modestia al establecer las hipótesis filogenéticas, considerando posibles hipótesis alternativas (Andreu, 2007).

Con todo y con eso, el proceso de elección puede resultar bastante complicado, con lo cual a la práctica suele recomendarse la construcción del árbol con diversas metodologías y compararlas para encontrar el mejor ajuste a nuestro caso concreto.

4.1.9. ANÁLISIS FACTORIAL DE CORRESPONDENCIAS (AFC).

El AFC es una técnica de análisis estadístico multivariable que analiza las relaciones de interdependencia entre variables, posibilitando el descubrimiento de afinidades entre dos conjuntos de variables, presentados en forma de tabla de contingencia, tanto de frecuencias como de valores medios (Miquel et al., 1997).

La idea conceptual de esta técnica se basa en la existencia de un alto grado de correlación entre las variables (observables y medibles) de un modelo, el cual puede deberse a que dichas variables son manifestaciones comunes de otras variables exógenas al modelo y no observables de forma directa (Santos et al., 2003).

Su objetivo es encontrar una estructura más simple reduciendo la dimensionalidad de las variables y clarificando las relaciones entre ellas, resumiendo la información pero sin perder demasiada. Para simplificar el análisis de los datos se reduce el número de variables a un pequeño número de índices o factores.

Esta técnica se basa en la descomposición de la ji-cuadrado de las tablas de contingencia, que resultan muy apropiadas cuando se disponen de datos de frecuencias. Se calcula la matriz de covarianzas, que luego se factoriza, y posteriormente se calculan las coordenadas de las variables filas y columnas. La medida de la asociación entre filas y columnas viene dada por la inercia total y cada factor obtenido contribuye a dicha inercia en un determinado porcentaje. Dentro de cada factor, la contribución a la inercia de cada variable está en función de su coordenada y de la frecuencia total de la variable fila o columna correspondiente (Santesmases, 2001).

Para facilitar la tarea de interpretación, además de los resultados numéricos del análisis, se realiza una representación gráfica de los factores. Así, si el punto correspondiente a la primera categoría de una de las variables está mucho más próximo en el gráfico al punto correspondiente a la primera categoría de una segunda variable que a los puntos de las demás categorías de esta segunda variable, diremos que entre esas dos primeras categorías existe una correspondencia mayor que en los otros casos (Bernal et al., 2000).

La interpretación del significado de cada eje factorial tiene un componente subjetivo y ha de realizarse en función de la posición que ocupan sobre el eje las distintas variables fila y columna (Santesmases, 2001).

El Análisis Factorial de Correspondencia (AFC) es un tipo de análisis canónico en que se describen las asociaciones entre dos variables cualitativas, es decir, el análisis de una tabla de contingencia que cruza las modalidades de dos variables (Belkhir et al., 2003).

Su aplicación a la genética puede verse reproducida en algunos programas de esta disciplina como por ejemplo Genetix v.4.05 (Belkhir et al., 2003).

En este caso se crea un cuadro 0/1/2, lo cual supone una codificación más idónea para organismos diploides (She et al., 1987). Cada individuo viene representado por su resultado para cada modalidad de cada variable (los alelos de distintos *loci*), lo que representa 0 para la ausencia, 1 para la presencia del alelo en el estado heterocigoto y 2 para el estado homocigoto.

Los objetos analizados son visualizados como una nube de puntos en un hiperespacio que tiene tantas dimensiones como alelos. El algoritmo busca las direcciones independientes en este hiperespacio, la longitud de las cuales es la inercia.

Estas direcciones, que son definidas por los vectores propios de la matriz, determinan una serie de ejes factoriales. Por convenio, el primer eje es el que tiene la contribución mayor a la inercia total.

El Análisis de Correspondencia por tanto, puede condensar la información de un gran número de alelos y *loci* en pocas variables sintéticas. Con este método las frecuencias alélicas de las poblaciones en todos los loci, se usan como variables y el clúster de cada población se representa gráficamente (Li et al., 2005).

4.1.10. ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL Y ASIGNACIÓN DE INDIVIDUOS A POBLACIONES.

En la bibliografía se encuentran descritos diferentes métodos para realizar la asignación de individuos a poblaciones (Paetkau et al., 1995; Rannala and Mountain, 1997; Cornuet et al., 1999; Pritchard et al., 2000; Falush et al., 2003; Paetkau et al., 2004), los cuales se basan fundamentalmente en las distancias genéticas y la construcción de árboles mediante algoritmos tipo Neighbor-Joining o UPGMA (Saitou and Nei, 1987) o en análisis

multivariantes como escalas multidimensionales (Evanno et al., 2005), o bien ya en modelos de una mayor base probabilística.

Los primeros son métodos gráficos y de fácil aplicación, sin embargo, son muy dependientes del método de distancia genética escogido y se hace difícil evaluar la confianza de los clústers y la significación de los resultados, así como tratar el aspecto de la localización geográfica de los individuos muestreados.

Los segundos, parten de que las frecuencias alélicas se encuentran en equilibrio H-W sin existir desequilibrio de ligamiento. Y a su vez se subdividen en dos grupos, métodos de frecuencias, que asignan los individuos a la población en la que el genotipo del individuo es más probable que ocurra y los bayesianos, cuyo principio consiste en determinar si unas partes del genoma (clústers) son heredados en una tasa más alta de la normal desde una población parental (Falush et al., 2003), asignando individuos a poblaciones con base a sus genotipos mediante la estimación de las frecuencias alélicas de cada locus (Darío, 2008).

De entre los bayesianos, se han desarrollado diferentes modelos (Banks and Eichert, 2000; Dawson and Belkhir, 2001, Corander et al., 2003), pero el más ampliamente usado para inferir la estructura poblacional (Kaeuffer et al., 2007) ha sido el modelo desarrollado por Pritchard et al. (2000) implementado en el software Structure.

Este programa usa un algoritmo de cadenas de Markov-Montecarlo (MCMC) para asignar individuos a poblaciones (Pritchard et al. 2000, Falush et al., 2003). Es un método con el que se puede detectar la presencia de subpoblaciones diferentes, si existen, y estimar los ancestros de los individuos muestreados (Falush et al., 2003). Es capaz de detectar grupos aislados y relativamente homogéneos, incluso si el tiempo desde sus divergencias o intercambios con otros grupos son cortos (Rosenberg et al., 2001).

El método original desarrollado por Pritchard et al. (2000) incluía dos modelos, el de no mezcla (*no Admixture-model*) que asumía que todo el material genético de cualquier individuo dado procedía de una única población K , y el de mezcla (*Admixture model*), en el que se permite mezcla de los ancestros; es decir, una fracción q_k del genoma de un individuo viene de la subpoblación K ($\sum_k q_k = 1$). Este segundo modelo es considerado como el más idóneo en casos en los que se den estructuras poblacionales sutiles (Falush

et al., 2003), pertenece además a una clase global de modelos denominada *grado de afiliación* y se ha usado en otras disciplinas (Erosheva, 2002).

Ambos modelos asumen que las frecuencias alélicas están en equilibrio de ligamiento y que existe equilibrio Hardy-Weinberg dentro de las poblaciones (Pritchard et al., 2000), y proporcionan información independiente de la ascendencia de un individuo.

Posteriormente Falush et al. (2003), introdujeron un tercer modelo, el modelo de ligamiento (*Linkage model*), el cual es una extensión del modelo admixture, en el que se acepta la existencia de marcadores ligados considerando la correlación que surge entre estos como resultado de la mezcla (*Admixture Linkage Disequilibrium*, Stephens et al., 1994).

Este modelo permite la estimación del origen de la región del cromosoma dentro del individuo y proporciona una mejor resolución en el estudio del proceso histórico de la muestra. Además en esta adaptación se introdujo simultáneamente el modelo F para frecuencias correlacionadas, una actualización que mejora el *clustering* en datos en los que las poblaciones están débilmente diferenciadas y permite realizar la inferencia del patrón de deriva (Falush et al., 2003).

Estas dos adaptaciones pretendían mejorar significativamente la calidad técnica de la inferencia, proporcionar un mejor *clustering* y límites de confianza más apropiados, así como unas estimaciones más precisas de mezcla (Falush et al., 2003).

Los modelos descritos hasta ahora, consideraban únicamente dos tipos de desequilibrio de ligamiento de los tres existentes, por lo que más recientemente se han realizado adaptaciones del método para considerar el efecto de un desequilibrio de ligamiento generado por la deriva genética, más fuerte cuanto menor es la distancia y que puede generar falsos *clusterings* (*Background Linkage Disequilibrium*) (Kaeuffer et al., 2007).

4.1.10.1. Consideraciones en la elección del método de asignación.

A la hora de elegir el método mediante el cual se va a realizar la asignación de los individuos a poblaciones debemos considerar que cada uno de ellos tiene sus ventajas e inconvenientes.

Los métodos de distancia genética se representan mediante un árbol, son fáciles de realizar y existen varios programas informáticos para ello. Permiten a simple vista constatar la presencia de los clústers de cada raza pudiendo detectar individuos que muestran algo diferente a su población. Sin embargo, en algunas ocasiones no son aptos para asignar individuos a razas que no sean las preestablecidas o de referencia y resulta complejo establecer su precisión de forma objetiva, por lo que podrían únicamente estar indicados para llevar a cabo una primera exploración de los datos.

El algoritmo de Pritchard et al. (2000) del programa Structure, del cual existe una versión más reciente, v 2.3, ha resultado ser de elevada fiabilidad y constituye una herramienta muy potente en la detección de clústers o poblaciones (K). Este programa es capaz de asignar los individuos al clúster correspondiente, aunque se desconozca el origen de las poblaciones, ya que lo hace acorde con las frecuencias alélicas, indicando simultáneamente el número de clústers o poblaciones involucradas en la muestra.

Pero tiene como inconvenientes la dificultad en la selección del número correcto de poblaciones, ya que el programa responde a métodos probabilísticos y resulta de gran complejidad a la hora de interpretar los resultados.

Por lo que a la práctica, lo que se realiza es una simulación mostrando la asignación a un número creciente de poblaciones, estudiando bien el comportamiento para extraer las conclusiones más apropiadas de esta asignación.

4.1.11. ANTECEDENTES DEL USO DE ANÁLISIS DE MICROSATÉLITES EN GALLINAS.

El gran auge y desarrollo de la avicultura industrial en los años 50 y 60, desembocó en la creación de híbridos excepcionalmente productivos, lo cual ha ido en detrimento de las razas autóctonas de gallinas que ven hoy gravemente amenazada su existencia con el riesgo de perderse así gran cantidad de variabilidad genética (Blackburn 2006, Dávila et al., 2009).

En la evaluación de las razas locales como fuentes de recursos genéticos deben considerarse tanto los aspectos fenotípicos e histórico-culturales como la variabilidad genética, dónde el estudio de la diversidad genética dentro y entre poblaciones, constituye una pieza clave en los programas de conservación (Hammond, 1994; Dávila et al., 2009).

El uso de microsatélites en aves de entre los diferentes tipos de marcadores moleculares debido a su buena dispersión en el genoma y su elevado polimorfismo (Cheng et al., 1995) es ampliamente descrito en la bibliografía.

Se ha remarcado su adecuada utilidad para determinar la variación genética y la filogenia de los organismos en poblaciones de la misma especie (Buchanan et al., 1994; MacHugh et al. 1994).

Se han descrito trabajos con este tipo de marcadores en la perdiz (Baratti et al., 2004; Andreu, 2007) y sobre todo en las gallinas, pues han servido para estudiar las relaciones genéticas en y entre razas de gallinas tanto locales como comerciales (Takahashi et al., 1998; Vanhala et al., 1998; Zhou and Lamont, 1999; Romanov and Weigend, 2001; Zhang et al., 2002; Hillel et al., 2003; Osman et al. 2006; Muchadeyi et al., 2007).

Además, estudios llevados a cabo en este ámbito concluyen que las razas locales conservan mayor variabilidad genética si las comparamos con las razas comerciales actuales (Siegel et al.1992; Plotsky et al., 1995; Ponsuksili et al., 1996; Zhou and Lamont, 1999; Lee et al., 2000; Okumura et al., 2006).

Este tipo de estudios con marcadores han tenido lugar en una amplia variedad de razas de diversas localizaciones del planeta.

Muchos de estos estudios se han realizado en razas asiáticas. Ejemplos de estos trabajos son el hallado en la bibliografía sobre las relaciones genéticas entre 10 razas de gallinas autóctonas japonesas y una raza importada (Takahashi et al., 1998), en el que se analizaban con 8 microsatélites. O el realizado para evaluar la diversidad genética y las distancias genéticas entre doce razas autóctonas chinas con 30 microsatélites (Ya-Bo et al., 2006).

Existen trabajos más recientes que estudian la diversidad genética de las razas de pollo en Vietnam (Thi Kim Cuc, 2010) con 29 microsatélites y en Taiwan (Chang, 2011), en el que se usó 24 marcadores microsatélites.

También se han descrito trabajos referentes al polimorfismo de los microsatélites en 9 razas de gallinas nativas chinas (Zhang et al., 2002) comparadas con 5 razas selectas de broilers, ponedoras y reproductoras en las que se usaron también 9 microsatélites en 312 individuos.

El uso de microsatélites como consecuencia, se ha hecho extensivo para controlar el pedigrí e intentar discriminar con precisión si los animales pertenecen a una raza en cuestión. Ello último se llevó a cabo en la raza japonesa Nagoya (Nakamura et al., 2006), en la cual se usó un panel de 25 microsatélites con el que poder distinguirla de otras razas. Con esta misma raza, aunque con un panel ligeramente menor, de 24 microsatélites, también se han realizado estudios que analizan la diversidad y diferenciación de varias líneas de ésta (Takahashi and Nakamura, 2007).

Además existen trabajos en los que se estudia la variabilidad de poblaciones locales de gallinas asiáticas, africanas y sudamericanas (Wimmers et al., 2000). En este caso, poblaciones de gallinas locales de Bolivia, India, Nigeria y Tanzania se evaluaron con 22 microsatélites.

Tres años más tarde se estudiaron las relaciones genéticas entre razas de gallinas europeas, africanas y asiáticas a través del uso también de 22 microsatélites (Hillel et al., 2003). Este estudio se hizo en el marco del proyecto europeo AVIANDIV que analizaba 52 poblaciones de gallinas, entre las cuales se encontraban dos razas españolas, la Castellana Negra y la Vilafranquina Roja, además de otras razas europeas, y razas de China, Tailandia, Egipto e Israel.

En este punto se debe mencionar que paralelamente la FAO en el marco de su aplicación MoDAD (Measurement of Domestic Animal Diversity), consideraba los marcadores moleculares como una herramienta útil para explorar la diversidad genética, proporcionando recomendaciones sobre el muestreo de individuos en este tipo de estudios así como ya disponía desde hacía algún tiempo de una lista con los 25 microsatélites, que según el grupo de expertos (FAO/ISAG *advisory group*), eran los más recomendables de ese momento para el uso en gallinas (Hoffmann et al., 2004).

Los resultados obtenidos en el estudio de Hillel et al. (2003) se comparan con los que aparecen en un trabajo llevado a cabo en razas francesas y asiáticas (Berthouly, 2008) usando 14 de los 22 loci de dicho proyecto.

Existe otro estudio en el que también se analizan 64 razas de diversos continentes con 29 microsatélites, 19 de los cuales también son del proyecto AVIANDIV (Granevitze et al., 2007).

Estudios del mismo tipo se han desarrollado en razas del continente africano tales como un trabajo realizado con ecotipos de la gallina de Zimbabwe (Muchadeyi et al., 2007) o el llevado a cabo más recientemente con tres razas egipcias (Eltanany et al., 2011), que en ambos casos usaron 29 microsatélites.

En ese mismo año también se analizó la diversidad genética y la estructura poblacional de cinco ecotipos de la gallina Etíope, esta vez con 26 microsatélites de AVIANDIV (Goraga et al., 2011).

Ya refiriéndonos exclusivamente a trabajos desarrollados en razas de gallinas europeas, existen diversas referencias de este tipo de estudios realizados con microsatélites.

En primer lugar, citaremos un trabajo en el que se comparan tres líneas de gallinas Landrace finlandesas con tres líneas de híbridos de Leghorn, una de híbridos de Broiler y una línea de Rhode Island Red (Vanhala et al., 1998). Aquí se analizaron 207 gallinas con 9 microsatélites para estudiar el polimorfismo y la variabilidad y diversidad genéticas.

Romanov and Weigend (2001) compararon diversas poblaciones de gallinas domésticas alemanas, ucranianas y rusas con las silvestres *Gallus gallus* demostrando su utilidad para diferenciarlas entre sí y reconstruir su filogenia, siendo la primera vez que se describía una distribución alélica marcadamente diferente entre el conjunto formado por las domésticas y las silvestres. Para ello se genotiparon 224 individuos de 20 poblaciones distintas con 14 microsatélites.

También se ha llevado a cabo la caracterización de seis razas de gallinas autóctonas húngaras (Bodzsar et al., 2009), en el que se estudió la diversidad genética existente en éstas mediante el uso de 29 microsatélites.

Recientemente también se han usado para determinar la variación genética y analizar la estructura poblacional de 6 razas italianas que seguían programas de conservación (Zanetti et al., 2010). En este trabajo se analizaron 337 gallinas pertenecientes a las razas Ermellinata di Rovigo (ER), Pèpoi (PP), Robusta Lionata (RL), Robusta Mavulata (RM), Padovana (Dorata y Camosciana) y Polverara (Nera y Bianca) con 20 microsatélites.

Como se ha mencionado anteriormente, esta herramienta también se ha usado en aves comerciales y existen estudios que corroboran dicha aplicación, como el de Tadano et al.

(2007) en el que se analizaban la diversidad genética y la estructura poblacional de 12 estirpes comerciales de gallinas mediante un panel de 40 microsatélites.

En cuanto al ámbito nacional, no existen muchos estudios de este tipo en razas españolas.

A parte de la inclusión de las dos razas españolas en el proyecto AVIANDIV, otras razas autóctonas nacionales que poseen datos relativos a su caracterización genética son: la raza valenciana de Chulilla, de la que se han publicado resultados usando un panel de 17 microsatélites, de los cuales 15 fueron también analizados en el proyecto AVIANDIV (Grimal et al., 2007) y la raza catalana Prat (Álvarez et al., 2008), en el que se usó un mayor número de microsatélites, 29, de los cuales 19 también coinciden con los testados en el proyecto AVIANDIV.

Otro estudio en el que se ha evaluado la variabilidad y la divergencia genética de razas avícolas españolas es el realizado por Dávila et al., 2009, en el que se estudiaron un total de 360 ejemplares de 13 razas de gallinas españolas, un tester y una población de Leghorn Blanca analizadas con 24 microsatélites, de los cuales 8 son los mismos que se usaron en el proyecto AVIANDIV.

Recientemente también se ha llevado a cabo la caracterización genética de la gallina del Sobrarbe (Azón, 2010), mediante 16 microsatélites a partir del listado de marcadores moleculares de tipo microsatélite recomendados por la FAO para gallinas (*Gallus gallus*).

En el informe de reconocimiento oficial de la gallina Ibicenca (Méndez et al., 2011b), se usaron los datos preliminares de esta tesis para proceder al análisis de 28 microsatélites y establecer así una comparación genética de esta raza, además de con el resto de las baleares, con otras razas españolas como la Castellana y la Prat y alguna foránea como la Italiana dentro del tronco mediterráneo, a la vez que con la Cochinchina y la New Hampshire como pertenecientes al tronco atlántico. Además, también se incluyeron en dicha comparación un broiler y una ponedora comercial de huevo marrón.

De la misma manera en el año 2011, se presentó un estudio genético comparativo de la raza Sureña mediante 13 microsatélites, del cual se ha encontrado una síntesis en internet (http://www.mundoavicola.com/2011/05/estudio-genetico-de-la-surena_04.html).

Como conclusión, se considera relevante remarcar la gran diversidad de marcadores microsatélites que se han venido usando en los diferentes estudios anteriormente mencionados, no utilizándose en muchos de ellos los mismos, y cuando se han utilizado, estos pueden coincidir en mayor o menor número entre los estudios, lo cual dificulta en gran medida el hecho de poder realizar comparaciones entre ellos. De hecho, la lista de microsatélites publicada por la FAO a la que anteriormente se ha hecho referencia pretendía ser una estandarización que solventara este inconveniente.

Sin embargo, ya en el 2004, la FAO basándose en las respuestas a un cuestionario diseñado para verificar si se seguían las pautas marcadas por ella en los estudios de diversidad genética de los animales domésticos en los diez años anteriores, concluyó que los 25 microsatélites que recomendaba eran poco usados en gallinas.

Se sondearon ocho proyectos que contenían información relativa a 34 países de África, Asia y el Pacífico, Europa y Próximo Oriente, y únicamente uno seguía íntegramente su protocolo, y en la mitad de ellos o se usaban en parte o no se usaba ninguno de los recomendados([ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1250f/annexes/Thematic%20studies/CGR FA WG AnGR 3 4 Inf3.pdf](ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1250f/annexes/Thematic%20studies/CGR_FA_WG_AnGR_3_4_Inf3.pdf)).

Este hecho llevó al comité asesor a revisar esta lista y establecer una nueva con un mayor número de microsatélites, 30 concretamente (Hoffmann et al., 2004).

Ocho años después, y habiendo realizado una revisión bibliográfica referente a este tema, surge la percepción de que la situación parece haberse mejorado y estandarizado, puesto que la mayoría de los estudios más recientes ya sí coinciden mayormente en usar el mismo panel de microsatélites, tomando como referencia a la FAO y a AVIANDIV.

Aún así, la realización de comparaciones con algunos estudios sigue siendo compleja y difícil en este aspecto, por lo que debemos tomarlo en consideración.

Por todo ello, en la tabla 4.2. se expone la coincidencia en el análisis de microsatélites de los trabajos anteriormente citados con el que aquí se presenta.

En los trabajos de Granevitze et al. (2007), Muchadeyi et al. (2007), Álvarez et al. (2008), Bodzsar et al. (2009), Thi Kim Cuc (2010) y Eltanany et al. (2011), se utiliza exactamente el mismo panel de 29 microsatélites que inicialmente se empleó para analizar a las razas

baleares, con la salvedad de que en éstas, el microsatélite MCW0206 no se amplificó y se descartó, usándose entonces los 28 restantes. Serán por tanto, estos estudios los que se tendrán en cuenta para llevar a cabo las comparaciones en el apartado de la discusión.

Tabla 4.2. Microsatélites usados en diferentes estudios llevados a cabo en gallinas y su coincidencia con el presente estudio.

ESTUDIO	MICROSATÉLITES USADOS	
BALEARES (MÉNDEZ ET AL., 2011)	28*	
	MICROSATÉLITES QUE COINCIDEN	TOTAL USADOS
VANHALA ET AL., (1998)	2	9
WIMMERS ET AL., (2000)	9	30
HILLEL ET AL., (2003)	19	22
YA-BO ET AL., (2006)	1	22
GRANEVITZE ET AL., (2007)	28	29
TAKAHASHI AND NAKAMURA, (2007)	1	24
GRIMAL ET AL., (2007)	17	17
MUCHADEYI ET AL., (2007)	28	29
TADANO ET AL., (2007)	14	40
ÁLVAREZ ET AL.,(2008)	28	29
BODZSAR ET AL., (2009)	28	29
DÁVILA ET AL., (2009)	8	24
AZÓN ET AL., (2010)	16	16
THI KIM CUC., (2010)	28	29
ZANETTI ET AL., (2010)	20	20
CHANG ET AL., (2011)	20	24
GORAGA ET AL., (2011)	25	26
ELTANANY ET AL., (2011)	28	29
SUREÑA (2011)	13	13

*: Se usó en un principio un panel de 29 microsatélites pero el microsatélite MCW0206 no se amplificó en las razas baleares y fue descartado.

4.1.12. OBJETIVOS.

Los objetivos del presente apartado son:

- Estudiar comparativamente la diversidad o variabilidad genética existente entre las razas de gallinas baleares.

- Analizar las relaciones genéticas entre las tres razas baleares para apreciar su diferenciación así como comparar de forma descriptiva los resultados genéticos obtenidos en éstas con los de otras razas españolas y foráneas.
- Comprobar la estructura poblacional de las razas baleares.



Foto 4.1. Gallinas de raza Ibizenca, variedad *Trigueña Plateada* en proceso de selección.

4.2. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.2.1. OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS DE SANGRE.

Se obtuvo sangre de 48 animales de raza Menorca, 46 de raza Ibicenca y 47 de raza Mallorquina.

Se extrajeron 2 ml de sangre de cada gallina mediante una venopunción aséptica con una aguja acoplada a una jeringuilla. La sangre fue inmediatamente depositada en un tubo con anticoagulante EDTA, según el protocolo 1563 aprobado por el Comité Ético del IRTA.

Las muestras se conservaron en un congelador a -20° C hasta la extracción del DNA.

4.2.2. MARCADORES DE DNA UTILIZADOS.

Siguiendo las recomendaciones de la bibliografía que considera entre 20 y 30 el número adecuado de marcadores microsatélites a analizar (Nei and Roychoudhury, 1974; Nei, 1978; FAO (Hoffmann, 2004)), se utilizó para este estudio un panel de 28 microsatélites. Inicialmente se habían seleccionado 29, no obstante el microsatélite MCW0206 no se amplificó correctamente y fue descartado.

De los 28 usados, 15 se extrajeron del marco del proyecto Europeo **AVIANDIV** (Hillel et al., 2003) (<http://w3.tzv.fal.de/aviandiv/index.html>), habiendo sido ya testados anteriormente en una de las poblaciones de la raza Prat, en un convenio establecido entre el IRTA y el Instituto “*Institute for Animal Breeding Mariensee of the Federal Agricultural Research Center*” de Alemania. Estos 15 fueron: MCW0069, LEI0094, MCW0295, MCW0216, MCW0034, MCW0330, MCW0111, MCW0037, MCW0078, MCW0067, MCW0098, MCW0123, MCW0183, MCW0165 y ADL0112.

El resto de marcadores empleados fueron el MCW0103, MCW0222, ADL0268, MCW0014, LEI0166, MCW0081, MCW0248, LEI0234, MCW0104, MCW0020, ADL0278, MCW0080 y el MCW0016, obtenidos de otras gallinas españolas e internacionales a partir del Genebank.

En la tabla 4.3. se recoge la distribución cromosómica de estos marcadores, la información de los primers usados para su amplificación por PCR y la temperatura (T^a) óptima de amplificación.

Tabla 4.3. Distribución cromosómica, información de los primers usados para su amplificación por PCR y la temperatura óptima de amplificación (T^{ann}) de los 28 microsatélites utilizados.

Marcador	Cromosoma	Posición	Primer Forward	Primer Reverse	T^{ann} **
MCW0069	E60C04W23	23	GCACTCGAGAAAACCTCCT GCG	ATTGCTTCAGCAAGCATGGGA GGA	60°C
MCW0111	1	118	GCTCCATGTGAAGTGGTTT A	ATGTCCACTTGTCAATGATG	62°C
MCW0248	1	20	GTTGTTCAAAGAAGATGC ATG	TTGCATTAAGTGGCACTTTC	60°C
ADL0268	1	288	CTCCACCCCTCTCAGAACT A	CAACTTCCCATCTACCTACT	60°C
MCW0020	1	460	TCTTCTTTGACATGAATTG GCA	GCAAGGAAGATTTTGTACAAA ATC	60°C
MCW0034	2	230	TGCACGCACTTACATACTT AGAGA	TGTCCTTCCAATTACATTCATG GG	60°C
LEI0234	2	50	ATGCATCAGATTGGTATTC AA	CGTGGCTGTGAACAAATATG	55°C
MCW0103	3	210	AACTGCGTTGAGAGTGAAT GC	TTTCTAACTGGATGCTTCTG	64°C
LEI0166	3	300	CTCCTGCCCTTAGCTACGC A	TATCCCTGGCTGGGAGTTT	62°C
MCW0037	3	317	ACCGGTGCCATCAATTACC TATTA	GAAAGCTCACATGACACTGCG AAA	66°C
MCW0222	3	86	GCAGTTACATTGAAATGAT TCC	TTCTCAAACACCTAGAAGAC	60°C
MCW0016	3	96	ATGGCGCAGAAGGCAAAG CGATAT	TGGCTTCTGAAGCAGTTGCTA TGG	55°C
LEI0094	4	153	GATCTCACCAGTATGAGCT GC	TCTCACACTGTAACACAGTGC	62°C
MCW0098	4	217	GGCTGCTTTGTGCTCTTCT CG	CGATGGTCGTAATTCTCACGT	60°C
MCW0295	4	75	ATCACTACAGAACACCCTC TC	TATGTATGCACGCAGATATCC	58°C
MCW0081	5	123	GTTGCTGAGGCCTGGTG CAG	CCTGTATGTGGAATTACTTCT C	60°C
MCW0014	6	96	TATTGGCTCTAGGAACTGT C	GAAATGAAGGTAAGACTAGC	55°C
MCW0183	7	79	ATCCCAGTGTGAGTATCC GA	TGAGATTTACTGGAGCCTGCC	67°C
ADL0278	8	87	CCAGCAGTCTACCTTCCTA T	TGTCATCCAAGAACAGTGTG	62°C
MCW0078	5		CCACACGGAGAGGAGAAG GTCT	TAGCATATGAGTGTACTGAGC TTC	60°C
ADL0112	10	0	GGCTTAAGCTGACCCATTA T	ATCTCAAATGTAATGCGTGC	58°C
MCW0067	10	61	GCACTACTGTGTGCTGCA GTTT	GAGATGTAGTTGCCACATTCC GAC	60°C
MCW0104	13		TAGCACAACCTCAAGCTGTG AG	AGACTTGACAGCTGTGTACC	60°C
MCW0216	13	28	GGGTTTTACAGGATGGGA CG	AGTTTCACTCCCAGGGCTCG	58°C
MCW0123	14	45	CCACTAGAAAAGAACATCC TC	GGCTGATGTAAGAAGGGATG A	60°C
MCW0080	15	49	GAAATGGTACAGTGCAGTT GG	CCGTGCATTCTTAATTGACAG	60°C
MCW0330	17	41	TGGACCTCATCAGTCTGAC AG	AATGTTCTCATAGAGTTCCTG C	60°C
MCW0165	23		CAGACATGCATGCCAGAT GA	CAGACATGCATGCCAGATGA	60°C

T^{ann} **: Temperatura óptima de hibridación de cada pareja de *primers* durante la amplificación por PCR del marcador en cuestión.

4.2.3. AISLAMIENTO Y CUANTIFICACIÓN DEL DNA.

El aislamiento de DNA genómico de las muestras se realizó a partir de 10µl de sangre, siguiendo una modificación del método clásico de lisis con proteasas (Bailes et al., 2007).

El DNA se cuantificó por espectrofotometría en un equipo Nanodrop-100 y se comprobó su calidad y pureza en geles de agarosa teñidos con tintes de bromuro de etidio. A continuación, éste se diluyó en una solución tampón TE (10mM Tris HCl, pH 7.8, 1mM EDTA) a una concentración de 20ng/µl y se conservó a -20° C hasta su utilización.

4.2.4. GENOTIPADO DE MICROSATÉLITES.

Se realizó la amplificación simultánea de diversos marcadores en una reacción PCR múltiplex mediante un termociclador múltiplex PCR.

El ciclo de PCR fue el siguiente:

- 1 x 95°C x 10min.
- 30 ciclos de:
 - 95°C x 30 sec
 - T°ann x 20 sec
 - 72°C x 40 sec
- 72°C x 1h.

Se establecieron 35 ciclos en cada proceso.

En la tabla 4.4. se muestran las concentraciones de reactivos y condiciones de amplificación que se han usado para optimizar la PCR.

Tabla 4.4. Reactivos usados y sus concentraciones así como condiciones de amplificación en la PCR.

REACTIVO	Estoc	Concentración final	Mastermix X1
H2O miliQ	-	-	6.1 ul
10X buffer	10X	1X	1 ul
dNTP's	10 mM	0.2 mM	0.2 ul
Primer Fw	8 uM	0.2 uM	0.25 ul
Primer Rv	8 uM	0.2 uM	0.25 ul
Taq pol.	5 u/ul	0.5 U/ul	0.2 ul
		TOTAL	8 ul
DNA	20 ng/ul	-	2 ul

Las condiciones de la carrera electroforética también se optimizaron mediante el uso de un secuenciador automático ABI-3130xl (*Applied Biosystems*), donde los primers con orientación *forward* se marcaron con cuatro fluorocromos distintos: FAM, NED, PET o VIC.

Diversas reacciones multiplex se pudieron mezclar y resolver así varios microsatélites en una misma carrera electroforética, distribuyéndose los 29 microsatélites iniciales en tres grupos o SETs de 9/10. El microsatélite MCW0206 no se amplificó.

Los diferentes fragmentos amplificados marcados migraron según su carga y tamaño a través de un polímero POP7 (*Applied Biosystems*).

Los fragmentos amplificados fueron desnaturalizados en formamida a 95°C x 5 minutos seguidos de una breve incubación en gel.

El secuenciador se niveló utilizando DNA patrón procedente del proyecto AVIANDIV gracias a un acuerdo entre el IRTA y el "*Institute for Animal Breeding Mariensee of the Federal Agricultural Research Center*" de Alemania.

Así, en función del tiempo de llegada de los fragmentos y mediante el uso del mencionado patrón, se calculó su tamaño mediante el programa informático GeneMapper v. 3.7 (*Applied Biosystems*) permitiéndose la asignación semiautomática de las lecturas.

Todos los trabajos de extracción, amplificación y genotipado de DNA se realizaron en el laboratorio de Genómica del IRTA.

4.2.5. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS Y PROGRAMAS DE GENÉTICA UTILIZADOS.

Los datos genéticos obtenidos fueron en primer lugar analizados con el programa MICRO-CHECKER (Van Oosterhout et al., 2004) con la finalidad de detectar posibles errores, alelos nulos o efecto “dropout” y proceder a su corrección.

Una vez corregidos, se usó el software informático Genealex 6 (Peakall et al., 2005) para estimar los parámetros de diversidad genética: número medio de alelos (N_a), número efectivo de alelos (N_{ae}), número de alelos únicos (N_{au}), así como las frecuencias alélicas para las tres razas de gallinas baleares.

La riqueza alélica ($A[g]$), corregida en base al total de 20 individuos, puesto que éste es el número de individuos de los que se tiene información para todos los marcadores, fue calculada para cada una de las razas baleares mediante el software FSTAT 2.9.3 (Goudet et al., 2001).

El programa Arlequin v. 3.5 (Excoffier et al., 2005) se utilizó para realizar un análisis de la varianza molecular (AMOVA) con el objetivo de determinar la distribución de diversidad dentro y entre razas y comprobar la existencia de diferenciación significativa entre las tres razas baleares. Así mismo, se calcularon los valores de F_{IS} por cada locus y raza, y globales por raza comprobando su diferenciación de 0 con un nivel de significación 0,05.

Una vez corroborado esto, sí se consideró correcto proceder a calcular las distancias genéticas entre las tres razas, usándose como medida de ésta los F_{ST} pareados, concretamente la adaptación que suponen de este parámetro las distancias genéticas de Reynolds (Reynolds et al., 1983) con 10000 permutaciones y un nivel de significación del 0,05. Ello también se realizó mediante el programa Arlequin.

Para el cálculo de la heterocigosidad observada (H_o) y esperada (H_e) para todos los loci en cada una de las tres poblaciones baleares así como la global para cada población, se utilizó el programa Genetix v. 4.03 (Belkhir et al., 2003).

Este programa también sirvió para tener una aproximación de la significación de los valores de F_{IS} entre razas mediante el cálculo de los intervalos de confianza (IC), que si bien se podría intuir sin error a partir de los valores F_{IS} obtenidos del programa Arlequin, no podíamos demostrar estadísticamente. Con este programa también se llevó a cabo el análisis factorial de correspondencias (AFC).

Se calculó la distancia genética estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972) para las tres razas de gallinas baleares mediante el programa Molkin v. 3 (Gutiérrez et al., 2005). Dicho cálculo se realizó a partir del *Averaged Kinship Over Microsatellites (coancestry-related genetic parameters without weighting them by the PIC)* con un número de 1000 bootstrapping, el cual proporciona la desviación estándar de los valores. De este modo, se pudieron calcular los intervalos de confianza para establecer la significación de las diferentes distancias obtenidas entre razas. También se usó este programa para el cálculo del valor de PIC de cada marcador y su promedio tanto en el conjunto de las tres razas baleares como en cada una de ellas por separado.

Se construyó el dendrograma o árbol filogenético a partir de las distancias estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972) mediante el método de Neighbor-Joining (N-J) con el programa MEGA 5.1 (Tamura et al., 2011).

Por otra parte, con el objetivo de comprobar si existían tres poblaciones únicas y diferenciadas de acuerdo con nuestros datos, se detectó el número más probable de poblaciones (K) y se realizó la asignación de individuos a éstas, mediante el software Structure v. 2.3, (Pritchard et al., 2000). Se usó el modelo *admixture* con frecuencias alélicas correlacionadas. Para este caso se fijaron 100.000 iteraciones (*burnin length*) y 1.000.0000 iteraciones MCMC (cadenas de Markov y Monetcarlo), estableciéndose un rango de poblaciones $2 \leq K \leq 8$. Así, se llevaron a término 20 réplicas o simulaciones por cada K. El número de poblaciones más probable se estimó mediante el método de Evanno et al. (2005), en el que se usa ΔK para realizar dicha estima, en vez del valor $L(K)$ que se obtiene en el software structure.

Se utilizó el software CLUMPP (Jakobsson and Rosenberg, 2007) para tratar los datos obtenidos en las réplicas. Este programa intenta maximizar una medida de similitud realizando el mejor alineamiento de las matrices de los coeficientes de similitud obtenidas

de cada simulación a partir del programa Structure para cada K, de entre todos los posibles alineamientos de las réplicas.

Así en nuestro caso mediante este programa, a partir de las matrices con los coeficientes de similitud estimados de las 20 réplicas realizadas para cada K que proporcionó el programa Structure, se obtuvieron esas mismas matrices permutadas, facilitándose una media de las permutas de las réplicas y realizándose una comparación pareada de estas réplicas.

Las soluciones con una similitud de coeficientes $\geq 95\%$ se consideraron idénticas, las cuales se contabilizaron, calculándose un porcentaje para cada K. La solución que, tras dicho cómputo, tuvo el porcentaje más elevado y por tanto, resultó la más frecuente, se consideró la más probable, suponiendo este otro método alternativo, y a su vez complementario al anteriormente citado de Evanno et al. (2005), para determinar la K más probable.

Este programa proporcionó además el valor de H' para cada K, definiéndose este parámetro como una similitud pareada promedio corregida (Jakobsson and Rosenberg, 2007), la cual nos permitió de alguna forma mostrar la significación de cada K testada.

Los distintos patrones poblacionales obtenidos se visualizaron mediante el uso del software Distruct (Rosenberg et al., 2004).



Foto .4.2. Gallo y gallina de raza Ibicenca, variedad *Negra Plateada*.

4.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En primer lugar, debemos decir que actualmente se considera ideal tener un número de muestras que esté comprendido entre 30 y 50 para ser que éstas sean representativas de una población, que proporcione una idea acerca de los caracteres distintivos de la raza y la diversidad intraracial. Ya en 1998, la FAO estipulaba un número mínimo de 25.

Para este trabajo se utilizaron, como ya ha sido mencionado, 48, 46 y 47 muestras de las razas Menorca, Ibicenca y Mallorquina respectivamente, respetándose tales indicaciones. Sin embargo, si comparamos estos tamaños muestrales con los de otros estudios genéticos de poblaciones de gallinas realizados con marcadores microsatélites, en varios de ellos, esta recomendación no se cumple.

Así pues, Takahashi et al. (1998) muestrearon de 12 a 24 individuos, Vanhala et al. (1998) trabajaron con 12 a 31 muestras y Romanov and Weigend (2001), lo hicieron con un intervalo de 6 a 24 muestras, dato que pudiera resultar destacable a la hora de realizar futuras comparaciones. Estudios más recientes hallados en la bibliografía sí se ciñen a las recomendaciones estándares, tal es el caso de los trabajos de Muchadeyi et al. (2007) que emplean un mínimo de 30 individuos por población e incluso hasta 50 o 60 en algunas de ellas y Bodszar et al. (2009) o Goraga et al. (2011) que usan tamaños muestrales en torno a los 30 individuos.

4.3.1. ESTUDIO DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA.

4.3.1.1. Número promedio de alelos (N_a), número efectivo de alelos (N_{ae}) y riqueza alélica ($A[g]$).

En la tabla 4.5. se exponen los parámetros N_a , N_{ae} , y $A[g]$ por locus, así como sus promedios en las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorquina (MA).

De entre las razas baleares, ha sido **la raza Ibicenca la que ha presentado el mayor valor de N_a , siendo éste de 4,9, seguida de la Mallorquina que lo ha tenido de 4,3. Finalmente, la raza Menorca ha sido la que lo ha presentado menor, siendo éste de 4 aproximadamente.**

Resulta interesante comentar que el número de alelos para los locus ha oscilado entre 2 y 11 para la raza Ibicenca, entre 2 y 10 para la raza Mallorquina, y entre 1 y 9 para la raza Menorca.

Sin embargo, si tenemos en cuenta el N_{ae} promedio por cada raza, que es una medida indicativa del número de alelos que se esperaría tener en cada población, se observa que han sido algo más similares en las tres razas, aunque correspondiéndose en líneas generales con el orden y tendencia hallada anteriormente para el N_a .

La Ibicenca ha presentado el mayor valor de N_{ae} , 2,7, mientras que los de las razas Mallorquina y Menorca han sido de 2,4 y 2,2 respectivamente. De todo ello podemos extraer que **las tres razas baleares, tienen más alelos de los que se esperarían**, lo cual es un índice de una buena variabilidad genética.

Si hacemos referencia a la riqueza alélica ($A[g]$), corregida según el método de rarefacción para 20 individuos, ya que éste ha sido el número mínimo de individuos con valores conocidos en todos los marcadores genotipados, **la raza Ibicenca ha resultado tener el valor más elevado, siendo ésta de 4,5, viéndose secundada por la Mallorquina con un valor de 3,8 y por último, por la Menorca, que ha obtenido 3,6.**

Si comparamos estos parámetros aquí obtenidos con los que se encuentran publicados relativos a las razas baleares, en el informe de reconocimiento de la gallina Ibicenca (Méndez et al., 2011b), llevado a cabo con los datos preliminares y sin depurar de esta tesis, en ese momento dieron como resultado valores ligeramente diferentes.

En la raza Ibicenca el valor de N_a fue de 4,5 aproximadamente, menor al aquí obtenido, al igual que también fue levemente menor el de la Mallorquina que radicó en 4,0, resultando más o menos del mismo orden que el de la Menorquina, cuyo valor fue de 4,07, y que ha sido la única cuyo valor ha sido similar al del presente trabajo.

Podemos establecer comparaciones en cuanto a este parámetro con otros trabajos hallados en la bibliografía en los que se haya usado al menos el mismo panel de marcadores que en el presente trabajo. Así pues, Álvarez et al. (2008) expusieron un valor de N_a de 3,62 y de 2,76 para la raza Prat y Castellana Negra respectivamente. Ambos resultan menores que los aquí obtenidos para las tres razas baleares.

Para tener una idea de lo que sucede para otras razas extranjeras, en este mismo estudio Álvarez et al. también expusieron valores de N_a de algunas de ellas. De esta manera se refleja un N_a de 2,83 para la raza Italiana y de 3,55 para la Cochinchina.

Méndez et al. (2011b) reportaron un valor de 3,07 para la raza New Hampshire. Todos estos valores resultan inferiores a los hallados en este estudio para las baleares.

Granevitze et al. (2007) analizaron el polimorfismo de 64 poblaciones de gallinas, entre las que se hallaban tanto razas autóctonas de diversos continentes como comerciales. De entre las europeas, por ejemplo, podemos citar valores de N_a de 3,76 para la Marans y de 2,89 para la raza Padova, siendo ambos menores a los mostrados aquí para las razas baleares. En este estudio también se aportan valores para las razas Cochinchina y New Hampshire, que resultan del mismo orden que los expuestos anteriormente por Álvarez et al. (2008).

Estos autores estudiaron un gran número de razas asiáticas. Razas como la Dagu, H'mong o Tibetana muestran valores de N_a de 5,17, 6,72 y 5,52 respectivamente, siendo estos más elevados que los aquí hallados para las razas baleares. Sin embargo, razas chinas como la Wugu, Xianju, Xiaoshan y You presentan valores de N_a menores que están en torno a 4, y por tanto, más próximos a los de las razas Mallorquina y Menorca, pero siendo sensiblemente menores a los obtenidos en la raza Ibicenca.

Otro autor que ha estudiado la diversidad genética en nueve razas locales vietnamitas con el mismo número de microsatélites (Thi Kim Cuc, 2010), entre las que se encuentra también la raza H'mong previamente nombrada, halla un N_a levemente menor para ésta, concretamente de 6,48. Las siete razas restantes reflejan en todos los casos N_a que superan los 5,5, sobrepasando alguna incluso los 7, cifras que resultan sensiblemente mayores a las aquí expuestas para las razas baleares.

Estudios con el mismo diseño experimental en nueve razas húngaras (Bodzsar et al., 2009), presentan valores de N_a en torno a 3 para cinco de ellas, mientras que las cuatro restantes muestran valores mayores y cercanos a 4, siendo estos últimos más similares a los hallados para las tres razas baleares.

También podemos encontrar en la bibliografía trabajos realizados en razas africanas con estos mismos marcadores. Así, en un estudio llevado a cabo con cinco ecotipos de la gallina de Zimbabwe (Muchadeyi et al., 2007) se hallaron valores de N_a para cada uno de éstos, que oscilaban entre los 6,1 y 6,7. Eltanany et al. (2011) en un trabajo con diver-

Las razas egipcias, cita entre otros, valores de N_a de 4,31 y 4,38 respectivamente para las dos razas estrictamente nativas de este país, Fayoumi y Dandarawi. La raza Fayoumi también fue incluida en el estudio de Granevitze et al. (2007) mencionado anteriormente y en éste se expone para esta raza un N_a notablemente menor, de 2,92.

Si bien las razas de Zimbabwe presentan valores muy superiores a los reflejados en este estudio para las baleares, por el contrario, los valores de N_a mostrados por estas dos razas egipcias podrían equipararse al conseguido por la raza Mallorquina.

En este punto, puede también resultar útil cotejar los valores de N_a obtenidos aquí para las razas baleares con los que se encuentran en la bibliografía para estirpes comerciales en los que se haya utilizado también el mismo panel de marcadores microsatélites.

En el estudio anteriormente citado de Álvarez et al. (2008) se proporcionan valores de N_a para cuatro estirpes de broilers, que oscilan entre 3,55 y 4,79. Además, también se exponen valores de éste para la raza Rhode Island y Leghorn blanca que son de 2,90 y 2,76 respectivamente.

Granevitze et al. (2007) también cita valores de N_a para estirpes de ponedoras marrones de entre 3 y 3,5, y valores mayores para broilers del mismo orden que los citados por Álvarez et al. (2008), que superan los 3,7, llegando incluso una línea concreta de estos a mostrar también el valor de 4,79.

De lo expuesto anteriormente se puede extraer que existe una gran variabilidad para este parámetro entre las diferentes razas de gallinas, aún analizadas por un mismo diseño experimental, y por tanto, con los mismos marcadores.

No obstante, quizás podríamos entrever que parece existir la **tendencia generalizada de que las razas autóctonas o locales podrían tener mayor número de alelos que las comerciales o que las razas en cuya formación hubieran podido intervenir éstas.**

Respaldando este hecho, Muchadeyi et al. (2007) también observaron que el número promedio de alelos era más alto en cinco ecotipos de la gallina de Zimbabwe que en un conjunto de seis poblaciones puras (cinco líneas comerciales y una experimental) seleccionadas del proyecto AVIANDIV, y Eltanany et al. (2011) concluyeron del mismo

modo, que las líneas de razas egipcias poseían una mayor diversidad genética intrapoblacional que las líneas comerciales puras.

Así mismo, Goraga et al. (2011) también obtuvo un número medio de alelos en los ecotipos de raza Etíope mayor que las ponedoras comerciales, pero menor que broilers.

Una mayor diversidad genética en broilers que en ponedoras del total de líneas comerciales también ha sido mencionada en otros estudios (Granevitze et al., 2007; Muchadeyi et al., 2007; Tadano et al., 2007).

Por lo que en este punto, quizás debemos matizar que en general **las razas autóctonas poseen mayor variabilidad, al menos que las ponedoras comerciales.**



Foto 4.3. Al fondo, gallo de raza Ibicenca variedad *Negra Plateada*.

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4.5. Número de muestras (N), número de alelos (N_a), número efectivo (N_{ae}), y riqueza alélica (A[g])* por locus, así como sus promedios en las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA). (*= se calcula para las tres razas en base a N=20)

MICROSAT	Rango	ME				IB				MA			
		N	N _a	N _{ae}	A[g]	N	N _a	N _{ae}	A[g]	N	N _a	N _{ae}	A[g]
MCW0103	250-270	45	2	1,142	1,974	40	2	1,995	2,000	47	2	1,992	2,000
MCW0295	88-102	39	4	3,513	4,000	45	5	1,695	4,577	47	5	3,292	4,757
MCW0222	220-236	27	3	1,403	3,872	20	5	2,020	5,000	45	4	1,346	3,385
ADL0268	100-116	47	3	1,599	2,426	42	7	2,128	6,122	46	6	2,363	4,924
MCW0183	296-322	48	7	4,319	6,284	44	6	2,310	4,904	47	6	3,220	4,819
MCW0014	162-178	47	3	1,349	2,672	43	2	1,375	2,000	47	2	1,043	1,673
MCW0067	178-186	44	3	1,047	1,909	46	3	2,224	2,971	47	3	2,959	3,000
MCW0098	263-265	46	2	1,830	2,000	45	2	1,557	2,000	47	2	1,957	2,000
LEI0166	354-368	47	5	2,499	4,098	44	3	2,883	3,000	44	3	1,355	2,950
MCW0069	158-168	41	3	1,883	2,936	46	4	3,223	3,903	46	4	2,805	3,824
MCW0081	101-147	38	6	3,354	5,416	31	6	3,214	5,401	47	11	3,367	6,898
ADL0112	122-132	47	2	1,449	2,000	45	4	2,375	3,986	47	5	3,899	4,426
MCW0034	220-242	39	7	2,510	6,411	43	6	4,605	5,697	46	5	3,538	4,969
MCW0111	90-106	47	3	2,358	3,000	45	4	1,718	3,139	47	4	2,111	3,368
MCW0078	135-145	47	4	3,225	3,896	46	4	2,128	3,679	47	3	1,188	2,641
LEI0094	163-297	47	9	3,725	7,378	45	8	3,344	6,766	47	5	2,920	4,368
MCW0248	215-223	47	1	1,000	1,000	42	3	1,155	2,441	47	3	1,300	2,937
LEI0234	216-360	44	9	4,025	7,178	45	12	5,712	10,254	45	6	2,560	5,388
MCW0330	258-290	46	5	2,368	4,114	42	5	4,083	4,861	47	4	2,309	3,671
MCW0104	190-226	45	4	1,737	3,431	39	7	3,982	6,802	40	7	5,614	6,487
MCW0020	179-185	45	4	3,632	3,999	45	4	2,980	4,000	47	4	2,434	3,942
MCW0165	114-118	45	3	1,515	2,991	45	3	1,379	2,973	47	3	2,106	2,968
MCW0123	80-100	45	4	1,559	3,139	45	5	2,731	4,743	47	3	1,269	2,806
ADL0278	112-188	47	4	1,794	3,670	40	7	3,704	5,497	46	5	1,401	3,691
MCW0037	154-160	48	3	2,083	3,000	42	3	2,549	3,000	46	4	3,455	3,996
MCW0080	263-282	45	4	1,634	3,278	44	8	3,556	6,907	46	5	2,259	4,117
MCW0216	141-145	47	2	1,957	2,000	46	3	1,744	2,683	47	3	2,377	2,995
MCW0016	170-180	42	2	2,000	2,000	40	6	3,874	5,847	45	4	2,261	3,952
PROMEDIO			3,964	2,232	3,574		4,893	2,723	4,470		4,321	2,454	3,820

4.3.1.2. Frecuencias alélicas.

En la tabla 4.6. se exponen las frecuencias alélicas mínimas y máximas de cada uno de los 28 microsatélites estudiados para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).

Tabla 4.6. Número de alelos (Na) y frecuencias alélicas mínimas (Frec. mín.) y máximas (Frec. máx.) de cada uno de los 28 microsatélites analizados para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).

MICROSAT	ME			IB			MA		
	Na	Frec. Mín.	Frec. máx.	Na	Frec. Mín.	Frec. Máx.	Na	Frec. Mín.	Frec. Máx.
MCW0103	2	0,067	0,933	2	0,475	0,525	2	0,468	0,532
MCW0295	4	0,141	0,397	5	0,022	0,756	5	0,032	0,415
MCW0222	3	0,037	0,833	5	0,025	0,675	4	0,022	0,856
ADL0268	3	0,011	0,755	7	0,012	0,667	6	0,011	0,565
MCW0183	7	0,021	0,313	6	0,011	0,625	6	0,011	0,372
MCW0014	3	0,021	0,851	2	0,163	0,837	2	0,021	0,979
MCW0067	3	0,011	0,977	3	0,065	0,533	3	0,287	0,383
MCW0098	2	0,348	0,652	2	0,233	0,767	2	0,426	0,574
LEI0166	5	0,011	0,564	3	0,239	0,386	3	0,057	0,852
MCW0069	3	0,049	0,671	4	0,043	0,348	4	0,033	0,413
MCW0081	6	0,013	0,447	6	0,016	0,435	11	0,011	0,436
ADL0112	2	0,191	0,809	4	0,078	0,600	5	0,011	0,340
MCW0034	7	0,026	0,603	6	0,023	0,291	5	0,076	0,380
MCW0111	3	0,170	0,574	4	0,011	0,722	4	0,011	0,596
MCW0078	4	0,043	0,340	4	0,022	0,630	3	0,021	0,915
LEI0094	9	0,011	0,394	8	0,011	0,389	5	0,011	0,489
MCW0248	1	1,000	1,000	3	0,012	0,929	3	0,064	0,872
LEI0234	9	0,011	0,375	12	0,022	0,333	6	0,011	0,589
MCW0330	5	0,011	0,565	5	0,036	0,321	4	0,021	0,585
MCW0104	4	0,011	0,733	7	0,051	0,397	7	0,013	0,225
MCW0020	4	0,122	0,322	4	0,133	0,500	4	0,053	0,585
MCW0165	3	0,089	0,800	3	0,078	0,844	3	0,064	0,596
MCW0123	4	0,011	0,778	5	0,033	0,533	3	0,032	0,883
ADL0278	4	0,021	0,723	7	0,013	0,375	5	0,011	0,837
MCW0037	3	0,167	0,646	3	0,143	0,476	4	0,098	0,370
MCW0080	4	0,011	0,756	8	0,011	0,432	5	0,011	0,609
MCW0216	2	0,426	0,574	3	0,022	0,707	3	0,096	0,489
MCW0016	2	0,500	0,500	6	0,038	0,400	4	0,056	0,622
PROMEDIO	3,964			4,893			4,321		

A partir de esta tabla se pueden hacer algunos comentarios de la información expuesta que pueden resultar de interés.

De ella se extrae que la frecuencia alélica mínima ha sido de 0,011, la cual se ha dado en diferentes loci en las tres razas, habiendo coincidido en algún caso. Así, en las razas Menorca y Mallorquina se ha encontrado esta frecuencia en 9 marcadores, siendo 4 de ellos, los mismos para las dos razas: ADL0268, LEI0094, LEI0234, y MCW0080. En la Ibicenca, se ha dado únicamente en cuatro marcadores, de los cuales dos han sido los mismos que para las otras dos razas baleares, LEI0094 y MCW0080, y los otros dos han coincidido sólo con la Mallorquina, el MCW0183 y el MCW0111.

Si nos fijamos ahora en cual ha sido la frecuencia mínima más alta que ha tenido un alelo, ésta ha tenido valores más o menos similares en las tres razas. La raza Menorca, exceptuando el locus monomórfico, ha tenido una frecuencia mínima de 0,50 en el locus MCW0016. Sin embargo, para las razas Ibicenca y Mallorquina, ésta se ha presentado en el mismo locus, el MCW0103, y ha sido de 0,475 y 0,468 respectivamente.

Si ahora hacemos referencia a la frecuencia alélica más alta, ésta ha pertenecido al alelo del locus MCW0014 de la raza Mallorquina con un valor de 0,979. Por otra parte, el locus MCW0067 en la Menorca ha tenido un alelo que ha presentado una frecuencia alélica máxima casi del mismo orden, 0,977. En la raza Ibicenca, la frecuencia máxima ha sido menor, 0,929 y la ha mostrado un alelo del locus MCW0248.

Finalmente, otro aspecto que podría ser interesante resaltar, es que **la raza Mallorquina ha presentado siete locus cuyos alelos han tenido unas frecuencias alélicas superiores a 0,8. La Menorca se ha comportado en este caso de forma similar, aunque mostrando seis locus con estos valores.**

Sin embargo, y a diferencia de éstas, **la Ibicenca** únicamente ha manifestado frecuencias del mismo orden **en tres locus.**

4.3.1.3. Porcentaje de loci polimórficos.

En el gráfico 4.1. se expone el porcentaje de loci polimórficos en las tres razas de gallinas baleares.

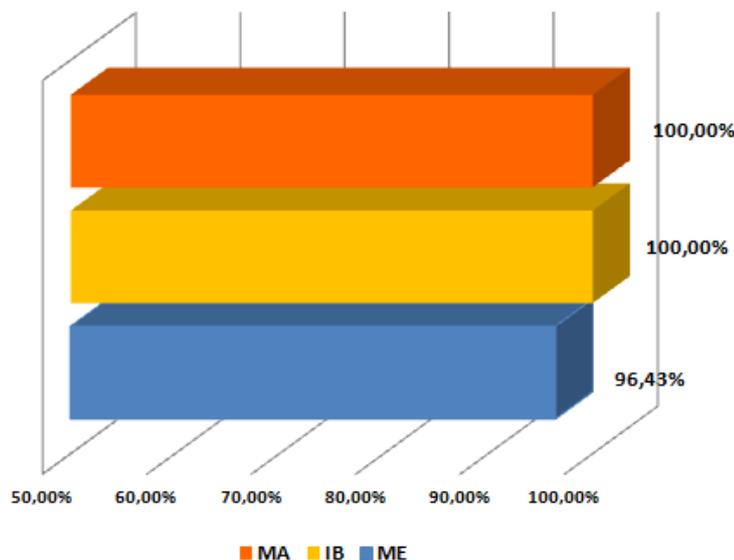


Gráfico 4.1. Porcentaje de loci polimórficos en las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicencia (IB) y Mallorca (MA).

Tal como se aprecia en el gráfico, **la Ibicencia y la Mallorca han presentado un elevado polimorfismo en todos los loci, siendo éste del 100%**. Álvarez et al., (2008) también hallaron el mismo porcentaje de polimorfismo para la raza Prat.

Sin embargo, en **la raza Menorca** se ha encontrado un locus monomórfico, el MCW0248, y por tanto, **el porcentaje de polimorfismo ha disminuido, siendo éste del 96,43%**.

Álvarez et al. (2008) compararon la raza Prat con otras razas, de las cuales también citaron porcentajes de polimorfismo, obteniendo las razas Italiana y Castellana valores del 89,7%, menores por tanto, a los aquí reflejados para las tres razas baleares. En este estudio también se mostraron resultados de polimorfismo en tres estirpes comerciales de broilers y la raza Cochinchina, los cuales fueron del 100%, mientras que en las ponedoras Rhode Island y Leghorn Blanca se encontraron polimorfismos menores del 89,7%.

Ello una vez más parece volver a evidenciar el hecho de que las ponedoras comerciales manifiestan una menor variabilidad genética que los broilers, de la misma forma que sucedía para el parámetro N_a , tal como se ha comentado anteriormente.

4.3.1.4. Número de alelos únicos (N_{au}).

En la tabla 4.7. se expone el número de alelos únicos (N_{au}) y sus frecuencias en las tres razas de gallinas baleares. **Un total de 69 alelos únicos han sido encontrados de los 369 existentes entre las tres razas, lo que supone un 18,70 %.**

Esta frecuencia ha resultado superior a la encontrada en estudios ya mencionados anteriormente y llevados a cabo en razas autóctonas de diversos lugares del mundo, con los que se han venido realizando ya comparaciones para otros parámetros.

Así, el trabajo efectuado con razas de Egipto nativas y sintéticas hibridadas (Eltanany, 2011) reportó una frecuencia de alelos únicos total del 16,4%, aunque si en este caso, únicamente se tienen en cuenta las razas egipcias, ésta sería del 4,22%.

En otro estudio también citado previamente, en el que analizaban cinco ecotipos locales de gallina de Zimbabwe (Muchadeyi et al., 2007), se halló una frecuencia de alelos únicos de 9,58%.

Si comparamos esta frecuencia con la que se aprecia en proyectos más globales que abarcan tanto razas autóctonas de diferentes continentes como líneas comerciales, Granevitze et al. (2007) en un estudio llevado a cabo con 64 poblaciones obtuvieron una frecuencia de alelos únicos del 10%.

Si ahora consideramos cada raza balear por separado, ello ha supuesto que **la Ibicenca sea la raza que ha presentado el mayor porcentaje de alelos únicos, 28 de los 137 (20,44%), seguida de la Menorca, para la cual son únicos 22 de los 111 alelos que ha mostrado (19,82%), y por último, la Mallorquina, que ha registrado un 15,70%, 19 de los 121 existentes en esta raza.**

De estos 69, **un total de 7 mostraron una frecuencia superior al 20%, 2 en la raza Menorca, 2 en la Ibicenca y 3 en la Mallorquina.**

El que se ha presentado con mayor frecuencia ha resultado ser el alelo 250 del locus MCW103 en la raza Mallorquina, que lo ha hecho en un porcentaje del 46,8%.

Granevitze et al. (2007), encontraron 13 alelos únicos con una frecuencia superior al 10%, de los cuales dos alcanzaron porcentajes bastante superiores a estos, llegando a presentar frecuencias del 50% aproximadamente.

Álvarez et al. (2008), obtuvieron una frecuencia menor de alelos únicos del 9,52 % para la raza Prat. Sin embargo, uno de esos alelos se presentó en una frecuencia del 80%, la cual resulta notablemente superior a la mostrada por los alelos únicos hallados en las razas baleares.



Foto 4.4. Gallo joven de raza Mallorquina.

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4.7. Número de alelos únicos (N_{au}) y sus frecuencias en las tres razas de gallinas Baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA). En rojo se marcan los alelos que se encuentran en una frecuencia superior al 20%.

MICROSAT	ME			IB			MA		
	N _{au}	Alelo	Frec (%)	N _{au}	Alelo	Frec (%)	N _{au}	Alelo	Frec (%)
MCW0103							1	250	46,8
MCW0295									
MCW0222	1	234	12,963	3	224, 232 , 236	5,0 ;2,5 ; 7,5	1	228	2,2
ADL0268				1	100	1,2			
MCW0183	1	322	22,9	1	312	1,1	1	300	1,1
MCW0014									
MCW0067	1	186	1,1						
MCW0098									
LEI0166	2	354, 368	1,1; 2,1						
MCW0069	1	166	4,9						
MCW0081	3	123, 129, 133	7,9 ; 3,9 ; 23,7	1	131	1,6	6	101,108,124,125,127,147	2,1 ; 1,1 ; 1,1 ; 1,1 ; 0,01,1 ; 0,011
ADL0112							1	122	1,1
MCW0034	1	234	2,6						
MCW0111				1	106	1,1	2	90, 94	1,1 ; 34,0
MCW0078	1	145	4,3						
LEI0094	4	247,271,279,283	13,8 ; 2,1 ; 4,3 ; 2,1	2	163, 295	2,2 ; 3,3	1	273	23,4
MCW0248									
LEI0234	2	356, 360	1,1 ; 1,1	5	216,256,292,300,308	15,6 ; 1,1 ; 2,2 ; 6,7 ; 2,2			
MCW0330	1	280	9,8	1	276	32,1			
MCW0104	2	196, 202	1,1;7,8	2	214, 224	5,1 ; 6,4	2	220, 222	13,8 ; 7,5
MCW0020		202	17,8						
MCW0165									
MCW0123	1	86	18,9	2	80, 90	4,4 ; 23,3	1	100	8,5
ADL0278				3	112 , 116, 188	1,3 ; 10,0 ; 1,3	1	124	1,1
MCW0037							1	160	9,8
MCW0080	1	271	1,1	4	269, 270, 277, 282	1,1 ; 9,1 ; 4,5 ; 2,3	1	263	2,2
MCW0216									297
MCW0016				2	172 , 176	8,7 ; 3,8			

Si comparamos algunos de los datos aquí obtenidos con los que se hallan en la bibliografía relativos a alelos únicos presentes en otras razas de gallinas, Muchadeyi et al. (2007), en un estudio con ecotipos de gallinas de Zimbabwe, muestran alelos únicos en algunos de los mismos marcadores que en las razas baleares. Así, se han encontrado estas coincidencias en seis loci: MCW0016, MCW0080, LEI0234, LEI 0094, MCW0081, y LEI0166.

En primer lugar, el locus LEI0234 en las gallinas de Zimbabwe presentó el mismo número de alelos únicos que la raza Ibicenca, cinco, de los cuales únicamente uno ha sido el mismo para ambas, el 256, pero presentándose en una frecuencia bastante similar, 1,1% en la raza Ibicenca versus 1,26% en las de Zimbabwe. En ese mismo locus se ha encontrado otro alelo único coincidente en este caso con la raza Menorca, el 356, pero con una frecuencia inferior (1,1%) a la de este conjunto de ecotipos de Zimbabwe, que ha sido del 2,1%.

En el caso del locus MCW0016, los ecotipos de gallinas de Zimbabwe presentan el alelo 176 a una frecuencia de 0,84%, que resulta sensiblemente inferior a la del 3,85% que éste ha tenido en la raza Ibicenca.

Otro locus para el cual se han mostrado coincidencias ha sido el MCW0080, donde el alelo 282 se presenta como único en estas poblaciones africanas a una frecuencia de 1,26 %, menor que la que ha tenido en la raza Ibicenca, que ha resultado de 2,3 %.

El locus MCW0081 presenta seis alelos únicos en las poblaciones zimbabuenses al igual que en la raza Mallorquina aunque sin coincidir ninguno de ellos, y sí coincidiendo con la Menorca en tener como único el alelo 133. No obstante, éste se ha presentado en la raza Menorca con una frecuencia superior al 20 %, mientras que en las de Zimbabwe ésta no alcanza el 1%.

En el LEI0094, vuelve a mostrarse algo parecido a lo descrito en el párrafo previo pero a la inversa que antes, puesto que éste presenta cuatro alelos únicos como la raza Menorca, pero el que coincide es el que se ha hallado en la raza Mallorquina, el 273. Además éste también se da en la raza Mallorquina a una frecuencia superior al 20%, concretamente del 23,4%, mientras que en las zimbabuenses ésta fue del 4,20%.

Por último, respecto al locus LEI0166, también se ha encontrado el alelo 354 como único en la raza Menorca y en las zimbabuenses, a pesar de que en este caso en estas últimas se ha hallado a una frecuencia ligeramente superior, 2,94% versus el 1,1 % a la que se da en la raza Menorca.

4.3.1.5. Contenido de Índice polimórfico (PIC).

Los valores de PIC para cada marcador teniendo en cuenta a las tres razas baleares en conjunto han estado comprendidos entre 0,122 (presentado por el MCW0248) y el (0,818 hallado en el MCW0034), mientras que el valor medio para todos los marcadores ha sido de 0,564.

Si ahora tenemos en cuenta el PIC promedio para todos los marcadores en cada una de las tres razas baleares por separado, se han obtenido valores menores que el global, siendo estos de 0,401 para la raza Ibicenca, 0,345 en la Mallorquina y de 0,315 para la Menorca.

4.3.1.6. DIFERENCIAS ENTRE RAZAS A NIVEL ESTADÍSTICO.

4.3.1.6.1. Resultados del análisis molecular de la varianza (AMOVA).

En la tabla 4.8. se expone la distribución de las componentes que explican la varianza genética encontrada.

Tabla 4.8. Análisis molecular de la varianza (AMOVA).

	Varianza (g.l.)	Suma de cuadrados	Componentes de la varianza	Porcentaje de variación	Índices de fijación
Entre poblaciones	2	217,367	1,10399 Va	19,50	F_{ST}: 0,19498 ***
Entre individuos dentro de poblaciones	138	679,594	0,36655 Vb	6,47	F_{IS}: 0,08042 ***
Dentro de individuos	141	591,000	4,19149 Vc	74,03	F_{IT}: 0,25972 ***
TOTAL	281	1487,961	5,66203		

***: Valores significativamente distintos de 0.

Los resultados muestran que la componente dentro de individuos es la que explica una mayor proporción de varianza (74,03%), mientras que la que corresponde a entre individuos dentro de las poblaciones explica únicamente el 6,47%.

Por otro lado, podemos atribuir a la diferencia entre poblaciones el 19,50% de la variabilidad genética que existe.

4.3.1.6.2. Heterocigosidad y valores de F_{IS} .

En la tabla 4.9. se exponen las heterozigosidades observadas (H_o), esperadas (H_e) y esperadas no sesgadas ($H_{n.b.}$) para el conjunto de microsatélites analizados en cada una de las razas de gallinas baleares así como los valores globales por raza y su desviación estándar. Los valores de heterocigosidad esperada que se tendrán en cuenta, serán los correspondientes a la no sesgada.

Tal como se aprecia en la citada tabla, la raza Mallorquina ha mostrado una H_o de 0,52 y una H_e de 0,53. La raza Ibicenca ha presentado un valor de H_o de 0,51 y una H_e mayor, siendo ésta de 0, 58. Por último, la raza Menorca ha obtenido una H_o de 0,42, algo inferior a la H_e , que ha sido de 0,48.

Puesto que los valores de heterocigosidad dependen del número de alelos, no pueden considerarse aptos para realizar comparaciones entre razas, pero nos resultan de utilidad para calcular los valores de F_{IS} , los cuales sí pueden usarse para tal fin.

Así, teniendo en cuenta que el valor de F_{IS} se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$F_{IS} = 1 - (H_o/H_e)$$

Este parámetro representa una estima del coeficiente de endogamia o consanguinidad.

De este modo, también se presentan en esa misma tabla 4.9 los valores de F_{IS} por locus y para cada una de las razas de gallinas baleares, así como sus valores globales por raza y su significación.

La raza Mallorquina ha mostrado una H_e de 0,53, que ha sido aproximadamente del mismo orden que su H_o (0,52), lo que se ha traducido en un valor de F_{IS} (0,0238) que no se ha diferenciado significativamente de 0, indicando ello que se trata de una población cercana al equilibrio H-W donde no existe endogamia.

Por el contrario, en la raza Menorca, la H_o (0,42) ha sido inferior a la H_e (0,48), lo cual ha supuesto un coeficiente de endogamia algo superior a 0 (0,1008), indicando ello un efecto de población cerrada con cierto nivel de endogamia y sin control dirigido de apareamientos.

Finalmente, la raza Ibicenca ha presentado la misma tónica que la Menorca en cuanto a que la H_o (0,51) ha sido también menor a la H_e (0,58), de lo que se ha derivado un valor de F_{IS} también ligeramente superior a 0 (0,1180), teniendo ello las mismas repercusiones que para la raza Menorca.

Resulta interesante mencionar que este valor de F_{IS} hallado para la raza Ibicenca se asemeja bastante al que obtuvieron Francesch et al. (2009) a partir de la variabilidad alélica del locus E en la raza Ibicenca, que fue de 0,18.

En este punto debemos hacer referencia a que los valores de F_{IS} fueron calculados también con otros programas genéticos que proporcionaban intervalos de confianza tal y como se ha indicado en el apartado de material y métodos, los cuales permitían concluir que no existían diferencias significativas entre las razas Menorca e Ibicenca en cuanto a este parámetro, y por tanto, que estas dos razas tenían valores de F_{IS} idénticos, hecho que podría intuirse a partir de los valores que aquí se exponen.

Existe una publicación del Informe de Reconocimiento de la Gallina Ibicenca (Méndez et al., 2011b) en el que se proporcionan datos relativos a estos mismos parámetros en las razas baleares. Los valores que aparecen en éste, resultan ligeramente diferentes a los que se exponen en el presente trabajo, pese a haberse obtenido a partir de las mismas muestras. Ello es debido a que para dicha publicación, como se ha venido recalando perviamente en otros apartados, se usaron datos preliminares analizados con programas diferentes, mientras que los datos que aquí se exponen constituyen ya los datos finales.

No obstante, pese a alguna pequeña diferencia, en ambos casos se aprecia la misma tendencia en el comportamiento de las heterocigosidades y valores de F_{IS} , traduciéndose todo ello en que la raza Ibicenca y Menorca manifiestan un valor de F_{IS} significativamente diferente de 0, mientras que el de la Mallorquina no puede diferenciarse estadísticamente de éste, de la misma manera que en este trabajo.

Tal como se ha dicho anteriormente, se pueden establecer comparaciones de los valores de F_{IS} obtenidos en el presente trabajo con los existentes para otras razas españolas e internacionales.

Así, Álvarez et al. (2008) analizaron una población de raza Prat junto a otras nueve poblaciones de otras razas, y obtuvieron para ésta un valor de F_{IS} significativamente diferente a cero pero negativo, siendo éste de -0,158, suponiendo ello un número de heterocigotos algo superior al esperable pero indicativo, tal como citan sus autores, de que se mantenía una baja consanguinidad en el núcleo de estudio.

Este trabajo también proporciona valores de F_{IS} para esas otras nueve razas. Entre ellas, el de otra raza española, la Castellana, siendo éste de 0,126, lo que manifiesta una situación que podría equipararse en cierto modo, a la que se da para las razas Ibicenca y Menorca, y en la que existe por tanto, una endogamia no muy severa.

Otra raza española que se ha caracterizado genéticamente es la gallina valenciana de Chulilla (Grimal et al., 2007). Sin embargo, en la bibliografía encontrada sólo se expone el valor medio de la H_e (0,43), por lo que se carece de un valor de F_{IS} con el que poder realizar comparaciones.

En cuanto a la raza Sobrarbe, Azón (2010) presentó un valor de F_{IS} de 0,018, que de la misma forma que para la raza Mallorquina, no difería significativamente de 0, lo cual es indicativo de que estas dos razas poseen una baja consanguinidad.

Si hacemos referencia ahora a valores de F_{IS} de otras razas internacionales, Álvarez et al. (2008), hallaron valores de 0,148 para la raza Italiana, el cual sería aproximadamente del mismo orden que los de la Ibicenca y Menorca. Sin embargo, en este trabajo razas como la Cochinchina o la Rhode Island presentan valores de F_{IS} significativamente diferentes de 0 más bajos a los experimentados por estas dos razas baleares, concretamente de 0,040.

En un estudio llevado a cabo con seis razas autóctonas húngaras (Bodzsar et al., 2009) se refleja un valor de F_{IS} global para éstas igual a cero (0,003), con lo cual estas poblaciones se encuentran próximas al equilibrio H-W, igual que la raza Mallorquina. En éste también se muestra un valor global de F_{IS} de 0,077, que resulta significativamente diferente de 0, para un grupo de nueve poblaciones de gallinas europeas (Marans, Orlov, Brakel, Friesenhuhn, Kastilianer, Iceland landrace, Padova, Jaerhoens y Green legged partridge), cuyo comportamiento resulta más similar a las razas Ibicenca y Menorca.

Resulta interesante describir como se comporta este parámetro en algunas estirpes comerciales. Así, algunos de los trabajos anteriormente citados también incluyen poblaciones de este tipo para realizar comparaciones. Por ejemplo, Álvarez et al. (2008) incluyeron en sus estudios cuatro líneas de broilers, de las cuales dos mostraban valores de F_{IS} que no se diferenciaban significativamente de 0, y otras dos, que los tenían negativos y del orden de -0,02 y -0,03. También se hace referencia a una población de Leghorn Blanca con un valor de F_{IS} estadísticamente diferente de 0, de 0,065.

Bodzsar et al. (2009) también mostraron un F_{IS} global significativamente diferente de 0, concretamente de 0,028, para los datos extraídos del proyecto AVIANDIV a partir de un conjunto de estirpes comerciales formado por: cuatro líneas de broilers (BRD_A, BRD_D, BRS_A, BRS_B), tres de ponedoras de huevo marrón (BL_A, BL_C y BL_D) y dos de ponedoras de huevo blanco (WL_A;WL_C).

De la misma forma, Muchadeyi et al. (2007) aportaron un valor de F_{IS} de 0,041 para un grupo de estirpes comerciales seleccionadas por AVIANDIV, en el cual se incluían también dos líneas de broilers (BRD y BRS), dos de ponedoras de huevo marrón (BL_A y BL_C) y dos de huevo blanco (LS_S y WL_A).

Por último, existen trabajos más globales que han estudiado un elevado número de poblaciones, abarcando tanto a razas autóctonas internacionales (tanto europeas como algunas asiáticas y africanas) como estirpes comerciales, para las que también se han aportado valores de este parámetro. Tal es el caso del estudio de Granevitze et al. (2007) realizado con razas de 64 continentes, con la puntualización de que en éste no se aporta la significación de este parámetro en cada una de las razas. En relación a las estirpes comerciales, se muestran valores de entre 0,03 y 0,06 para ponedoras de huevo marrón y de entre 0,02 y 0,04 aproximadamente para las líneas de broilers. También se exponen

valores de F_{IS} para algunas razas europeas. Entre ellas, a modo de ejemplo y por haberse utilizado en la comparación de otros parámetros anteriormente expuestos, podríamos resaltar el valor de 0,111 y 0,136 que muestran la raza francesa Marans y la italiana Padova respectivamente, indicativo de la presencia de cierta endogamia en estas poblaciones, que podría equipararse a la situación mostrada en las razas Ibicenca y Menorca.

Granevitze et al. también exponen los valores de F_{IS} para algunas razas asiáticas. Así, la Cochinchina muestra aquí un valor de 0,083, el cual difiere del hallado por Álvarez et al. (2008) que fue menor. La raza vietnamita H'mong muestra un valor de 0,075 mientras que la Tibetana lo tiene de 0,018, siendo éste sensiblemente menor al hallado en las razas Ibicenca y Menorca. Razas chinas como la Wugu o la Xiaoshan presentan ya valores de F_{IS} menores, siendo estos de 0,004 y 0,002 respectivamente.

En ese trabajo también se dividen estas 64 razas en varios clústers, y en este caso sí se muestran las diferencias significativas encontradas para este parámetro entre los diferentes grupos. Según este estudio no se han encontrado diferencias significativas entre los valores de F_{IS} de los clústers formados por ponedoras de huevo marrón, broilers, razas nativas chinas o con un reciente origen chino, razas de Este Medio y razas con un origen inicialmente Mediterráneo. Pero todos estos grupos, excepto el formado por las razas del Este Medio, sí se han diferenciado respecto al F_{IS} del grupo formado por las razas del Noroeste europeo, que ha sido de 0,157.



Foto 4.5. Gallo de raza Ibicenca variedad *Negra Barrada* de cinco meses.

CARACTERIZACIÓN GENÉTICA

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4.9. Heterocigosidad esperada (H_e), heterocigosidad esperada no sesgada ($H_{n.b.}$) y heterocigosidad observada (H_o) \pm Desv. Est. por locus y población y los valores globales así como el valor de F_{IS} por cada locus y población y valor global con su significación ($\alpha=0,05$) en las tres razas baleares: Menorca (ME), Ibizenca (IB) y Mallorca (MA).

MICROSAT	ME				IB				MA			
	He	H n.b.	Ho	FIS	He	H n.b.	Ho	FIS	He	H n.b.	Ho	FIS
MCW0103	0,124	0,126	0,133	-0,060	0,499	0,505	0,650	-0,292	0,498	0,503	0,936	-0,878
MCW0295	0,715	0,725	0,615	0,152	0,410	0,415	0,444	-0,073	0,696	0,704	0,340	0,519
MCW0222	0,294	0,300	0,185	0,387	0,505	0,518	0,150	0,716	0,257	0,260	0,200	0,233
ADL0268	0,375	0,379	0,447	-0,182	0,530	0,536	0,524	0,024	0,577	0,583	0,522	0,106
MCW0183	0,768	0,777	0,750	0,035	0,567	0,574	0,523	0,090	0,690	0,697	0,872	-0,255
MCW0014	0,259	0,262	0,000	1,000	0,273	0,276	0,000	1,000	0,042	0,042	0,043	-0,011
MCW0067	0,045	0,045	0,046	-0,006	0,055	0,556	0,761	-0,373	0,662	0,669	0,596	0,111
MCW0098	0,454	0,459	0,391	0,148	0,358	0,362	0,289	0,203	0,489	0,494	0,596	-0,208
LEI0166	0,600	0,606	0,596	0,018	0,653	0,661	0,659	0,002	0,262	0,265	0,296	-0,116
MCW0069	0,469	0,475	0,390	0,180	0,690	0,697	0,609	0,128	0,643	0,651	0,652	-0,003
MCW0081	0,702	0,711	0,658	0,076	0,689	0,700	0,645	0,080	0,703	0,711	0,787	-0,109
ADL0112	0,310	0,313	0,340	-0,089	0,579	0,586	0,444	0,243	0,744	0,752	0,851	-0,134
MCW0034	0,602	0,609	0,487	0,203	0,783	0,792	0,767	0,031	0,717	0,725	0,652	0,102
MCW0111	0,576	0,582	0,553	0,050	0,418	0,423	0,178	0,582	0,526	0,532	0,766	-0,447
MCW0078	0,690	0,697	0,681	0,024	0,530	0,536	0,413	0,231	0,158	0,160	0,170	-0,064
LEI0094	0,732	0,739	0,660	0,109	0,701	0,709	0,689	0,028	0,658	0,665	0,553	0,169
MCW0248	-	-	-	-	0,134	0,136	0,143	-0,054	0,231	0,233	0,234	-0,003
LEI0234	0,752	0,760	0,568	0,255	0,825	0,834	0,689	0,176	0,609	0,616	0,556	0,099
MCW0330	0,578	0,584	0,544	0,070	0,755	0,764	0,548	0,286	0,567	0,573	0,660	-0,153
MCW0104	0,424	0,429	0,511	-0,193	0,749	0,759	0,769	-0,014	0,822	0,832	0,925	-0,113
MCW0020	0,725	0,733	0,800	-0,093	0,664	0,672	0,733	-0,093	0,589	0,596	0,532	0,108
MCW0165	0,340	0,344	0,089	0,743	0,275	0,278	0,111	0,603	0,525	0,531	0,170	0,682
MCW0123	0,359	0,363	0,222	0,390	0,634	0,641	0,533	0,169	0,212	0,214	0,234	-0,093
ADL0278	0,443	0,448	0,468	-0,047	0,730	0,739	0,675	0,088	0,286	0,290	0,304	-0,052
MCW0037	0,520	0,525	0,563	-0,071	0,608	0,615	0,524	0,150	0,711	0,718	0,391	0,458
MCW0080	0,388	0,392	0,267	0,323	0,719	0,727	0,636	0,126	0,557	0,564	0,478	0,153
MCW0216	0,489	0,494	0,340	0,313	0,427	0,431	0,370	0,144	0,579	0,585	0,660	-0,128
MCW0016	0,500	0,506	0,429	0,155	0,742	0,751	0,725	0,035	0,558	0,564	0,600	-0,065
GLOBAL	0,47 \pm 0,210	0,48 \pm 0,213	0,42 \pm 0,229	0,1008*	0,57 \pm 0,174	0,58 \pm 0,176	0,51 \pm 0,224	0,1180*	0,52 \pm 0,204	0,53 \pm 0,206	0,52 \pm 0,250	0,0238 n.s.

*: Los valores de F_{IS} son significativamente diferentes de 0, y estas poblaciones no están en equilibrio H-W.

4.3.1.6.3. Cálculo de distancias genéticas.

4.3.1.6.3.1. F_{ST} como medida de la distancia genética (Reynolds et al., 1983).

Se ha considerado conveniente usar en este trabajo esta medida de distancia por ser la más recomendada en casos en que existen periodos cortos de evolución o diferenciación entre poblaciones y si el tamaño efectivo de las poblaciones varía en el tiempo y entre razas (Reynolds, 1983), lo cual se considera que se adecua al proceso de evolución que han tenido las razas de gallinas baleares y a su comportamiento.

En la tabla 4.10. se exponen los valores de los F_{ST} pareados obtenidos entre las tres razas de gallinas baleares.

Tabla 4.10. Cálculo de los F_{ST} pareados entre las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA), a partir de las distancias genéticas de Reynolds (Reynolds, J., Weir, B.S., and Cockerham, C.C, (1983) con 10000 permutaciones y su significación ($\alpha=0,05$).

	ME	IB	MA
ME		*	*
IB	0,18138		*
MA	0,28628	0,18244	

*: Distancia significativamente diferente de 0.

Los tres valores han resultado ser significativamente diferentes de 0. A falta de poder comprobar aquí la existencia de significación estadística entre los tres, el mayor valor de F_{ST} ha sido el obtenido entre las razas Menorca y Mallorca, a diferencia de los valores existentes entre la Ibicenca y las otras dos razas, la Menorca y la Mallorca, que aparentemente han resultado ser bastante similares.

4.3.1.6.3.2. Distancia genética estándar de Nei (Nei, 1972).

En nuestro caso también se ha considerado oportuno realizar el cálculo de la distancia estándar de Nei (D_S) (Nei, 1972), por su validez y ser la más habitual aún hoy, pese a que es una de las más antiguas, y porque al resultar de interés construir en este trabajo el ár-

bol de distancias, ésta es considerada en la bibliografía (Takezaki and Nei, 1996) como una de las más adecuadas para este fin.

En la tabla 4.11. se exponen estas distancias entre las tres razas de gallinas baleares.

Tabla 4.11. Cálculo de la Distancia Estándar de Nei (D_S)

(Nei, 1972) a partir del *Averaged Kinship Over Microsatellites (coancestry-related genetic parameters without weighting them by the PIC)* (1000 bootstrapping) entre las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA) y su significación mediante IC.

	ME	IB	MA
ME		*	*
IB	0,31216 ^c		*
MA	0,35956 ^a	0,34853 ^b	

*: Distancia significativamente diferente de 0.

Las distancias con letras diferentes son significativamente diferentes entre sí.

Las D_S existentes entre las tres razas baleares han resultado ser significativamente diferentes de 0. Además en este caso, a diferencia de lo que sucedía con los F_{ST} , sí se ha podido demostrar que existen diferencias significativas también entre las tres distancias.

Así, la mayor distancia ha sido la existente entre las razas Menorca y Mallorca, de la misma forma que aparentemente ocurría para los F_{ST} . Sin embargo, en este caso las otras dos distancias se han diferenciado también entre sí, siendo la distancia comprendida entre las razas Mallorca y la Ibicenca la segunda y significativamente menor a la anterior, y la manifestada entre la Menorca y la Ibicenca, la menor de todas.

Como se ha mencionado anteriormente, a partir de estas distancias se ha construido el dendrograma que se expone a continuación, el cual muestra de una forma más gráfica, las relaciones entre estas tres razas.

4.3.1.6.4. Árbol de distancia genética.

En primer lugar, debemos mencionar que en un principio se construyó el árbol filogenético con los dos métodos más empleados, el método UPGMA y el de N-J (Araguren-Méndez et al., 2005), obteniéndose un árbol prácticamente idéntico.

Sin embargo, se ha decidido aquí exponer el obtenido por el método de N-J, por varias razones. En primer lugar porque parece resultar más útil en caso de grupos uniformes y compactos como en nuestro caso. Y también porque, tal como se mencionó en la introducción, resulta ser el más eficiente para la reconstrucción del árbol, si no se sabe a ciencia cierta si todos los supuestos estadísticos se cumplen rigurosamente (Takahashi and Nei, 2000) y si no se asumen al modelo diferentes tasas de evolución, lo cual también sucede en este trabajo.

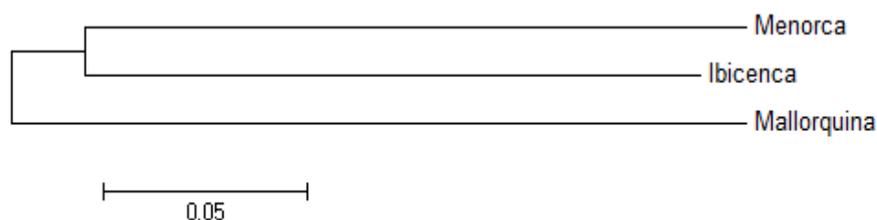


Figura 4.3. Dendrograma N-J a partir de la distancia genética estándar de Nei (Nei, 1972) para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).

A partir de la figura anterior se observa una relación filogenética algo mayor entre la raza Menorca y la Ibicenca, pero constatándose a su vez la apreciable distinción genética que existe entre estas dos razas. En este caso se distingue como la raza Mallorca ha resultado diferenciarse genéticamente algo más del subgrupo formado por esas dos razas baleares.

Los resultados aquí obtenidos son diferentes a los que se han derivado del cálculo de las distancias de Mahalanobis (tabla 2.15.), obtenidas a partir de las medidas zoométricas expuestas previamente en el capítulo 2. En ese caso, el árbol de N-J (figura 2.2.) permitía visualizar como la raza Menorca era la que quedaba claramente diferenciada de las otras dos razas baleares. Podríamos realizar el intento de justificar tales diferencias, buscando el origen de éstas en el tipo de caracteres analizados en cada caso, puesto que en el estudio morfológico la diferenciación entre la raza Menorca y las otras dos, se ha realizado mayoritariamente en base a aspectos relacionados con las orejillas y las barbillas y a características referentes a proporciones tales como la longitud del ala plegada, la medición ornitológica y la envergadura. Esta diferenciación basada en este tipo de caracteres morfológicos se comporta de forma diferente a los marcadores microsatélites que se rigen por otro tipo de premisas y en esa diferencia podría radicar el hecho de que en este análisis haya sido la Mallorca la que se haya separado del subgrupo formado en este caso por la Menorca y la Ibicenca.

A pesar de las diferencias obtenidas entre estos dos métodos, sea de un modo u otro, los dos árboles nos indican en ambos casos, una distinción muy notable entre estas tres poblaciones, por lo que queda patente que se está trabajando con **tres razas claramente diferenciadas**, a lo que aporta evidencia además los estudios productivos que se han venido realizando a lo largo del presente trabajo.

4.3.1.6.5. Análisis factorial de correspondencias (AFC).

Este tipo de análisis supone una forma adicional de evidenciar esa diferenciación genética existente entre estas tres razas baleares a la que hacíamos referencia en el apartado anterior.

Así **los resultados de este análisis**, que se exponen en la figura 4.4., **muestran de forma rotunda como las tres razas baleares se encuentran perfectamente diferenciadas.**

De la misma forma que para el apartado previo, pero teniendo en cuenta que no se ha aplicado el mismo tipo de análisis, aunque ambos poseen fundamentos matemáticos similares, podríamos comparar el resultado de este análisis factorial de correspondencias en base a los datos genéticos con el análisis de componentes principales (ACP) obtenido para las medidas zoométricas presentado anteriormente en el apartado de morfología (figura 2.1). Pese a las diferencias en la distribución de las tres razas en el espacio que a priori pueden observarse si comparamos las dos figuras, en ambas se aprecia una separación evidente entre las tres razas Baleares.



Foto 4.6. Gallos y gallinas jóvenes de la raza Menorca.

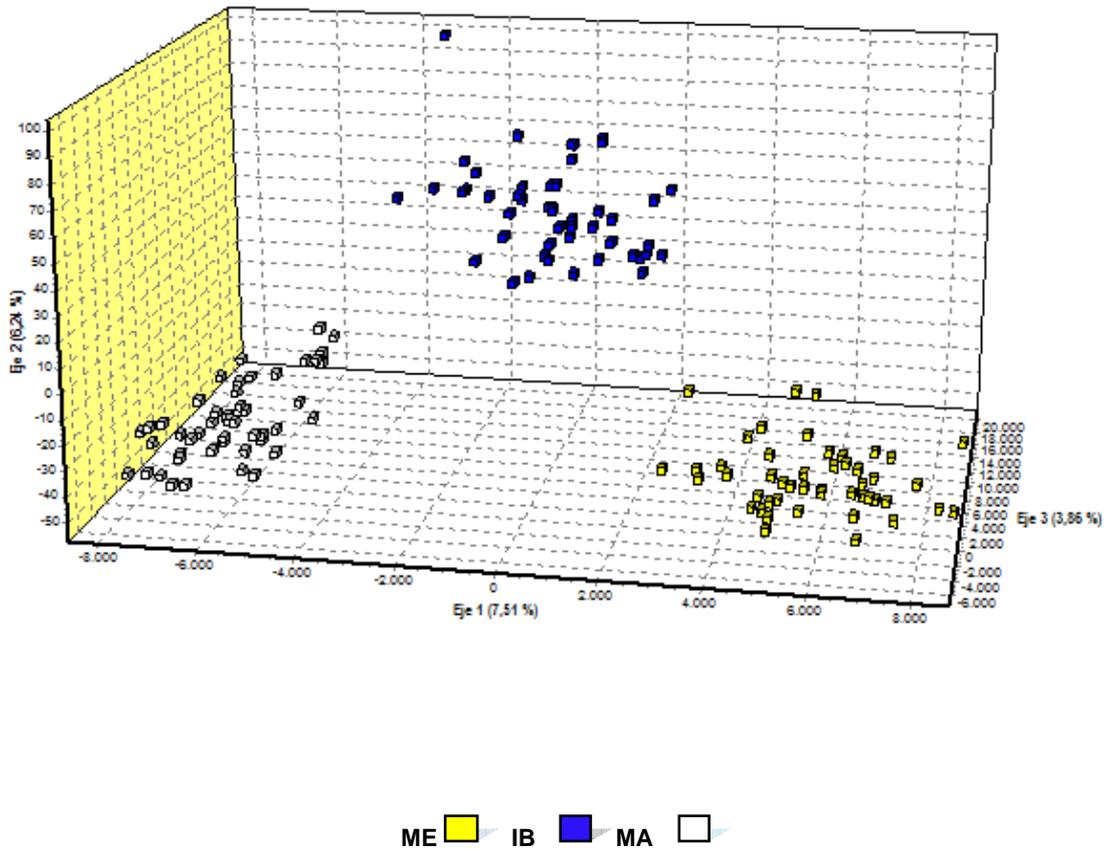


Figura 4.4. Análisis Factorial de Correspondencias (AFC) para las tres razas de gallinas baleares: Menorca (ME), Ibicenca (IB) y Mallorca (MA).

4.3.1.6.6. Estructura de la población.

La aplicación del método de Evanno et al. (2005) a los resultados obtenidos por el programa Structure a partir de los datos de los marcadores microsatélites de las gallinas baleares ha estimado en **tres el número más probable** de poblaciones.

En la figura 4.5 se observan de una forma gráfica y general los cuatro pasos (A-D) seguidos para la obtención del número más probable de poblaciones, mostrándose a grandes rasgos los fundamentos matemáticos de este método.

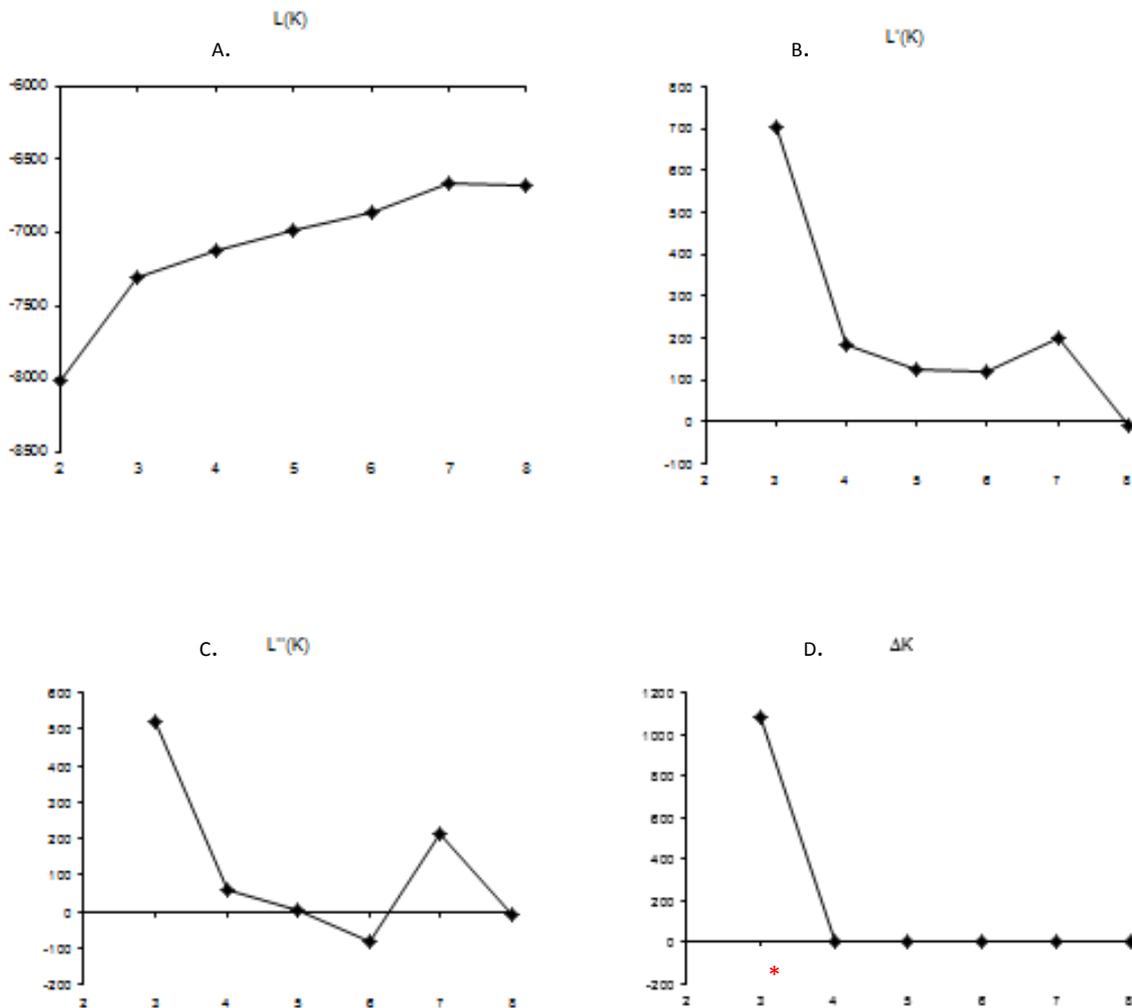


Figura 4.5. Descripción de los cuatro pasos básicos (A-D) del método para la estimación de la K más probable descrito por Evanno et al. (2005). (A) media $L(K)$ (\pm SD) de las 20 réplicas de cada K. (B) $L'(K)$, tasa de cambio de la distribución de la probabilidad (media \pm SD) calculada como $L'(K)=L(K)-L(K-1)$. (C) $L''(K)$, segundo orden de la tasa de cambio de la distribución de la probabilidad en valor absoluto calculado mediante la fórmula $|L''(K)| = |L'(K+1) - L'(K)|$. (D) ΔK , cuya fórmula es $\Delta K = m |L''(K)| / s[L(K)]$, siendo m, la media. Este último parámetro es el usado en este método para estipular la K más probable, siendo el válido el de mayor valor, y que para nuestro caso radica en tres (*) poblaciones.

En primer lugar, en la primera figura (A) se observa la representación gráfica de $L(K)$ que es la media (\pm SD) del total de las 20 réplicas realizadas para cada K. Posteriormente en la figura B, $L'(K)$ representa la tasa de cambio de la distribución de la probabilidad (media \pm SD) calculada como $L'(K)=L(K)-L(K-1)$. La figura C supone $L''(K)$, que es el segundo orden de la tasa de cambio de la distribución de la probabilidad en valores absolutos calculados mediante la fórmula: $|L''(K)| = |L'(K+1) - L'(K)|$.

Estos tres pasos resultan los previos pertinentes que permiten poder calcular ΔK , cuya representación se muestra en la figura D. Éste es el parámetro que finalmente se usa para determinar la K más probable, cuya fórmula es $\Delta K = m |L''(K)| / s[L(K)]$, siendo m , la media que viene representada en la primera figura. Según este método el valor de K que tenga un valor más elevado de entre todas las posibles testadas en este ΔK es el que se estipula como el más probable. Tal y como se muestra en la figura D, en nuestro caso puede verse que éste ha correspondido a tres (*).

En la figura 4.6 se expone la estimación de la estructura poblacional resultante del análisis de los datos con el programa Structure (Pritchard et al., 2001). Tal como hemos venido comentando, mediante este programa los individuos se van situando en K grupos o poblaciones, eligiéndose las posibles K previamente. En nuestro caso se testó la estructura poblacional para $2 \leq K \leq 8$, realizándose 20 simulaciones por cada K . Teniendo en cuenta que los resultados pueden variar si se realizan diferentes simulaciones del programa para una misma K (Rosenberg et al., 2002; Evanno et al., 2005; Jakobsson and Rosenberg, 2007), es de gran relevancia el hallar la manera de establecer el mejor resultado de cada K entre todas las simulaciones realizadas.

En nuestro caso ello se ha llevado a cabo mediante el programa CLUMPP (Jakobsson and Rosenberg, 2007) y lo que se muestra en la figura 4.6, es la estructura más adecuada para cada K resultante de las 20 simulaciones realizadas, las cuales se han podido visualizar gráficamente a partir del programa DISTRUCT (Rosenberg, 2007).

Los números entre paréntesis que aparecen junto a cada K testada indican el porcentaje de las soluciones que han sido consideradas idénticas en las 20 réplicas a un intervalo del 95% de confianza. La K que muestra un porcentaje más elevado es la que también resulta la más probable, por lo que podría aceptarse éste como un método alternativo al de Evanno et al. para detectar el número más probable de poblaciones. Como puede apreciarse, **la estimación de la estructura poblacional realizada por este método complementario ha sido también de tres poblaciones**, ya que para $K=3$, el 100% de las réplicas han sido idénticas, coincidiendo con los resultados que hemos obtenido con el método de Evanno et al. (2005).

En la figura 4.6, también puede observarse para cada K el valor de H' , que supone el valor corregido de la similitud pareada promedio de cada K, que se deriva de los algoritmos utilizados en el software CLUMPP (Jakobsson et Rosenberg, 2007). Este parámetro proporciona una aproximación de lo que vendría a ser la significación que podría tener cada K. Así, valores de H' inferiores al 0,95 supondrían el ignorar esta K en nuestra estructura, ya que no resultaría significativa en términos estadísticos.

En nuestro caso, esto sucedería con $K=2$, $K=4$, $K=5$ y $K=7$, coincidiendo con el hecho, por otra parte lógico, de que han sido las tres que han mostrado los menores porcentajes de similitud (valores entre paréntesis).

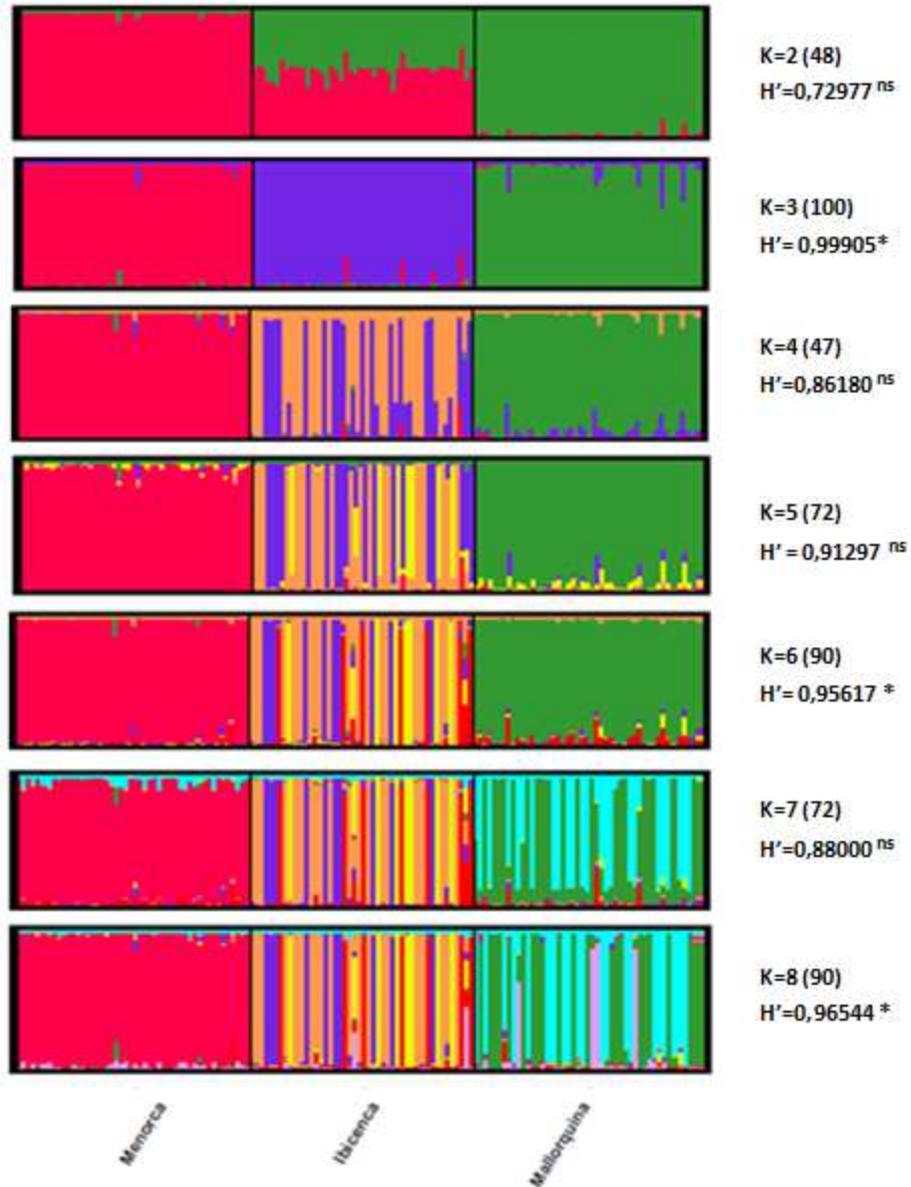
Valores de H' mayores al 95% han podido observarse para $K=3$, $K=6$ y $K=8$, por lo que parece que resultan ser las significativas de entre todas las testadas, y por tanto, las que tendría sentido considerar en nuestra estima.

De estas tres, la **que ha obtenido el valor de H' más elevado, ha sido la $K=3$** , que precisamente también había resultado como la más probable en los dos métodos anteriormente mencionados.

De todo ello puede entreverse que la consideración de este parámetro H' podría suponer también una medida de apoyo a la identificación de la K más probable derivada del uso del software CLUMPP.

Considerando que podría carecer de relevancia representar las estructuras de las K que no han resultado de alguna forma significativas, a pesar de ello, se ha creído adecuado hacerlo para facilitar mejor la interpretación y visualización de los resultados obtenidos.

Como conclusión, de todos los resultados expuestos anteriormente obtenidos a partir del programa Structure y los derivados de éste, CLUMPP y DISTRICT, y tras la evidencia que a ello aporta la coincidencia en la estimación del mismo número de K más probable mediante los diversos métodos, podemos decir que este tipo de análisis, ha vuelto a demostrar, como ya lo han hecho los anteriores, que podemos asumir que **en las Islas Baleares existen tres poblaciones de gallinas perfectamente diferenciadas, las cuales coinciden exactamente con las que se habían predefinido, y que se corresponden con las tres razas Menorca, Ibicenca y Mallorca.**



*:significativa

ns: no significativa

Figura 4.6. Estimación de la estructura poblacional de las gallinas Baleares. Cada individuo es representado por una línea vertical, la cual se divide en K segmentos coloreados que suponen la estimación de la fracción de la afiliación de cada individuo en K clústers. Los números entre paréntesis indican el porcentaje de las soluciones consideradas idénticas en las 20 réplicas a un intervalo de confianza del 95%. La K más probable ha sido la 3, ya que ha mostrado el 100 % de las réplicas idénticas. La H' muestra la similitud pareada promedio corregida de cada K (Jakobsson and Rosenberg, 2007). Así, se han considerado significativas y estadísticamente posibles las K cuyo valor de H' ha superado el 0,95, siendo éstas K=3, K=6 y K=8. De entre estas tres, K=3, que ha resultado la más probable, ha sido la que también ha mostrado el valor más elevado para este parámetro.

4.4. CONCLUSIONES.

Del estudio genético a partir de los marcadores microsatélites se extraen las siguientes conclusiones:

1. La raza Ibicenca ha sido la que ha presentado el mayor valor de N_a , seguida de la Mallorquina y por último, de la Menorca.
2. Respecto a la riqueza alélica ($A[g]$), la Ibicenca ha resultado tener el valor más elevado, secundada por la Mallorquina, y por último, por la Menorca.
3. De las tres razas baleares, la Ibicenca y Mallorquina han mostrado un elevado polimorfismo en todos los locus, siendo éste del 100%, mientras que en la Menorca ha sido menor, del 96,43%.
4. La Ibicenca es la que ha presentado el mayor porcentaje de alelos únicos (N_{au}), seguida de la Menorca y por último, de la Mallorquina.
5. De entre las tres razas Baleares, ha resultado ser la Mallorquina la única que está cercana al equilibrio H-W y en la que no parece existir endogamia. La situación de la Menorca y la Ibicenca es algo diferente, pudiéndose apreciar un efecto de población cerrada con cierto nivel de endogamia y sin control dirigido de apareamientos.
6. La mayor distancia genética ha sido la existente entre las razas Menorca y Mallorquina, la siguiente ha sido la manifestada entre la Mallorquina y la Ibicenca, y la menor, la hallada entre esta última y la Menorca.
7. La estructura poblacional más probable de las gallinas Baleares ha resultado ser de tres poblaciones, las cuales se corresponden con las tres razas predefinidas inicialmente Menorca, Ibicenca y Mallorquina, corroborando así su existencia como razas diferenciadas.

5. CONCLUSIÓN GENERAL.

Una vez expuestos y comentados los resultados obtenidos, habiendo reflejado unas conclusiones específicas referentes a cada una de las tres caracterizaciones realizadas (morfológica a nivel zoométrico, productiva y genética) en los apartados correspondientes, y habiendo comparado las tres razas de gallinas baleares: Menorca, Ibicenca y Mallorquina desde estos tres ángulos, se considera que:

-Resulta conveniente afirmar que estas tres razas se diferencian entre sí de una forma clara y evidente, por lo que es adecuado y pertinente el considerarlas como tres razas totalmente independientes.



Foto .5.1. Gallos y gallinas de la raza Ibicenca variedad *Negra Barrada* en las instalaciones de Ca na Rafala (Ibiza).

6. BIBLIOGRAFÍA.

- ACERO, P., (1995). Fisiología del crecimiento. En: Zootecnia, Bases de Producción Animal. Tomo I. Capítulo XIX, pp: 287-301.
- AGENJO, C., (1964). Enciclopedia de Avicultura. Espasa-Calpe S.A.
- AGGREY, S.E., G.A. ANKRA-BADU, and H.L MARKS, (2003). *Effect of long-term divergent selection on growth in Japanese Quail*. Poultry Sci. 82: 538-542.
- ALDERSON, L., (1974). *Genetic conservation and breed improvement*. The Ark. 1: 98.
- AMSTRONG, J., (1752). *The History of the Island of Minorca*. London, printed for C. Davis. Traducción Historia de la isla de Menorca, Ediciones Nura, Menorca, 1978.
- ANDREU, J., (2004). Características reproductivas de cinco estirpes de gallinas de razas catalanas. Trabajo final de carrera. Escuela técnica superior de ingeniería agraria de Lérida.
- ANDREU, J., (2007). *Anàlisi genètic comparatiu entre poblacions de perdiu roja (Alectoris rufa) i una població de perdiu chukar (Alectoris chukar) mitjançant marcadors de DNA microsatèl·lit*. Proyecto final de carrera. Universitat de Lleida. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Agrària.
- ANGUERA, B., (2006). *Races autòctones de les Illes Balears*. Govern de les Illes Balears. Conselleria d'Agricultura i Pesca.
- ANGUERA, R., (1996). *Heretabilitat i tendència genètica de la incubabilitat i el pes viu en estirps de gallines autoctones*. T.P.T. E.T.S. d'Enginyeria Agraria de Lleida.
- ANGUERA, R., (1999). *Estudi comparat de rendiments productius i característiques de qualitat entre pollastres millorats i tradicionals de races autòctones catalanes*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- ANTHONY, N.B., D.A. EMMERSON, K.E. NESTOR, and W.L. BACON, (1991). *Comparison of growth curves of weight of selected populations of turkeys, quail and chickens*. Poultry Sci. 70, 13-19.
- APARICIO, S.G., (1956). Exterior de los grandes animales domésticos. Morfología externa e Identificación individual. Imprenta Moderna. Córdoba.

- ÁLVAREZ, L., A. FRANCESCH, H. EDING y S. WEIGEND, (2008). Caracterización de una población de raza Prat con marcadores microsatélites de DNA. II Congreso de Etnología Avícola. Proceedings del Congreso pp: 73 - 78.
- ARANGUREN-MÉNDEZ, J.A. y J. JORDANA, (2001). Utilización de marcadores de ADN (microsatélites) en poblaciones de animales domésticos en peligro de extinción.
- ARANGUREN-MÉNDEZ, J.A., M. GÓMEZ y J. JORDANA. (2002). Potencial de los Microsatélites para la asignación de individuos dentro de raza en poblaciones a ser conservadas. V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales y III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. (SERGA & SPREGA). *El Arca*. 5: 37.
- ARANGUREN-MÉNDEZ, J.A., R. BRAVO, W. ISEA, Y. VILLASMIL y J. JORDANA, (2005). Los microsatélites (STR's), marcadores moleculares de ADN por excelencia para programas de conservación: una revisión. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 13(1): 30-42.
- ASHWELL, M.S., C.E. REXROAD, R.H. MILLER and P.M. VANRADEN, (1996). *Mapping economic trait loci for somatic cell score in Holstein cattle using microsatellite markers and selective genotyping*. *Animal Genetics* 27: 235-242.
- AUSTIC, R.E. and M.C. NESHEIM, (1990). *Poultry Production*. Lea & Febiger Publication, 13th Edition pp.122-126.
- AZÓN, R. y A. FRANCESCH, (1997). Recuperación y definición de poblaciones de gallinas del Pirineo alto aragonés. Comunicaciones de las II Jornadas de Etnología Avícola (II). *Arte Avícola*, 19: 12-14.
- BADUBI, S., S.M. RAKERENG and M. MARUMO, (2006). *Morphological characteristics and feed resources available for indigenous chickens in Botswana*. *Livestock Research for Rural Development* 18 (1).
- BAILES, S.M., J.J. DEVERS, J.D.KIRBY, and D.D. RHOADS, (2007). "An inexpensive, simple protocol for DNA isolation from blood for high-throughput genotyping by polymerase chain reaction or restriction endonuclease digestion". *Poult Sci.*;86(1):102-6.

- BALLOUX, F. and N. LUGON-MOULIN, (2002). *The estimation of population differentiation with microsatellite markers*. *Molecular Ecology*, 11, 155-165.
- BANKS, M.A. and W. Eichert, (2000). *Whichrun (version 3.2): a computer program for population assignment of individuals based on multilocus genotype data*. *Journal of Heredity*, 91, 87–89.
- BARATTI, M., M. AMMANNATI, C. MAGNELLI and F. Dessi-Fulgheri, (2004). *Introgression of chukar genes into a reintroduced red-legged partridge (*Alectoris rufa*) population in central Italy*. *Animal Genetics*, 36, 29-35.
- BARBATO, G. F., (1991). *Genetic architecture of growth curve parameters in chickens*. *Theor. Appl. Genet.* 83:24–32.
- BARON, E.E., M.L. MARTÍNEZ, R.S. VERNEQUE and L.L. COUTINHO, (2002). *Parentage testing and effect of misidentification on the estimation of breeding value in Gir cattle*. *Genetics and Molecular Biology* b25: 389-394.
- BAUDOUIIN, L., S. PIRY and J.M. CORNUET (2004). *Analytical bayesian approach for assigning individuals to populations*. *J Hered* 95: 217-224.
- BECERRA, V. y M. PAREDES, (2000). *Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética*. *Agricultura técnica* 60(3): 270-281.
- BECKMANN, J.S. and M. SALLER, (1990). *Toward a Unified Approach to Genetic Mapping of Eucaryotes Based on Sequence Tagged Microsatellite Sites*. *Biotechnology* 8: 930-932.
- BECKMANN, J.S. and J.L. WEBER, (1992). *Survey of human and rat microsatellites*. *Genomics* 12: 627-631.
- BELKHIR, K.P., L. BORSA, N. CHIKHI and F. BONHOMME, (2003). *GENETIX, logiciel sous Windows™ pour la génétique des populations*. Laboratoire Génome, Populations, Interactions, CNRS UMR 5000, Université de Montpellier II, Montpellier (France).
- BERNAL, A. en MARTÍNEZ, MARTÍN, MARTÍNEZ, SANZ DE LA TAJADA y VACCHIANO (2000): *La investigación en marketing*. Barcelona, Editorial: AEDEMO.

- BERTALANFFY, L. VON, (1957). *Quantitative laws in metabolism and growth*. Quaterly Review of Biology 32: 217-231.
- BERTHOULY, C., B. BED HOM, M. TIXIER-BOICHARD, C.F. CHEN, Y.P. LEE, D. LALOË, H. LEGROS, E. VERRIER, and X. ROGNON, (2008). *Using molecular markers and multivariate methods to study the genetic diversity of local European and Asian chicken breeds*. Anim.Genet. 39:121–129.
- BIRNIE, R.V, D.A. ELSTON, and J.A. MILNE, (1990). *The role of mathematical modelling in land use research*. The Macaulay Land Research institute. Annual Repor, 3.10.
- BJORKLUND, M., (2005). *A method for adjusting allele frequencies in the case of microsatellite allele drop-out*. Molecular Ecology Notes 5: 676-679.
- BLACKBURN, H.D., (2006). *The National Animal Germplasm Program: Challenges and opportunities for poultry genetic resources*.Poult. Sci. 85:210–215.
- BODZSAR N., H. EDING, T. REVAY, A. HIDAS and S. WEIGEND, (2009). *Genetic diversity of Hungarian indigigenous chicken breeds based on microsatellite markers*. Animal Genetics, 40, 516-523.
- BONINO, M.F. y Z.E. CANET, (1999). *Producción de pollos y huevos camperos*. Boletín Técnico editado por la Dirección de Comunicaciones INTA. 39 pp.
- BOTSTEIN, D., R.L. WHITE, M. SKOLNICK and R.W. DAVIS, (1980). *Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms*. American Journal of Human Genetics. 32: 314-331.
- BOWCOCK, A.M., A. RUIZ-LINARES, J. TOMFOHRDE, E. MINCH, J.R. KIDD and L. L. CAVALLI-SFORZA, (1994). *High resolution of human evolutionary trees with polymorphic microsatellites*. Nature 368: 455 - 457.
- BRECHEMEN, M. (1906). *La Gallina Menorquina*. Revista de Menorca.
- BREDBACKA, P. and M.T. KOSKINEN, (1999). *Microsatellite panels suggested for parentage testing in cattle: Informativeness revealed in finnish Ayrshire and Holstein-Friesian populations*. Agricultural and Food Science in Finland 8: 233-237.

- BRISBIN, I.L., G.C WHITE, P.B BUSH, and L.A. MAYACK, (1986). *Sigmoid growth analyses of wood ducks: the effects of sex, dietary protein and cadmium on parameters of the Richards model*. Growth, 50, 41-50.
- BRISBIN, I.L. JR., C.T. COLLINS, G.C. WHITE and D.A. MCCALLUM, (1987). *A New Paradigm for the Analysis and Interpretation of Growth Data: The Shape of Things to Come*. The Auk Vol. 104, No. 3 (Jul., 1987), pp. 552-554.
- BRODY, S., (1945). *Bioenergetics and Growth*. Reinhold Publishing Corp., New York, NY.
- BROOKE, C.H. and M.L. RYDER, (1978). *Declining breeds of the Mediterranean sheeps*. FAO Anim. Prod. And Health Paper Nro 8.
- BROWN, E. (1906). *Las razas españolas: las Minorca*. La avicultura práctica.
- BUCHANAN, F.C., L.J. ADAMS, R.P. LITTLEJOHN, J.F. MADDOX and A.M. CRAWFORD, (1994). *Determination of evolutionary relationships among sheep breeds using microsatellites*. Genome. 22: 397-403.
- BUENAVENTURA, A. (2003). *Las razas autóctonas de Menorca*. Editorial Menorca S.A. Maó (Menorca).
- CAJAL, J.R., (2009). *Caracterización productiva de la gallina del Sobrarbe*. Proyecto final de carrera. EPS Huesca. Universidad de Zaragoza.
- CAMPO, J.L., M.G. GIL, y S.G. DÁVILA, (2002). *El programa de conservación de razas españolas de gallinas*. V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales. III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales pp: 183-191.
- CAÑÓN, J., P. ALEXANDRINO, I. BESSA, C. CARLEOS, Y. CARRETERO, S. DUNNER, N. FERRAN, D. GARCÍA, J. JORDANA, D. LALOE, A. PEREIRA, A. SÁNCHEZ and K. MOAZAMI-GOUDARZI, (2001). *Genetic diversity measures of local European beef cattle breeds for conservation purposes*. Genetics Selection Evolution 33: 311-332.
- CARDELLINO, R., (2002). *La estrategia mundial de la FAO para los recursos zoogenéticos*. V Congreso de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales. III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. pp.: 13-20.

- CARRIZO MARTÍN, J., (2005). Alimentación de la pollita y la ponedora comercial: programas prácticos. Jornadas profesionales de avicultura de puesta. Real Escuela de Avicultura. www.avicultura.com. 13p.
- CARTE, I.F., and P.B. SIEGEL, (1970). *Scaling effects and the inheritance of juvenile body weight in chickens*. Can. J. Genet. Cytol. 12:724–727.
- CARVAJAL, A., (2005). Hábitos de consumo de huevos, calidad nutricional y relación con la salud. Departamento de Nutrición. Facultad de Farmacia, Universidad Complutense de Madrid. <http://institutohuevo.com/scripts/doc/47/465.pdf>.
- CASTELLÓ, J., (1953). El Pitiuso. Almanaque para Ibiza y Formentera. C/ Salom, 10 1º, Palma.
- CASTELLÓ, J.A, F.LL. ROCA, J.L. CAMPO y F.OROZCO, (1989). Biología de la Gallina. Tecnograf. Barcelona.
- CASTELLÓ, J.A., (1994). Circular TECNA. Otras Aves-Manejo.
- CASTELLÓ, J.A., (2001). La Directiva 1999/74 CE sobre la protección de las ponedoras: resumen y comentarios. Jornadas profesionales: Avicultura de carne y puesta complementarias. 3.1-3.7.
- CASTELLÓ, S., (1922). Las minorcas. Publicación del Ateneo Científico, Literario y Artístico de Mahón.
- CATCHOT, S., (2001). La Gallina Menorquina. Institut Menorquí d'Estudis. Maó (Menorca).
- CAVALLI-SFORZA, L.L. and W.F. EDWARDS, (1967). *Phylogenetic analysis: models and estimation procedures*. American Journal Human Genetics, 19, 233-257.
- CAVALLI-SFORZA, L.L. y W.F. BODMER, (1981). Genética de las poblaciones Humanas. Ed. Omega, Barcelona.
- CAVALLI-SFORZA, L.L., (2000). Genes, Pueblos y Lenguas. Editorial Crítica. Barcelona.
- CILLIERS, S.C., J.J. DU PREEZ, J.S. MARITZ, and J.P. HAYES, (1995). *Growth curves of ostriches (Struthio camelus) from Oudthoorn in South Africa*. Anim. Sci. 61, 161-164.

- CIRIA, J., B. ASENJO, J.A. MIGUEL, y A.B. CASADO, (2000). Caracterización de la carne de la raza Castellana Negra. XXXVII Symposium de la Sección Española de la WPSA, Barcelona. pp. 143-147.
- CIRIA, J., B. ASENJO, J.A. MIGUEL, E. ACEBEDO, y C. ANDRÉS, (2001). Caracterización instrumental de la carne de pollo procedente del cruce de gallos de la raza Penedesenca Negra y gallinas de la raza Castellana Negra. IX Jornadas sobre producción animal. Volumen Extra, Número 22- Tomo II (2001) pp. 673-675.
- CLARK, A.G., (1990). *Inference of haplotypes from PCR-amplified samples of diploid populations*. Mol. Biol. Evol. 7: 111-122.
- CLUA, M., (1998). Contribución al estudio de la incubabilidad y del crecimiento de estirpes de razas de gallinas autóctonas catalanas. Trabajo de fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- CORANDER, J., P. WALDMANN and M. J. SILLANPAA, (2003). *Bayesian analysis of genetic differentiation between populations*. Genetics, 163, 367–374.
- CORNUET, J.M., S. PIRY, G. LUIKART, A. ESTOUP and M. SOLIGNAC, (1999). *New methods employing multilocus genotypes to select or exclude populations as origins of individuals*. Genetics 153: 1989-2000.
- COROMINAS, E., (1988). *Races autòctones avícoles*. Revista de l'Institut Agrícola Català de Sant Isidre. Hivern 88 p.p 23-26.
- CROW, J.F. and M. KIMURA, (1970). *An Introduction to population genetics theory*. Harper and Row Publishers Inc New York.
- CUBILÓ, M.D., M. TOR, y A. FRANCESCH, (1999a). Rendimientos al sacrificio y calidad de la canal en gallos de la raza Penedesenca Negra. XXXVI Symposium de la Sección Española de la WPSA, Valladolid. pp. 175-181.
- CUBILÓ, M.D., M. TOR, H. HERNÁNDEZ y A. FRANCESCH, (1999b). Estudio comparativo del crecimiento en gallos y capones de la raza Penedesenca Negra. VII Jornadas sobre producción animal. Volumen Extra, Número 20- Tomo I (1999) pp. 717-719.

- CUBILÓ, M.D., D. VILLALBA, A. PONS y A. FRANCESCH, (2006). Informe Final: *Formació i Caracterització d'una població base de Gallina Menorca*. Nº 105 426. Programa Leader Illa de Menorca. http://www.asogame.es/documents/inf_final_est_pobl.pdf.
- CHAKRABORTY, R. and H. DANKER-HOPFE, (1991). *Analysis of population structure: a comparative study of different estimators of Wright's fixation indices*. En: Rao, C.R.
- CHANG, C., (2011). *A global approach of chicken genetic diversity in Taiwan combining phenotypes and molecular markers*. Thesis to obtain the degree of Docteur d'AgroParisTech.field: Animal Genetics.
- CHAPUIS, M.P. and A. ESTOUP, (2007). *Microsatellite null alleles and estimation of population differentiation*. *Molecular Biology and Evolution* 24:621-631.
- CHENG, H.H. and L.B. CRITTENDEN, (1994). *Microsatellite markers for genetic mapping in the chicken*. *Poultry Science*. 73: 539-546.
- CHENG, H.H., I. LEVIN, R.L. VALLEJO, H. KHATIB, J.B. DODGSON, L.B. CRITTENDEN, and J. HILLEL, (1995). *Development of a genetic map of the chicken with markers of high utility*. *Poultry Sci*. 74:1855–1874.
- CHENG, H.H., (1997). *Mapping the Chicken Genome*. *Poultry Science* 76, 1101-1107.
- CHIKHI, L., B. GOOSSENS, A. TREANOR and M.W. BRUFORD, (2004). *Population genetic structure of and inbreeding in an insular cattle breed, the jersey, and its implications for genetic resource management*. *Heredity* 92: 396-401.
- DARÍO, R., (2008). *Caracterización Genética y morfológica del Bovino criollo Argentino de Origen Patagónico*. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de valencia. Departamento de Ciencia Animal.
- DARMANI KUHI, H., T. PORTER, S. LÓPEZ, E. KEBREAB, A.B. STRATHE, A. DUMAS, J. DIJKSTRA and J.FRANCE, (2010). *A review of mathematical functions for the analysis of growth in poultry*. *World's Poultry Science Journal*, Vol. 66, june.

- DÁVILA, S.G., M.G. GIL, P. RESINO-TALAVÁN and J.L. CAMPO, 2009. *Evaluation of diversity between different Spanish chicken breeds, a tester line, and a White Leghorn population based on microsatellite markers*. Poultry Sci. 88:2518-2525.
- DAWSON, R.J.G., H.L. GIBBS, K.A. HOBSON and S.M. YEZERINAC, (1997). *Isolation of microsatellite DNA markers from a passerine bird, Dendroica petechia the yellow warbler, and their use in population studies*. Heredity. 79: 506-514.
- DAWSON, K.J. and BELKHIR K., (2001). *A Bayesian approach to the identification of panmictic populations and the assignment of individuals*. Genetical Research, 78, 59–77.
- DELGADO, C., M. VALERA, A. MOLINA, J.M. JIMÉNEZ y A. RODERO, (2000). *Circunferencia escrotal como predictor de la capacidad reproductiva en razas de vacuno de carne autóctono: curvas de crecimiento en el vacuno retinto*. Arch. Zootec. 49: 229-240.
- DENIS, B., (1982). *A propos de la notion de race: points de veu d'un zootechnicien*. Ethnozootecnie. 29: 61-69.
- DI MASSO, R.J., A.M. DOTTA VIO, Z.E. CANET and M.T. FONT, (1998). *Body weight and egg weight dynamics in layers*. Poult. Sci. 77:791-796.
- DI RIENZO, A., A.C. PETERSON, J.C. GARZA, A.M. VALDÉS, M. SLATKIN and N.B. FREIMER, (1994). *Mutational processes of simple-sequence repeat loci in human populations*. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA. 91: 3166-3170.
- DODGSON, J.B., H.H. CHENG and R. OKIMOTO, (1997). *DNA marker technology: a revolution in animal genetics*. Poultry Science.76: 1108-1114.
- DORJI, T., O. HANOTTE, M. ARBENZ, J.E.O. REGE and W. RODER, (2003). *Genetic diversity of indigenous cattle populations in Bhutan: Implications for conservation*. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences 16: 946-951.
- DU PREEZ, J.J., M.J.F. JARVIS, D. CAPATOS, and J. DE KOCK, (1992). *A note on the growth curves for the ostrich (Struthio camelus)*. Anim. Prod. 54, 150-152.
- DU PREEZ, J.J. and J. SALES, (1997). *Growth rate of different sexes of the european quail (Coturnix coturnix)*. Br. Poult. Sci., 38, 314-315.

- EDING, H. and G. LAVAL., (1999). *Measuring genetic uniqueness in livestock*. In: Oldenbroek, K. (Ed.). *Genebanks and the management of farm animal genetic resources*. IDO-DL press. The Netherlands, pp. 33-58.
- EL MOUSADIK, A. and R.J. PETIT, (1996). *High level of genetic differentiation for allelic richness among populations of the argan tree [Argania spinosa (L.) Skeels] endemic to Morocco*. *Theoretical and Applied Genetics*. 92: 832-839.
- ELTANANY, M., U. PHILIPP, S. WEIGEND and O.DISTL, (2011). *Genetic diversity of ten Egyptian chicken strains using 29 microsatellite markers*. Short communication. *Animal Genetics*, 42, 666-669.
- EROSHEVA, E.A., (2002). *Grade of membership and latent structure models with application to disability survey data*. Ph. D Thesis, Department of Statistics, Carnegie Mellon University, Pittsburg.
- ERSOY, E., M. MENDES. and S. AKTAN, (2006). *Growth curve establishment for American bronze turkeys (short communication)*. *Arch. Tierz., Dummerstorf* 49 3, 293-296.
- ESCODA, L., (2004). *Estudi comparat de característiques productives i de qualitat de la canal i de la carn en pollastres obtinguts de races autòctones catalanes*. Tesis doctoral. Universitat de Barcelona.
- ESTOUP, A. and J.M. CORNUET, (1999). *Microsatellite evolution: inferences from population data*. En: Goldstein, D. and Schlotterer, C. (Eds.). *Microsatellites Evolution and Applications*. Oxford University Press, New York. Cap. 5, pp.49-65.
- ESTOUP, A., P. JARNE, P. J.M. CORNUET, (2002). *Homoplasy and mutation model at microsatellite loci and their consequences for population genetics analysis*. *Molecular Ecology*, 11: 1591-1604.
- EVANNO, G., S. REGNAUT and J. GOUDET, (2005). *Detecting the number of clusters of individuals using the software STRUCTURE: a simulation study*. *Molecular Ecology* 14, 2611–2620.

- EXCOFFIER, L., G. LAVAL, and S. SCHNEIDER, (2005). Arlequin ver. 3.0: An integrated software package for population genetics data analysis. *Evolutionary Bioinformatics Online* 1:47-50.
- FALUSH, D., M. STEPHENS and J.K. PRITCHARD, (2003). *Inference of population structure using multilocus genotype data: Linked loci and correlated allele frequencies*. *Genetics* 164: 1567-1587.
- FAO, [http:// www.fao.org](http://www.fao.org).
- FAO, (2004). *Secondary guidelines for development of National Farm Animal Genetic Resources management plans Measurement of Domestic Animal Diversity (MoDAD): Recommended Microsatellite markers* (ed. By D.G. Bradley, R. Fries, N. Bumstead, F.W. Nicholas, E.G. Cothran, L. Ollivier and A.M. Crawford). Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome.
- FAO, (2007). *The State of the World's Animal Genetic Resources for Food and Agriculture*. B. Rischkowsky, D. Pilling (eds), Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture, Rome.
- FEIJÓO, J.B., D. ROIS, C.J. RIVERO, M. FERNÁNDEZ, y G. RIVERO, (2000). Estudio sobre los aspectos productivos en puesta en una población de la raza Galiña de Mos. IV Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos animales.
- FERNANDEZ-MARTIN, J., (2007). Ponencia Futurovo. MARM.
- FESTING, M. F., and A.W. NORDSKOG, (1967). *Response to selection for body weight and egg weight in chickens*. *Genetics* 55:219–231.
- FISHER, P.J., D. TURIC, N.M. WILLIAMS and M.J. OWEN, (2000). *DNA pooling: strategies for microsatellite-based association studies*. 67-79. In: Hajeer, A., Worthington, J., John, S. SNP and microsatellite genotyping: markers for genetic analysis. USA: Eaton Publishing, 152 pág.
- FITCH, W.M. and E. MARGOLIASH, (1967). *Construction of phylogenetic trees*. *Science* 155:279-284.

- FLORES, A., (1994). Programas de alimentación en avicultura: Ponedoras comerciales. X Curso de Especialización FEDNA. (www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/94Cap.36p.)
- FOULLEY, J.L. and W.G. HILL, (1999). *On the precision of estimation of genetic distance*. Genet. Sel. Evol. 31 pp: 457-464.
- FONT, M.T., R.J. DI MASSO, A.M. DOTTA VIO y Z.E. CANET, (1998). Caracteres de crecimiento y producción Genotipos negra y rubia INTA. Trabajo llevado a cabo por la Cátedra de Genética y Biometría de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Rosario en el marco del Proyecto: Caracteres de crecimiento y producción en dos híbridos de tres vías de gallinas ponedoras. CONICET PIA N°6951.
- FORTUNY, R., (2000). *Estudi comparatiu de l'efecte del sistema de cria i de la castració en pollastres d'Empordanesa Roja i Prat LLeonada*. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- FRANCE, J., and J.H.M. THORNLEY, (1984). *Mathematical Models in Agriculture*. Butterworths, London.
- FRANCESCH, A. y A. JORDÀ, (1988). La raza de Gallinas del Penedés: una labor de hoy que conecta con el pasado. *Selecciones Avícolas* XXX, 10: 307-314.
- FRANCESCH, A., (1991a). Estudio de dos poblaciones autóctonas catalanas de *Gallus domesticus*: Caracterización Genético-Etnológica. Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.
- FRANCESCH, A., (1992). Avance de resultados reproductivos en la mejora genética de poblaciones de las razas de gallinas Penedesenca y Empordanesa en producción de carne. XXIX Symposium de Avicultura de la Sección Española de la WPSA. pp.:243-252.
- FRANCESCH, A., C. PARDO, E. ESTEVE-GARCIA, y M. ALMIRALL, (1993). Resultados de la mejora genética de las razas de gallinas Penedesenca Negra y Ampurdanesa Roja en producción de carne. Crecimiento y rendimientos de los productos finales. XXX Symposium de Avicultura Científica. Sección Española de la WPSA. pp 289-297.
- FRANCESCH, A., (1994). La raza de Gallinas Empordanesa. *Arte avícola*, 2:15-18.

- FRANCESCH, A. and C. PARDO, (1995a). *Comparison of some characteristics between traditional and genetically improved catalan autochthonous chickens. Poultry Meat Quality. Proceed of the XII European Symposium on the Quality of Poultry Meat. Zaragoza. pp. 195-200.*
- FRANCESCH, A. y M. IGLESIAS, (1995b). Estima de componentes de varianza, parámetros genéticos y respuesta a la selección de caracteres de producción de huevos en razas de gallinas autóctonas. ITEA Volumen Extra nº 16 (I. pp.:260-262).
- FRANCESCH, A., (1997a). Programa IRTA de conservación de razas de gallinas autóctonas catalanas. Comunicaciones de las II Jornadas de Etnología Avícola (I). Arte Avícola, 18: 13-15.
- FRANCESCH, A., P. CASANOVAS, y A. FONTGIBELL, (1997b). Heterosis en el cruzamiento de estirpes de razas de gallinas autóctonas catalanas. ITEA. Vol. Extra nº18 (I): 424-426.
- FRANCESCH, A., J. ESTANY, L. ALFONSO, and M. IGLESIAS, (1997c). *Genetic parameters for egg number, egg weight and eggshell color in three Catalan poultry breeds. Poultry Science 76: 1627-1631.*
- FRANCESCH, A., (1998a). Gallinas de raza. Ed. Arte Avícola-Valls.
- FRANCESCH, A., (1998b). Funcionamiento de la conservación de razas de gallinas autóctonas en Cataluña. Archivos de Zootecnia, 47: 141-148.
- FRANCESCH, A., M.R. FORTUNY, M. FARRAN and E. GARCÍA-MARTÍN, (1998a). *Extensive breeding and castration effects on the productivity and carcass quality of local breeds chickens. Proceeding of the International Symposium on basis of the quality of typical Mediterranean. Animal Products, EAAP Publication. No. 90.*
- FRANCESCH, A., P. CASANOVAS and A. FONTGIBELL, (1998b). *Heterosis in catalan poultry genetic stocks under egg production traits selection. Proceedings of the 6th World Congress on Genetics applied to Livestock. pp.: 298-301.*
- FRANCESCH, A., R. ANGUERA, L. GUERRERO, M.D. GUÀRDIA, y L. ESCODA, (1999). Efectos de la mejora genética en producción de carne sobre características

productivas, de la canal y organolépticas en gallinas de razas catalanas. XXXV Symposium de Avicultura de la Sección Española de la WPSA. pp.: 159-172.

-FRANCESCH, A., R. ANGUERA, and L. ESCODA, (2000). *Breed and growth genetic improvement effects on pH and cooking loss in catalan chicken* meta. CD del XXI Congreso Mundial de Avicultura. Canada.

-FRANCESCH, A., L. GUERRERO, M.D. GUARDIA, R. ANGUERA, and L. ESCODA, (2001). *Breed and growth genetic improvement effects on sensory evaluation of cooked chicken meat obtained from Catalan poultry breeds*. Proceedings of XV European Symposium on the Quality of Poultry Meat. pp.: 53-58.

-FRANCESCH, A., (2002). Mejora Genética de razas de gallinas Catalanas. ITEA. Vol. 98ª, nº2, 173-184.

-FRANCESCH, A. y E. ATXA, (2004). Posibilidades de la raza de gallinas Euskal Oiloa para responder a la selección por puesta. IV Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales, 422-426.

-FRANCESCH, A., (2006). 2ª Edición. Gallinas de raza. Arte Avícola publicaciones.

-FRANCESCH, A., (2008). Jornadas Expoaviga.

-FRANCESCH, A., Y. MÉNDEZ y A. PONS, (2009). Variabilidad estimada en la Gallina Ibicenca en base al Locus E. Arch Zootec. 58 (Supl.1):489-491.

-FRANCESCH, A., I. VILLABA and M. CARTAÑÁ, (2010). *Methodology for morphological characterization of chicken and its application to compare Penedesenca and Empordanesa breeds*. Animal Genetic Resources. In press.

-GARCÍA, C. y R. CORDERO, (2006). Las Razas Autóctonas en el contexto de la Ganadería Ecológica. Dossier Ganadería Extensiva. Ene-Feb 06, pp.32-33.

-GARCÍA MARTÍN E., (1998). Pollo de campo intensivo versus pollo de campo extensivo. II Jornadas Técnicas Progalter. Expoaviga 1998, pp.: 79-83.

-GARROFÉ, D., (2007). *Estudi Comparatiu del Creixement de les polletes de Races Autòctones Catalanes Millorades*. Trabajo Práctico tutelado. Universidad de Lérida.

- GEBHARDT-HENRICH, S.G., and H.L. MARKS, (1993). *Heritabilities of growth curve parameters and age-specific expression of genetic variation under two different feeding regimes of Japanese Quail*. Genet. Res., 62:45-55.
- GIBON, A., and J.C. FLAMANT, (1994). *Conclusions of the Symposium: A study of livestock farming systems in a research and development framework*. EAAP Publication, 63: 425-433.
- GOLDSTEIN, D.B., A. RUIZ-LINARES, L.L. CAVALLI-SFORZA and M. W.FELDMAN, (1995a). *An evaluation of genetic distances for use with microsatellite loci*. Genetics, 139, 463-471.
- GOLDSTEIN, D.B., A. RUIZ-LINARES, L.L. CAVALLI-SFORZA and M.W. FELDMAN, (1995b). *Genetic absolute dating based on microsatellites and the origin of modern humans*. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA.92: 6723-6727.
- GOLDSTEIN, D.B. and C. SCHLOTTERER, (1999). *Microsatellites. Evolution and applications*. Oxford University Press ed, Oxford, Great Britain.
- GOLIOMYTIS, M., E. PANOPOULOU, and E. ROGDAKIS, (2003). *Growth curves for body weight and major components parts, feed consumption and mortality of male broiler chickens raised to maturity*, Poult. Sci., 82: 1061-1068.
- GÓMARA, A., B. ASENJO, A. FRANCESCH, J. CIRIA, R. PÉREZ y M.^a T. RUIZ, (1999). *Valoración del crecimiento y caracterización de la canal en el cruce de gallinas de raza Castellana Negra con gallos mejorados de raza Penedesenca Negra*. VII Jornadas sobre producción animal. Volumen Extra, Número 20- Tomo I (1999) pp. 173-175.
- GOMES, I., A. COLLINS, C. LONJOU, N.S. THOMAS, J. WILKINSON, M. WATSON and N. MORTON, (1999). *Hardy-Weinberg quality control*. Annals of Human Genetics 63: 535-538.
- GOMPERTZ, B., (1825). *On the nature of the function expressive of the law of human mortality, and on new method of determining the value of life contingencies*. Phil.Trans. Royal Soc. 115: 513-585.
- GONZÁLEZ PIZARRO, J. de D., (1903). *Elementos de Zootecnia General*. I. Tomo. Tipografía Herederos Angel González. León.

- GOONEWARDENE, L.A., Z. WANG, E. OKINE, M.J. ZUIDHOF, E. DUNK and D. ONDERKA, (2003). *Comparative growth characteristics of Emus (Dromaius novahollandiae)*. J.Appl. Poult. Res. 12, 27-31.
- GORAGA, Z., S. WEIGEND and G. BROCKMANN, (2011). *Genetic diversity and population structure of five Ethiopian chicken ecotypes*. Short communication. Animal Genetics.
- GOUDET, J., (1995). FSTAT version 1.2. *A computer program to calculate F-statistics*. Journal of Heredity. 86: 485-486.
- GOUDET, J., (2001). *FSTAT, a program to estimate and test gene diversities and fixation indices* (version 2.9.3). available from <http://www.unil.ch/izea/software/fstat.html>. Updated from Goudet (1995).
- GRANEVITZE, Z., J.HILLEL, G.H. CHEN, N.T.K.CUC, M.FELDMAN, H. ENDING and S. WEIGEND, (2007). *Genetic diversity within chicken populations from different continents and management histories*. Animal Genetics, 38, 576-583.
- GRIMAL, A. y E.A. GÓMEZ, (2007a). Descripción del crecimiento en una población de gallinas autóctonas de la Comunidad Valenciana: la Gallina de Chulilla. XII Jornadas de Producción Animal. ITEA. Vol. Extra 28(I): 339-341.
- GRIMAL, A. y E.A. GÓMEZ, (2007b). Descripción y caracterización de una población de la Comunidad Valenciana: Gallina de Chulilla. Arch. Zootec. 56 (Sup. 1): 523-528.
- GRIMAL, A. y E.A. GÓMEZ, (2007c). Caracterización Preliminar de Parámetros Reproductivos en la gallina de Chulilla. Arch. Zootecnia 56 (Sup: 1) 557-560.
- GRIMAL, A. y E.A. GÓMEZ, (2007d). Factores que inciden en la incubabilidad de una población autóctona: La Gallina de Chulilla. XII Jornadas de Producción animal. ITEA. Vol. Extra. 28(I): 342-344.
- GRIMAL, A., M.P. VIUDES-DE-CASTRO, J.S. VICENTE, y E.A. GÓMEZ, (2007). Caracterización genética de una población autóctona: la gallina de Chulilla. XII Jornadas de Producción Animal AIDA, Zaragoza. ITEA, Vol. Extra 28(I):432-434. Póster.

- GROSS, D.S. and W.T. GARRAD, (1988). *Nuclease hypersensitive sites in chromatin*. Ann Review Biochemistry 57: 159-197.
- GROSSMAN, M. and B.B. BOHREN, (1982). *Comparison of proposed growth curve functions in chickens*. Growth 46: 259-274.
- GROSSMAN, M. and B.B. BOHREN, (1985). *Logistic growth curve of chickens: heritability of parameters*. J. Hered. 76:459–462.
- GROSSMAN, M., B.B. BOHREN and V. L. ANDERSON, (1985). *Logistic growth curve of chickens: a comparison of techniques to estimate parameters*. J. Hered. 76:397–399.
- GUÈYE, E.F., A. NDIAYE and R.D.S. BRANCKAERT, (1998). *Prediction of body weight on the basis of body measurements in mature indigenous chickens in Senegal*. Livestock Research for Rural Development 10 (3).
<http://cipav.org.co/lrrd/lrrd10/3/scene103.htm>
- GUO, X. and R.C. ELSTON, (1999). *Linkage informative content of polymorphic genetic markers*. Hum. Hered. 49:112-118.
- GUTIÉRREZ, J.P., L.J. ROYO, I. ÁLVAREZ and F. GOYACHE, (2005). *MolKin v 2.0: a computer program for genetic analysis of populations using molecular coancestry information*. Journal of Heredity, 96: 718-721.
- HALBERT, N.D., T.J. WARD, R.D. SCHNABEL, J.F. TAYLOR and N. DERR, (2005). *Conservation genomics: Disequilibrium mapping of domestic cattle chromosomal segments in North American bison populations*. Molecular Ecology 14: 2343-2362.
- HAMADA, H., M. SEIDMAN, B.H. HOWARD and C.M. GORDMAN, (1982). *A novel repeat element with z-DNA forming potential is widely found in evolutionary diverse eukaryotic genomes*. Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 79: 6465-6469.
- HAMADA, H., M. SEIDMAN, B.H. HOWARD and C.M. GORDMAN, (1984). *Enhanced gene expression by the poly(dT-dG)poly(dA-dC) sequence*. Mol. Cell biol., 4: 2622-2630.

- HAMMOND, K., (1994). *Conservation of domestic animal diversity: Global overview*. Pages 423–439 in Proc. 5th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Guelph, Ontario, Canada. Univ. Guelph, Guelph, Ontario, Canada.
- HANCOCK, E., G.D. BRADFORD, G.C. EMMANS and R.M. GOUS, (1995). *The evaluation of the growth parameters of six strains of commercial broiler chickens*. Br. Poult. Sci.,36, 247-264.
- HARDY, G. H., (1908). *Mendelian proportion in a mixed population*. Science. 28: 49-50.
- HARLOW, H.B. and F.J. IVEY, (1994). *Accuracy, precision, and commercial benefits of growth modelling for broilers*. Journal of Applied Poultry Research, 3 (4): 391-402.
- HERNÁNDEZ, H., (1999). Estudio del efecto de la castración en los aspectos productivos y características de la canal en pollos de la raza autóctona Penedesenca Negra. Trabajo final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- HERRERA, M., (2002). Criterios etnozootécnicos para la definición de poblaciones animales. V Congreso de SERGA / III Congreso de SPREGA. Libro de Actas: 41-48. Madrid.
- HILLEL, J., M.A.M. GROENEN, M. TIXIER-BOICHARD, A.B. KOROL, L. DAVID, V.M. KIRZHNER, T. BURKE, A. BARRE-DIRIE, R.P. CROOIJMANS, K. ELO, M.W. FELDMAN, P.J. FREIDLIN, A. MAKI-TANILA, M. OORTWIJN, P. THOMSON, A. VIGNAL, K. WIMMERS, and S. WEIGEND, (2003). *Biodiversity of 52 chicken populations assessed by microsatellite typing of DNA pools*. Genet. Sel. Evol. 35:533–557.
- HOFFMANN, I., P.A. MARSAN, J.S.F. BARKER, E.G. COTHRAN, O. HANOTTE, J.A. LENSTRA, D. MILAN, S. WEIGEND S., and H. SIMAINER, (2004). *New MoDAD marker sets to be used in diversity studies for the major farm animal species: recommendations of a joint ISAG/FAO working group*. In: Proceedings of the 29th International Conference on Animal Genetics, Tokyo, Japan.
- HOFFMANN, I., F. SIEWERDT and D. MANZELLA, (2005). *Research and investment- Challenges and options for sustainable use of poultry genetic resources*. World's Poultry Science Journal, 61:57-70.

-HOLLAND, B., (2006). *Distance based methods for estimating phylogenetic trees*. Phylogenetics workshop, South Korea, 16-18 august 2006.

-HURLBERT, S.H., (1971). *The nonconcept of species diversity: a critique and alternative parameters*. *Ecology*. 52: 577-586.

-<http://evolucion.fcien.edu.uy/>. Facultad de Ciencias, Montevideo. (2006). Curso de Evolución. Montevideo, Uruguay.

-http://www.mundoavicola.com/2011/05/estudio-genetico-de-la-sureña_04.html.

-<http://www.uwyo.edu/dbmcd/molmark/index.html>. McDonald, D. B. Department of Zoology & Physiology. University of Wyoming.

-<http://www.isapoultry.com/Products.aspx>.

-<http://www.lohmanngb.co.uk>.

-IBÁÑEZ, R., (2002). Estudio de la influencia de una restricción alimentaria en la producción de huevo incubable para tres estirpes paternas de gallinas catalanas. T.P.T. E.T.S. d'Enginyeria Agrària de Lleida.

-*Institut de Selección Animale (ISA)*, (1996). Guía de manejo. Ponedoras Isa Brown. 32 p.

-IPGRI y Cornell University, (2004). Análisis de la diversidad genética utilizando datos de marcadores moleculares: Módulo de Aprendizaje. Medidas de la diversidad genética.

-IPSOS, (2007). Agricultura Ecológica. Estudios sobre el consumo de productos ecológicos en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

-JACOKOBSON, M. and N.A. ROSENBERG, (2007). *CLUMPP: a cluster matching and èrmutation program for dealing wirh label switching and multimodality in analysis of population structure*. *Bioinformatics*. Original Paper. Vol 23 nº 14 2007, 1801-1806.

-JEFFREYS, A.J., V. WILSON and S.L. THEIN, (1985). *Hypervariable «minisatelite» regions in human DNA*. *Nature*. 314: 67-73.

- JONES, A.G., S. ÖSTLUND-NILSSON and J.C. AVISE, (1998). *A microsatellite assessment of sneaked fertilizations and eggs thievery in the fifteen-spined stickleback*. Evolution. 52: 848-858.
- KAEUFFER, R., D. RÉALE, D.W. COLTMAN and D. POINTER, (2007). *Detecting population structure using STRUCTURE software: effect of background linkage disequilibrium*. Heredity: 99, 374-380.
- KALINOWSKI, S.T., (2002a). *How many alleles per locus should be used to estimate genetic distances?* Heredity, 88, 62-65.
- KALINOWSKI, S.T., (2002b). *Evolutionary and statistical properties of three genetic distances*. Molecular Ecology, 11, 1263-1273.
- KALINOWSKI, S.T., (2005). *Do polymorphic loci require large sample sizes to estimate genetic distances?* Heredity, 94, 33-36.
- KIMURA, M. and J.F. CROW, (1964). *The number of alleles that can be maintained in a finite population*. Genetics 49: 725-738.
- KIMURA, M. and T. OHTA, (1978). *Stepwise mutation model and distribution of allelic frequencies in a finite population*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 75: 2868-2872.
- KNÍZETOVA, H., B. KNÍZE, J. HYÁNEK, R. SILER, L. HYÁNKOVÁ, J. PLACHY, and M. VILHEIMOVÁ, (1983). *Growth curves of highly inbred lines of fowl and their F1 hybrids*. Genet. Sel. Evol. 15:533–558.
- KNÍZETOVA, H., J. HYÁNEK, H. HAJKOVA, B. KNIZE and R. SILER, (1985). *Growth curves of chickens with different type of performance*. Z. Tierz. Züchtungsbiol, 102, 256-270.
- KNÍZETOVA, H., J. HYÁNEK, B. KNIZE and J. ROUBICEK, (1991). *Analysis of growth curve of fowl*. Br. Poult. Sci., 32, 1027-1038.
- KOLSTAD, N., (1980). *Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. III. Results from the Norwegian part of the experiment*. Acta Agric. Scand. 30:261–287.

- KOONG, L.J., R.L. BALDWIN and M.J. ULYATT, (1978). *The application of systems analysis and mathematical modeling techniques to animal science research*. Symposium on use of the computer in animal science teaching, research and extension. American Society of Animal Science. 9-19.
- KRAUSE, G.F., P.B. SIEGEL and D.C. HURST, (1967). *A probability structure for growth curves*. Biometrics 23:217–225.
- KRONACHER, C., (1937). *Elementos de zootecnia*. Gustavo Gili. Barcelona.
- KWOK, P., Q. DENG, H. ZAKERI and D.A. NICKERSON, (1996). *Increasing the information content of STS based genomemaps: Identifying polymorphism in mapped STSs*. Genomics. 23: 138-144.
- LAIRD, A.K., S.A. TYLER and A.D. BARTON, (1965). *Dynamics of normal growth*. Growth 29: 233-248.
- LAIRD, A.K., (1966). *Postnatal growth of birds and mammals*. Growth 30: 349-363.
- LAVAL, G., M. SAN CRISTOBAL, and C. CHEVALET, (2002). *Measuring genetic distances between breeds: use of some distances in various short term evolution models*. Genet. Sel. Evol. 34 pp: 481-507.
- LAWRENCE, T.L.J. and V. R. FOWLER, (2002). *Growth of farm animals*. 2nd edition. CABI Publishing.
- LECLERCQ B., G. GUY and F. RUDEAUX, (1989). *Growth characteristics and lipid distribution in two lines of chickens selected for low or high abdominal fat*. Genet. Sel. Evol., 21, 69-80.
- LEE, E.-J., H. MANNEN, M. MIZUTANI, and S. TSUJI, (2000). *Genetic analysis of chicken lines by amplified fragment length polymorphism (AFLP)*. Anim. Sci. J. 71:231–238.
- LEVIN, I., L. SANTAGELO, H. CHENG, B. CRITTENDEN and B. DODGSON, (1994). *An autosomal genetic linkage map of the chicken*. The Journal of Heredity. 85: 79-85.

- LI, M.H., K. STERNBAUER, P.T. HAAHR and J. KANTANEN, (2005). *Genetic components in contemporary Faroe Islands cattle as revealed by microsatellite analysis*. Journal Animal Breeding and Genetics 122: 309-317.
- LILJEDAHL, L.E., and C. WEYDE, (1980). *Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. II. Results from the Swedish part of the experiment*. Acta Agric. Scand. 30:237–260.
- LITT, M. and J.A. LUTY, (1989). *A hypervariable microsatellite revealed by in vitro amplification of a dinucleotide repeat within the cardiac muscle actin gene*. American Journal of Human Genetics. 44: 397-401.
- LÓPEZ, N.I., (2006). Herramientas informáticas para el análisis estructural de ácidos nucleicos y proteínas. Curso de Posgrado.
- LLUÍS SALVADOR D'ÀUSTRIA, ARXIDUC, (1900). Las Antiguas Pitiusas. *“Die Balearen in Wort und Bild. Die alten Pityusen”*. Traducción: Carlos y Bárbara Sánchez Rodrigo (1982).
- MACHUGH, D.E., R.T. LOFTUS, D.G. BRADLEY, P.M. SHARP and E.P. CUNNINGHAM, (1994). *Microsatellite DNA variation within and among European cattle breeds*. Proc. Royal Society of London, Series B, Biological sciences, 256, pp 25-31.
- MAIJALA, K., A.V. CHEREKAEV A, J.M. DEVILLARD , Z. REKLEWSKI, G. ROGNONI, D.L. SIMON and D.E. STEANE, (1984). *Conservation of Animal Genetic Resources in Europe*. Final Report of an E.A.A.P. Working Party. Livest. Prod. Sci. 11, 3–22. Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- MANEL, S., M.K. SCHWARTZ, G. LUIKART and P.TABERLET, (2003). *Landscape genetics: Combining landscape ecology and population genetics*. Trends in Ecology and Evolution 18: 189-197.
- MARÍ, J., (2000). *“Formentera, segles XVI-XVIII”*. Formentera: història i realitat. Pp.:61-84. Ed. Universitat Illes Balears.
- MARSHALL, D.R. and A.H.D. BROWN, (1975). *Optimum sampling strategies in genetic conservation*. En: Crop Genetic Resources for Today and Tomorrow. Frankel, O.H. & Hawkes, J.G. (Ed.) Cambridge University Press. pp: 15-36. Cambridge.

- MARTÍNEZ, J., J. RODRÍGUEZ, A.R. GUTIÉRREZ y T. MORENO, (1984). Estudio del comportamiento de cuatro tipos diferentes de reproductoras. Real Escuela de Avicultura.
- MAUDET, C., G. LUIKART and P. TABERLET, (2002). *Genetic diversity and assignment tests among seven French cattle breeds based on microsatellite DNA analysis*. Journal of Animal Science 80: 942-950.
- MÉNDEZ, Y., A. PONS y A. FRANCESCH, (2011a). Comparación de medidas zoométricas en las Gallinas Baleares. Arch Zootec. 60 (Nº.3):1-4.2011.
- MÉNDEZ, Y., A. PONS y A. FRANCESCH, (2011b). Informe de Reconocimiento de la Gallina Ibicenca. (http://www.razas-autoctonas.com/images/reconocimiento_gallina_oct2011.pdf)
- MERRITT, E.S., (1974). *Selection for growth rate in broilers with a minimum increase in adult size*. Pages 951-958 in: Proceedings of the First World Congress of Genetics Applied to Livestock, Madrid, Spain.
- MEYER, W.A., and M.L. SUNDE., (1974). *Bone breakage as affected by type housing or an exercise machine for layers*. Poult. Sci. 53:878-885.
- MIGNON-GRASTEAU, S., BEAUMONT C., POIVEY J.P., and DE ROCHAMBEAU H., (1998). *Estimation of the genetic parameters of sexual dimorphism of body weight in 'label' chickens and Muscovy ducks*. Genet. Sel. Evol. 30. 481-491.
- MIGNON-GRASTEAU, S., M. PILES, L. VARONA, H. DE ROCHAMBEAU, J.P. POIVEY, A. BLASCO, and C. BEAUMONT, (2000). *Bayesian analysis of Gompertz curve of chickens selected on the shape of the growth curve*. J. Anim. Sci. 78:2515-2524.
- MIGNON-GRASTEAU, S., C. BEAUMONT and F.H. RICARD, (2001). *Genetic Analysis of a Selection Experiment on the Growth Curve of Chickens*. Poult. Sci. 80: 849-854.
- MIGUEL, J.A., J. CIRIA, B. ASENJO, J.L. CALVO, y M.T. RUIZ, (2001). Comparación de la composición de la canal de pollos de la raza Castellana Negra con pollos procedentes del cruce de gallos de la raza Penedesenca Negra y gallinas de la raza Castellana Negra. ITEA, 22: 670-673.

- MIGUEL, J.A., (2003). Caracterización productiva y genética de una población de gallinas de raza Castellana Negra. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.
- MIGUEL, J.A., B. ASENJO, J. CIRIA, J.L. CALVO, y R. VITTO, (2005). Comparación de curvas de crecimiento de machos enteros, castrados y regenerados de la raza de gallinas Castellana Negra. ITEA. Vol. Extra. 26(I): 279-281.
- MIGUEL, J.A., B. ASENJO, J. CIRIA y A. FRANCESCH, (2006). Parámetros genéticos y respuesta a la selección en una población de gallinas de raza castellana negra. Separata de Archivos de Zootecnia, vol. 55, nº 209, pp.:85-92.
- MIGUEL, J.A., B. ASENJO, J. CIRIA, y J.L. CALVO, (2009). Descripción del crecimiento de tres tipos genéticos de gallinas españolas y una línea comercial Sasso. Efecto del tipo de alojamiento. ITEA. Vol. 105 (1), 7-16.
- MIGUEL, J.A., L. ESCODA, M.D. CUBILÓ, M. TOR, B. ASENJO, J. CIRIA y A. FRANCESCH, (2011). Efecto de la edad de sacrificio sobre las características del crecimiento y la canal en pollos de raza Castellana Negra Mejorada y del cruce con la Penedesenca Negra Mejorada. ITEA vol. 107 (3): 226-238.
- MIQUEL, S., E. BIGNÉ, J.P. LÉVY, A.C. CUENCA y M.J. MIQUEL, (1997). Investigación de mercados. Madrid, Editorial: McGraw Hill.
- MOMMENS, G., L.J. PEELMAN, A. VAN ZEVEEREN, G. D'IETEREN and N. WISSOCQ, (1999). *Microsatellite variation between an african and five european taurine breeds results in a geographical phylogenetic tree with a bison outgroup*. Journal of Animal Breeding and Genetics-Zeitschrift Fur Tierzuchtung Und Zuchtungsbiologie 116: 325-330.
- MUCHADEYI, F.C., H. EDING, C.B.A. WOLLNY, E. GROENEVELD, S.M. MAKUZA, R. SHAMSELDIN, H. SIMIANER, and S. WEIGEND, (2007). *Absence of population substructuring in Zimbabwe chicken ecotypes using microsatellite analysis*. Anim. Genet. 38:332–339.
- MUELLER, U.G. and L.L. WOLFENBERGER, (1999). *AFLP genotyping and fingerprinting*. Tree, Vol, 14, 10, pp.: 389-394.

- MULLIS, K.B., F. FALOONA, S. SCHARF, R. SAIKI, G. HORN and H. ERLICH, (1986). *Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction*. Cold Spring. Harb. Symp.Quant.Biol. 51: 263-273.
- MUNDY, N.I., and D.S. WOODRUFF., (1996). *Polymorphic microsatellite markers in the loggerhead shrike, Lanius ludovicianus, isolated from a library enriched for CA repeats*. Molecular Ecology. 5: 811-813.
- MURIEL, A., (2002). Estudio de diversos parámetros productivos en la raza de gallinas Extremeña Azul Arte Avícola. (48). 17-19.
- MURIEL, A., (2003). Primeros resultados de la producción de capones de la raza Extremeña Azul criados en libertad. Proc. X Jornadas sobre Producción Animal, Zaragoza. 229-231.
- MURIEL, A., (2004). Estación y productividad de pollos de Extremeña Azul en régimen extensivo. Archivos de Zootecnia, Vol. 53, número 202.
- MURPHY, K.E. and J.R. STRINGER, (1986). *RecA independent recombination of poly [d(GT)-d(CA)] in pBR322*. Nucleic. Acid. Res. 14 (18): 7325-7340.
- MURRAY, B.W., (1996). *The estimation of genetic distance and population substructure from microsatellite allele frequency data*. <http://www.helix.biology.mcmaster.ca/brent/brent.html>
- NAGAMINE, Y. and M. HIGUCHI, (2001). *Genetic distance and classification of domestic animals using genetic markers*. Journal of Animal Breeding and Genetics. 118: 101-109.
- NAGYLAKI, T., (1998). *Fixation indices in subdivided populations*. Genetics, Vol.148: 1325-1332.
- NAKAMURA, A., K. KINO, M. MINEZAWA, K. NODA and H. TAKAHASHI (2006). *A method for discriminating a Japanese chicken, the Nagoya breed, using microsatellite markers*. Poultry Science, 85:2124-2129.
- NAUTA, M.J. and F.J. WEISSING, (1996). *Constraints on allele size at microsatellite loci: implications for genetic differentiation*. Genetics. 143: 1021-1032.

- NAVARRO, V., (1901). *Costumbres en las Pitiüsas*, Madrid. Imp. Asilo Huérfanos Sagrado Corazón de Jesús, 1901.
- NEI, M., (1972). *Genetic distances between populations*. *The American Naturalist*, vol 106, nº 949, pp. 283-292.
- NEI, M., (1973). *Analysis of gene diversity in subdivided populations*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA*. 70: 3321-3323.
- NEI, M., (1977). *F-statistics and analysis of gene diversity in subdivided populations*. *Ann. Hum. Genet.* 41: 225-233.
- NEI, M., (1978). *Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals*. *Genetics*, 89, 583-590.
- NEI, M. and A.K. ROYCHOUDHURY, (1974). *Sampling variances of heterozygosity and genetic distance*. *Genetics*, 76: 379-390.
- NEI, M., F. TARIMA and T. TATENO, (1983). *Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data*. *Journal Molecular and Evolution*. 19: 153-170. In: Nei, M. *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press. New York. 1987.
- NEI, M. and S. KUMAR, (2000). *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford University Press, New York. Pp. 333.
- NEUMAN, K. and J.H. WETTON., (1996). *Highly polymorphic microsatellites in the house sparrow, *Passer domesticus**. *Molecular Ecology*. 5: 307-309.
- NORDHEIM, A. and A. RICH, (1983). *Negatively supercoiled simian virus 40 DNA contains Z-DNA segments within transcriptional enhancer sequences*. *Nature* 303: 674-679.
- NORRIS, D., J.W. NGAMBI, K. BENYI, M.L. MAKGAHLELA, H.A. SHIMELIS and E.A. NESAMVUNI, (2007). *Analysis of growth curves of indigenous male Venda and naked chickens*. *South African Journal of Animal Science*, 37 (1).
- OGAH, D.M., I.S. MUSA, A. YAKUBU, and M.O. MOMMOH, (2009). *Canonical correlation analysis for estimation of relationship between some body measurement at*

birth and at ten weeks period in Muskovy Duck. IV World Waterfowl Conference, 11-13 November, Thrissur, India.

-OKUMURA, F., T. SHIMOGIRI, K. KAWABE, S. OKAMOTO, M. NISHIBORI, Y. YAMAMOTO, and Y. Maeda, (2006). *Gene constitution of South-East Asian native chickens, commercial chickens and jungle fowl using polymorphisms of four calpain genes*. Anim. Sci. J.77:188–195.

-OLDENBROEK, J.K., (1999). *Genebanks and the conservation of farm animal genetic resources Chapter 1: Introduction*. Publisher DLO Institute for Animal Science and Health. 1-9.

-OLLIVIER, L. and J.L. FOULLEY, (2005). *Aggregate diversity: New approach combining within- and between-breed genetic diversity*. Livestock Production Science. 95:247-254.

-OROZCO, F., (1985). Algunas ideas sobre el concepto de raza en animales domésticos. Comunicaciones INIA. Serie Producción Animal, 10: 1-16. Madrid.

-OROZCO, F., (1989a). La raza de Menorca. Selecciones avícolas, III.

-OROZCO, F., (1989b). Razas de gallinas españolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Ed. Mundi-prensa.

-OROZCO, F., (1991). Mejora Genética Avícola. Agroguías Mundi-Prensa.

-OROZCO, F., (1997). Conservación de razas españolas de gallinas (I, II, III, IV y V). Arte Avícola nº 16,17,18,19 y 20).

-ORTIZ GARCÍA-NAO, A., (2002). La Granja de puesta: nutrición y sanidad del ave. *Veterinario.NUTEGA. Lecciones sobre el huevo*. Instituto de Estudios del Huevo. 1ª Edición: Julio 2002.

-OSMAN, S.A.M., M. SEKINO, A. NISHIHATA, Y. KOBAYASHI, W. TAKENAKA, K. KINOSHITA, T. KUWAYAMA, M. NISHIBORI, Y. YAMAMOTO ,and M. TSUDZUKI, (2006). *The genetic variability and relationships of Japanese and foreign chickens assessed by microsatellite DNA profiling*. Asian-australas. J. Anim. Sci.19:1369–1378.

- PAETKAU, D., W. CALVERT, I. STIRLING and C. STROBECK, (1995). *Microsatellite analysis of population structure in Canadian polar bears*. *Molecular Ecology* 4: 347-354.
- PAETKAU, D., S. SLADE, M. BURDEN and A. ESTOUP, (2004). *Genetic assignment methods for the direct, real-time estimation of migration rate: A simulation-based exploration of accuracy and power*. *Molecular Ecology* 13: 55-65.
- PAGE, R.D.M. and E.C. HOLMES, (1998). *Molecular Evolution: A Phylogenetic Approach*. Blackwell Science, Oxford, U.K.
- PARDO, C., (1993). Evaluación del rendimiento de los productos finales en el cruzamiento de líneas de razas de gallinas autóctonas. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- PARÉS, P.M., (1999). *Distàncies genètiques entre la raça bretona cerdana i unes altres races cavallines*. *Quaderns agraris, juny 1999*, 24, 21-35.
- PARKER, P.G., A.A. SNOW, M.D. SCHUG, G.C. BOOTON, and P.A. FUERST, (1998). *What molecules can tell us about populations: choosing and using a molecular marker*. *Ecology*, 79 (2), pp.:361-382.
- PARKER, T.H. and D. GARANT, (2004). *Quantitative genetics of sexually dimorphic traits and capture of genetic variance by a sexually-selected condition-dependent ornament in red junglefowl (Gallus gallus)*. *J. EVOL. BIOL.* 17 (1277–1285).
- PASTERNAK, H. and B.A. SHALEV, (1983). *Genetic-economic evaluation for traits in a broiler enterprise: reduction of food intake due to increased growth rate*. *Br. Poult. Sci.*, 24, 531-536.
- PASTERNAK, H. and B.A. SHALEV, (1994). *The effect of feature of regression disturbance on the efficiency of fitting a growth curve*. *Growth Dev. Aging*. 58, 33-39.
- PAYERAS, LL. y J. FALCONER, (1998). "Races Autòctones de les Illes Balears". Ed. *Conselleria d'Educació, Cultura i Esports - Conselleria d'Agricultura, Comerç i Indústria*. ISBN 84 -923765 -0 – 3.

- PEAKALL, R. and P.E. SMOUSE, (2005). *GenAIEx V6: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research*. The Australian National University. Canberra. Australia. <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlex/>
- PEDRO, A., (1990). *La Gallina Eivissenca. Estudi per la seva conservació*.
- PEDRO, A., (2003). *Races Autòctones de les Pitiüses*. Genial Edicions Culturals, S.L.
- PÉREZ, C., (1995). Estudio comparativo de los parámetros de incubabilidad de tres estirpes de razas de gallinas autóctonas catalanas. Trabajo final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- PÉREZ, V., (1998). Estudio del efecto de la castración sobre la calidad de la canal y de la carne, en pollos de la raza autóctona catalana Penedesenca Negra. Trabajo final de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de Lérida.
- PÉREZ, A., G. POLANCO and Y. PÉREZ (2004). *Morphological characteristics of local chicken ecotypes in Villa Clara Province in Central Cuba*. *Livestock Research for Rural Development* 16 (10).
- PEMBERTON, J.M., J. SLATE, D.R. BANCROFT and J.A. BARRET, (1995). *Nonamplifying alleles at microsatellite loci: A caution for parentage and population studies*. *Molecular Ecology*, 4:249-52.
- PETIT, R.J., A. EL MOUSADIK and O. PONS, (1998). *Identifying populations for conservation on the basis of genetic markers*. *Conservation Biology*. 12: 844-855.
- PLETSCH, C.R., J.C. TERRAES, F.A. REVIDATTI, R.J. FERNÁNDEZ y M.V. ASIAIN, (2009). Consecuencias de la restricción alimenticia sobre la producción de huevos en hembras tipo Campero INTA. *Rev. vet.* 20: 2, 86–91.
- PLOTSKY, Y., M.G. KAISER, and S.J. LAMONT, (1995). *Genetic characterization of highly inbred chicken lines by two DNA methods: DNA fingerprinting and polymerase chain reaction using arbitrary primers*. *Anim. Genet.* 26:163–170.
- PONSUKSILI, S., K. WIMMERS, and P. HORST, (1996). *Genetic variability in chickens using polymorphic microsatellite markers*. *Thai J.Agric. Sci.* 29:571–580.

- PREVOSTI, A., J. OCANA and G. ALONZO, (1975). *Distances between population for Drosophila subobscura based on chromosome arrangement frequencies*. Theoretical Applied Genetics. 45: 231-241.
- PRITCHARD, J. K., M. STEPHENS and P. DONNELLY, (2000). *Inference of population structure using multilocus genotype data*. Genetics, 155: 945-959.
- RADKO, A., A. ZYGA, E. SLOTA, M. KOSCIELNY and W. BREJTA, (2004). *Evaluating the efficacy of bloodgroups and DNA microsatellite sequences in parentage control in cattle*. Medycyna Weterynaryjna 60: 1212-1214.
- RAFART, J., F. REVIDATTI, J.C. TERRAES, M. SINDIK, y C. ROLLET, (2006). Evaluación de la fase de cría, recría y pre-postura de ponedoras Rubia-INTA en la Escuela Agrotécnica Lomas de Empedrado. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Resumen V 0-24.
- RAJI, A.O., J.U. IGWEBUIKE and M.T. USMAN, (2009). *Zoometrical Body Measurements and their relation with Live Weight in Matured Local Muscovy Ducks in Borno State Nigeria*. ARPN Journal of Agricultural and Biological Science. Vol. 4, NO. 3, May.
- RAMAKRISHNAN, U. and J. MOUNTAIN, (2004). *Precision and accuracy of divergence time estimates from STR and SNPSTR variation*. Molecular Biology and Evolution, vol. 21, nº10, 1960-1971.
- RANNALA, B. and J.L. MOUNTAIN, (1997). *Detecting immigration by using multilocus genotypes*. In: Proceedings of National Academy of Sciences of USA, USA: 9197-9221.
- REÁTEGUI, E.G., (2010). Evaluación de la variabilidad genética de la castaña *Bertholletia excelsa* en la región de Madre de Dios mediante marcadores microsatélites. Tesis título profesional de bióloga. Universidad Nacional de San Agustín. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Escuela de Biología. Perú.
- RENWICK, A., L. DAVINSON, H. SPRATT, J. PATRICK-KING and M. KIMMEL, (2001). *DNA dinucleotide evolution in Humans: fitting theory to facts*. Genetics. 159: 737-747.

- REVIDATTI, F., J.C. TERRAES, J. RAFART, M. SINDIK y FERNÁNDEZ R., (2006). Análisis de la fase inicial del primer ciclo de postura de gallinas rubia INTA. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: V-019.
- REYNOLDS, J., B.S. WEIR, and C.C. COCKERHAM, (1983). *Estimation of the coancestry coefficient: basis for a short-term genetic distance*. *Genetics*, 105, 767-779.
- RIBAS, M., (1997). *Estudi comparat dels rendiments productius entre pollastres Prat tradicionals i millorats*. Trabajo Final de Carrera. *Escola Universitaria Politècnica de Osona*. Universidad de Vic.
- RICHARDS, F.J., (1959). *A flexible growth function for empirical use*. *J. Exp. Bot.* 10:290–300.
- RICKLEFS, R.E., (1967). *A graphical method of fitting equations to growth curves*. *J. Ecol.* 48:978–983.
- RICKLEFS, R.E., (1985). *Modification of growth and development of muscles in poultry*. *Poultry Sci.* 64:1563–1576.
- RIVERO, C.J., D. ROIS, M. FERNÁNDEZ, J.R. JUSTO, S. ADÁN y J. LAMA, (2007). Estudio del incremento de peso e índice de conversión de una población de Gallina de Mos. *Arch. Zootec.* 56 (Sup. 1): 529-534.
- RIVERO, C.J., C. LÓPEZ, M. FERNÁNDEZ, D. ROIS, J.R. JUSTO, S. ADÁN y J. LAMA, (2009). Determinación de la puesta anual en una población ex situ de Galiña de Mos. *Arch. Zootec.* 58 (Supl. 1): 525-528.
- ROCHAMBEAU (DE), H., F. FOURNET-HANOCQ and J. VU TIEN KHANG, (2000). *Measuring and managing genetic variability in small populations*. *Ann. Zootech.* 49: 77-93.
- RODERO, E. y M. HERRERA, (1998). El concepto de raza. Un enfoque epistemológico. Conferencia de apertura II Congreso Nacional de la Sociedad Española para los Recursos Genéticos Animales (SERGA). Mallorca. Actas. 5-14
- RODERO, E. y M. HERRERA, (2000). El concepto de raza. Un enfoque epistemológico. *Archivos de Zootecnia*, 49: 5-16.

- ROGERS, J.S., (1972). *Measures of genetic similarity and genetic distance*. En: Studies in Genetics VII. University of Texas Publication 7213, pp. 145-153.
- ROGERS, S.R., G.M. PESTI, and H.L. MARKS, (1987). *Comparison of three nonlinear regression models for describing broiler growth curves*. Growth 51: 229-239.
- ROIS, D., J.B. FEIJÓO, R. JUSTO, S. ADÁN, G. FERNÁNDEZ y H. POSE, (2002). Estudio sobre los aspectos productivos en puesta en una población de la raza Galiña de Mos. III Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. Madrid. 18-20 septiembre.
- ROIS, D., J.B. FEIJÓO, G. RIVERO, y M. FERNÁNDEZ, (2004). Análisis de varios aspectos reproductivos en la raza Galiña de Mos. IV Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales.
- ROIS, D., C.J. RIVERO, M. FERNÁNDEZ, J.R. JUSTO, C. LÓPEZ, J.M. LORENZO, J.J. LAMA, M.C. GARCÍA-FONTÁN, D. FRANCO, A. ARIAS, J. FEIJÓO, y S. ADÁN, (2011). Crecimiento de pollos Mos en diferentes estaciones del año: comparación con una estirpe industrial. Arch. Zootec. 60 (231): 329-332.
- ROMANOV, M.N., and S. WEIGEND, (2001). *Analysis of genetic relationships between various populations of domestic and jungle fowl using microsatellites markers*. Poult. Sci. 80:1057–1063.
- ROSENBERG, N.A., T. BURKE, K. ELO *et al.*, (2001). *Empirical evaluation of genetic clustering methods using multilocus genotypes from 20 chicken breeds*. Genetics, 159, 699–713.
- ROSENBERG, N.A., J.K. PRITCHARD, J.L. WEBER, H.M. CANN, K.K. KIDD, L.V. ZHIVOTOVSKY and M.W. FELDMAN, (2002). *Genetic structure of human populations*. Science, 298: 2381-2385.
- ROSENBERG, N.A., (2004). *Distruct: a program for the graphical display of population structure*. Molecular Ecology Notes 4: 137-138.
- RUANE, J.A., (1999). *Critical review of the value of genetic distance studies in conservation of animal genetic resources*. Journal of Animal Breeding and Genetics. 116: 317-323.

- RYCHLIK, W., W.J. SPENCER and R.E. RHOADS, (1993). *Optimization of annealing temperature for DNA amplification in vitro*. Nucleic Acid Research, Vol.18: 6409-6412.
- SAATCI, M. and M. TÜLKÜ, (2007). *Zoometrical Body Measurements and Their Relation with Live weight in Native Turkish Geese*. Turk. J. Vet. Anim. Sci. 31(1): 47-53.
- SABBIONI, A., P. SUPERCHI, A. BONOMI, A. SUMMER, and G. BOIDI, (1999). *Growth curves of intensively reared ostriches (Struthio camelus) in Northern Italy*. Proc. 50th EAAP Congress. July, 2000.
- SAITOU, N. and M. NEI, (1987). The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. Molecular Biology and Evolution. 4: 406-425.
- SAÍZ CADIÑANOS, C. (1997). Comportamiento productivo (producción de huevos) de la gallina Castellana Negra. Proyecto Fin de Carrera. E.U. I. Agrarias de Soria. Universidad de Valladolid.
- SÁNCHEZ, L., B. SÁNCHEZ, y B. FERNÁNDEZ, (2000). Programa de preservación de la Gallina de raza Mos en Galicia. Archivos de Zootecnia. 49: 77-80.
- SANG, J.H., (1962). *Analysis of the growth of selected lines of brown Leghorns*. 12th World's Poultry Cong., Sydney, Australia, 49-51.
- SANTESMASES, M., (2001). *DYANE Versión 2. Diseño y análisis de encuestas en investigación social y de mercados*. Madrid, Editorial: Ediciones Pirámide.
- SANTOS, J., A. MUÑOZ, P. JUEZ, y P. CORTIÑAS, (2003). *Diseño de encuestas para estudios de mercado*. Madrid, Editorial: Editorial Centro de Estudios Ramón Areces.
- SCHEFERT, B.D., (2000). *World Watch List for domestic animal diversity*. 3^a Edition. FAO/UNEP. Roma. 732 páginas.
- SCHEUERMANN, G.N., S.F. BILGILI, J.B. HESS, and D.R. MULVANEY, (2003). *Breast muscle development in commercial broiler chicken*. Poultry Science 82:1648-1658.
- SCHULZE, V., R. RÖHE, H. LOOFT and E. KALM, (2001). *Genetic analysis of the course of group-penned performance tested boars (in German Language)*. Arch. Tierz., Dummerstorf 44 (2001) 2, 139-136.

- SEGURA, J.C., (2003). Comportamiento de ocho híbridos comerciales de pollos de ceba, criados en el trópico mexicano en instalaciones abiertas y controladas ambientalmente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 37, núm. 4, 2003, pp. 409-414. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
- SENGUL, T. and S. KIRAZ, (2005). *Non-linear models of growth curves in large white turkeys*. *J. Vet. Anim. Sci.* 29, 331-337.
- SHALEV, B.A., and H. PASTERNAK, (1993). *Increment of egg weight with hen age in various commercial avian species*. *Br. Poult. Sci.* 34:915–924.
- SHANNON, R.E, (1975). *System Simulation: The Art & Science*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- SHE, J.X., M. AUTEM, G. KOTOULAS, N. PASTEUR and F. BONHOMME, (1987). *Multivariate analysis of genetic exchanges between solea aegyptiaca and solea senegalensis (teleosts, soleidae)*. *Biological Journal of the Linnean Society* 32: 357-371.
- SHRIVER, M.D., L. JIN, R. CHACRABORTY and E. BOERWINKLE, (1993). *VNTR Allele Frequency Distributions under the Stepwise mutation model: A computer simulation approach*. *Genetics* 134:983-993.
- SIEGEL, P.B., (1962). *Selection for body weight at eight weeks of age. 1. Short term responses and heritabilities*. *Poultry Sci.* 41:954–962.
- SIEGEL, P.B., A. HABERFELD, T.K. MUKHERJEE, L.C. STALLARD, H.L. MARKS, N.B. ANTHONY, and E.A. DUNNINGTON, (1992). *Jungle fowl-domestic fowl relationships: A use of DNA fingerprinting*. *World's Poult. Sci. J.* 48:147–155.
- SIERRA ALFRANCA, I., (2001). El concepto de raza evolución y realidad. *Archivos de Zootecnia*. Volumen 50, Num. 192: 547-564.
- SINGH, S.S., S.K. VERMA, A.G. KHAN and A.K. SHRIVASTAVA, (1989). *Studies in genetic variability in juvenile body weight and sexual dimorphism in layer type chicken*. *Indian J. Poultry Sci.* 24 (4) 308-310.
- SLATKIN, M., (1995). *A measure of population subdivision based on microsatellite allele frequencies*. *Genetics* 139: 457-462.

- SMITH, J.S.C., E.C.L. CHIN, H. SHU, O.S. SMITH, S.J. WALL, M.L. SENIOR, S.E. MITCHELL, S. KRESOVITCH and J. ZIEGLE, (1997). *An evaluation of the utility of SSR loci as molecular markers in maize (Zea mays L.): Comparisons with data from RFLPs and pedigree*. Theor Appl Genet 95: 163–173.
- SOLIGNAC, M., D. VAUTRIN, E. BAUDRY, F. MOUGEL F, A. LOISEAU and J.M. CORNUET, (2004). *A microsatellite-based linkage map of the honeybee, Apis mellifera L.* Genetics 167: 253-262.
- SOMES, R.G., (1978). *Register of Poultry Genetic Stocks. The University of Connecticut.*
- SNEATH, P.H.A. and H.H. SOKAL, (1973). *Numerical taxomomy*. Ed. Freeman. San Francisco.
- SORENSEN, P., T. AMBROSEN, and A. PETERSEN, (1980). *Scandinavian selection and crossbreeding experiment with laying hens. IV. Results from the Danish part of the experiment*. Acta Agric. Scand. 30:288–308.
- SPEEDING, C.R.W, (1988). *General Aspects of modeling and its application in livestock production. En: Kover s. and Van Arendonk J.A.M (eds) Modelling of livestock Production Systems*. Kluwer, Dordrecht, for the CEC, 3-9.
- STALLINGS, R. L., A.F. FORD, D. NELSON, D.C TORNEY , C.E. HILDEBRAND and R. K. MOYZIS, (1991). *Evolution and distribution of (GT)_n repetitive sequences in mammalian genomes*. Genomics. 10,807-815.
- STEPHENS, J.D., D. BRISCOE and S.J. O'BRIEN, (1994). *Mapping admixture linkage disequilibrium in human populations: limits and guidelines*. Am. J. Hum. Genet. 55: 809-824.
- TADANO, R., M. SEKINO, M. NISHIBORI, and M. TSUDZUKI, (2007). *Microsatellite marker analysis for the genetic relationships among Japanese long-tailed chicken breeds*. Poult. Sci. 86:460–469.
- TAKAHASHI, H., K. NIRASAWA, Y. NAGAMINE, M. TSUDDZUKI, and Y. YAMAMOTO, (1998). *Genetic relationships among Japanese native breeds of chicken based on microsatellite DNA polymorphisms*. J. Hered. 89:543–546.

- TAKAHASHI, H. and A. NAKAMURA, (2007). *Genetic Diversity and Differentiation of the Nagoya Breed inferred from Microsatellite DNA Polymorphisms*. The Journal of Poultry Science, 44,135-140.
- TAKAHASHI, K. and M. NEI, (2000). *Efficiencies of fast algorithms of phylogenetic inference under the criteria of maximum parsimony, minimum evolution, and maximum likelihood when a large number of sequences are used*. Molecular Biology and Evolution 17: 1251-1258.
- TAKEZAKI, N., and M. NEI, (1996). *Genetic distances and reconstruction of phylogenetic trees from microsatellite DNA*. Genetics 144:389–399.
- TAMURA, K., J. DUDLEY, M. NEI and S. KUMAR, (2007). *MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0*. Molecular Biology and Evolution 24:1596-1599. (Publication PDF).
- TAMURA, K., J.D. PETERSON, N. PETERSON, G. STECHER, M. NEI and S. KUMAR, (2011). *MEGA 5: Molecular evolutionary Genetics Analysis using Maximum Likelihood, Evolutionary Distance, and Maximum Parsimony methods*. Molecular Biology and Evolution 28: 2731-2739. (Publication in PDF).
- TAUTZ, D. and M. RENZ, (1984). *Simple sequences are ubiquitous repetitive components of eukaryotic genomes*. Nucleic Acids Res. 12: 4127-4138.
- TAUTZ, D., (1989). *Hypervariability of simple sequences as a general source for polymorphic DNA markers*. Nuc. Acids. Res. 17:4127–4138.
- TAUTZ, D. and C. SCHLOTTERER, (1994). *Simple sequences*. Current Opinion in Genetics and Development. 4: 832-837.
- TEJEDOR, M.T., L.V. MONTEAGUDO, y M.V. ARRUGA, (1999). *Análisis electroforético de 10 loci enzimáticos en perdices rojas (Alectoris rufa) mantenidas en cautividad*. Archivos de Zootecnia, 48, 175-186.
- TERRAES, J.C., J. RAFART, F. REVIDATTI, M. SINDIK y C. ROLLET, (2006). *Variables productivas durante el primer ciclo de postura en gallinas Rubia INTA*. Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: V-025.

- THIEVEN, U., S. SOLINAS-TOLDO, R. FRIEDL, J. MASABANDA, R. FRIES, W. BARENDSE, D. SIMON and B. HARLIZIUS, (1997). *Polymorphic ca-microsatellites for the integration of the bovine genetic and physical map*. Mammalian Genome 8: 52-55.
- THI, KIM CUC N., (2010). *Vietnamese local chicken breeds: genetic diversity ad prioritising breeds for conservation*. Thesis to obtain PhD in the international PhD program for Agricultural Sciences in Göttingen.
- TURTON, J.D., (1974). *The collection storage and dissemination of information on breeds of livestock*. En: Proceedings 1st World Congress on Genetic and Applied Livestock Production. Vol II: 61-74. Madrid.
- TZENG, R.Y., and W.A. BECKER, (1981). *Growth patterns of body and abdominal fat weights in male broiler chickens*. Poult. Sci. 60: 1101–1106.
- UGARTE, E. y E. URARTE, (1997). Situación actual y perspectivas de la Euskal Oiloa en el País Vasco. Comunicaciones de las II Jornadas de Etnología Avícola (II). Arte Avícola, 19: 17-19.
- VAIMAN, D., D. MERCIER, K. MOAZAMI-GOUDARZI, A. EGGEN, R. CIAMPOLINI, A. LEPINGLE, R. VELMALA, J. KAUKINEN J, S.L. VARVIO, P. MARTIN, H. LEVEZIEL and G. GUERIN, (1994). *A set of 99 cattle microsatellites - characterization, syntenic mapping, and polymorphism*. Mammalian Genome 5:288-297.
- VAN DER HORST, F., (1994). *L'élevage du poulet label jaune en sexes*. Separés. Sci. Tech.Avic. 7 36-42.
- VAN OOSTERHOUT, C., W.F. HUTCHINSON, D.P.M. WILLS and P.F. SHIPLEY, (2004). MICRO-CHECKER: *Software for identifying and correcting genotyping errors in microsatellite data*. Mol. Ecol. notes 4: 535-538.
- VANCE, J.F. and K.M. OTHMANE, (1998). *Methods of genotyping*. In: Haines, J.L., Pericak-Vance, M.A. eds. Approaches to gene mapping in complex human diseases. A John Wiley & Son, Inc., Publication. NY. pp 213-228.

- VANHALA, T., M. TUISKULA-HAARISTO, K. ELO, J. VILKKI, and A.MAKI-TANILA, (1998). *Evaluation of genetic variability and genetic distances between eight chicken lines using microsatellite markers*. Poultr. Sci. 77:783–790.
- VILLALBA, D., M.D. CUBILÓ, M. TOR, X. SOLANES, E. MOLINA, A. FRANCESCH, y J. ESTANY, (2001). Diferencias de crecimiento entre dos líneas de gallinas de raza Penedesenca Negra y un broiler. ITEA. IX Jornadas sobre Producción Animal. Volumen Extra, Número 22. Tomo I. pp: 93-95.
- VILLALBA, D., A. FRANCESCH, A. PONS, J. BUSTAMANTE, M. ESPADAS, V. SANTOJA y D. CUBILÓ, (2005). Caracterización del crecimiento en una población de gallinas de Menorca. ITEA, 26 (1): 285-287.
- VILLALBA, D., A. FRANCESCH, A. PONS, J. BUSTAMANTE, M. ESPADAS, V. SANTONJA, y D. CUBILÓ, (2005) .Caracterización productiva de la gallina Menorca. XI Jornadas sobre producción animal. Zaragoza.
- VILLALBA, D., A. FRANCESCH, A. PONS, J. BUSTAMANTE, M. ESPADAS, V. SANTOJA y D. CUBILÓ, (2007). Resultados de puesta y crecimiento de una población de gallinas de raza Menorca. Archivos de Zootecnia Vol. 56 Sup 1: 5456 – 550.
- VON ROSEN, D., (1991). *The growth curve model: a review*. Comm. Stat.: theory and methods 20 (1991), 2791-2822.
- VOS, P., R.M. BLEEKER, M. REIJANS, T. VAN DE LEE, M. HORNES, A. FRIJTERS, J. POT, J. PELEMAN, M. KUIPER ET AL., (1995). *AFLP: a new technique for DNA fingerprinting*. Nucleic Acids Res. Nov 11;23(21):4407-14.
- VUILLIER, G., (1893). *Les îles oubliées*, París, Hachette. (Trad. Parcial catalana: *Les illes oblidades. Viatge a les Balears*, Palma de Mallorca, Moll, 1973).
- WALLACH, D., J.M. ELSEN, and J.L. CHARPENTEAU, (1984). *Maintenance energy requirements of grazing sheep: a detailed comparison between models*. Agricultural Systems, 15:1-22.
- WEATHERUP, S.T.C., and W.H. FOSTER, (1980). *A description of the curve relating egg weight and age of hen*. Br. Poultr. Sci.21:511–519.

- WEBER, J.L. and P.E. MAY, (1989). *Abundant class of human DNA polymorphism which can be typed using the polymerase chain reaction*. Am. J. Hum. Genet. 44: 388-396.
- WEINBERG, W., (1908). *Über den Nachweis der Vererbung beim Menschen*. Jh. Ver. Vaterl Naturk. 64: 369-382.
- WEIR, B.S. and C.C. COCKERHAM, (1984). *Estimating F-statistics for the analysis of population structure*. Evolution. 38: 1358-1370.
- WEIR, B.S., (1996). *Genetic Data Analysis II. Methods for discrete population genetic data*. Massachusetts: Sinauer Associates, 445 páginas.
- WILSON, B.J., (1977). *Growth curves: Their analysis and use*. Pages 89–115 in Growth and Poultry Meat Production. K. N. Boorman, and B. J. Wilson, ed. Br. Poult. Sci. Ltd., Edinbrough, UK.
- WIMMERS, K., S. PONSUKSILI, T. HARDGE, A. VALLE-ZARATE, P.K. MATHUR and P. HORST, (2000). *Genetic distinctness of African, Asian and South American local chickens*. Animal Genetics, 31,159-165.
- WINTER, A.K., M. FREDHOLM and P.D. THOMSEN, (1992). *Variable (dG-dT)_n (dC-dA)_n sequences in the porcine genome*. Genomics 5: 382-384.
- WRIGHT, L., (1902). Minorca. *The New Book of the Poultry*.
- WRIGHT, S., (1921). *Systems of mating*. Genetics 6: 111-178.
- WRIGHT, S., (1939). *The distribution of self-sterility alleles in populations*. Genetics. 24: 538-552.
- WRIGHT, S. 1965. *Interpretation of population structure by Fstatistics with special regard to system of mating*. Evolution.19: 395-420.
- YA-BO, Y., W. JIN-YU, D.M. MEKKI, T. QING-PING, L. HUI-FANG, G. RONG, G. QING-LIAN, Z. WEN-QI and C. KUAN-WEI, (2006). *Evaluation of Genetic Diversity and Genetic Distance between twelve Chinese Indigenous Chicken Breeds Based on Microsatellite Markers*. International journal of Poultry Science 5 (6): 550-556.

- YAKUBUKU, A., (2009). *An Assessment of sexual dimorphism in African Muscovy Ducks (Cairina Moschata) using Morphological Measurements and Discriminant Analysis*. IV World Waterfowl Conference, 11-13 November, Thrissur, India.
- YAKUPOGLU, C. and H. ATIL, (2001). *Comparison of growth curve models on Broilers*. II. Comparison of models. *Online J. Biol. Sci.* 1 (7), 682-684.
- YANG, Y., D.M. MEKKI, S.J. LU, J.H. YU, L.Y. WANG, K. Z. XIE, and G.J. DAI, (2006). *Canonical correlation analysis of body weight, body measurements and carcass characteristics of Jinghai Yellow Chicken*. *J. Anim. And Vet. Advances* 5 (11): 980-984.
- ZELENKA, D.J., E.A. DUNNINGTON and P.B. SIEGEL, (1986). *Growth to sexual maturity of dwarf and non-dwarf White Rock chicken divergently selected for juvenile body weight*. *Theor. Appl. Genet.*, 73, 61-65.
- ZANETTI, E., M. DE MARCHI, C. DALVIT and M. CASSANDRO, (2010). *Genetic characterization of local Italian breeds of chickens undergoing in situ conservation*. *Poult Sci* 89:420-427.
- ZHANG, X., F.C. LEUNG, D.K. CHAN, G. YANG, and C. WU, (2002). *Genetic diversity of Chinese native chicken breeds based on protein polymorphism, randomly amplified polymorphic DNA, and microsatellite polymorphism*. *Poult. Sci.* 81:1463–1472.
- ZHOU, H., and S.J. LAMONT, (1999). *Genetic characterization of biodiversity in highly inbred chicken lines by microsatellite markers*. *Anim. Genet.* 30:256–264.

7.ANEXOS.

Anexo 7.1. Tabla de correlación de la raza Ibicenca.

	pes	mo	env	lc	ac	lcr	acr	lo	ao	lp	ap	lor	aor	lb	ab	lcu	ld	lco	lq	anp	lap	lm	lt	dtap	dtlm	ldm
pes	1.00																									
mo	0.40	1.00																								
env	0.52	0.65	1.00																							
lc	0.11	0.04	0.13	1.00																						
ac	0.27	0.27	0.32	0.18	1.00																					
lcr	0.53	0.37	0.15	0.06	0.05	1.00																				
acr	0.38	0.32	0.08	0.13	-0.03	0.79	1.00																			
lo	0.33	0.36	0.25	-0.02	-0.09	0.14	0.16	1.00																		
ao	0.23	0.00	-0.05	0.11	-0.18	0.32	0.24	0.43	1.00																	
lp	0.48	0.32	0.45	0.25	0.53	0.32	0.30	-0.11	0.13	1.00																
ap	0.44	0.21	0.33	0.18	0.20	-0.06	-0.04	-0.02	-0.02	0.39	1.00															
lor	0.16	0.00	0.31	-0.12	-0.01	0.08	-0.02	0.03	-0.24	-0.07	0.15	1.00														
aor	0.24	0.36	0.10	0.08	-0.10	0.44	0.36	0.10	0.02	0.17	0.09	0.06	1.00													
lb	0.23	0.20	0.18	-0.24	-0.08	0.54	0.47	0.05	0.03	-0.09	-0.19	0.29	0.30	1.00												
ab	0.49	0.22	0.33	0.03	0.20	0.63	0.40	0.02	0.09	0.25	-0.04	0.31	0.31	0.58	1.00											
lcu	0.14	0.25	0.29	0.18	0.13	0.24	0.19	-0.09	0.00	0.28	0.35	0.37	0.14	0.10	0.22	1.00										
ld	0.27	0.12	0.22	0.39	0.09	0.06	0.21	0.25	-0.09	0.14	0.16	0.25	0.06	-0.13	0.21	0.08	1.00									
lco	0.28	0.55	0.20	0.11	0.20	0.34	0.20	0.17	0.13	0.21	-0.01	-0.45	0.05	-0.03	0.01	-0.14	-0.20	1.00								
lq	0.17	0.56	0.61	-0.10	0.35	0.09	0.11	0.15	-0.46	0.30	-0.01	0.28	0.28	0.18	0.28	0.01	0.24	0.13	1.00							
anp	0.03	-0.36	-0.36	0.05	-0.09	-0.25	-0.09	-0.23	-0.15	-0.02	0.19	-0.25	-0.26	-0.33	-0.44	-0.15	-0.03	-0.07	-0.31	1.00						
lap	0.55	0.53	0.68	-0.07	0.45	0.26	0.11	0.27	-0.06	0.46	0.15	0.33	0.08	0.22	0.45	0.31	0.20	0.18	0.58	-0.19	1.00					
lm	0.43	0.51	0.68	0.14	0.30	0.22	0.08	0.20	-0.13	0.23	0.17	0.25	0.18	0.26	0.52	0.32	0.28	0.03	0.43	-0.42	0.56	1.00				
lt	0.45	0.37	0.67	0.22	0.35	0.10	0.03	0.18	-0.17	0.25	0.32	0.39	0.18	0.26	0.41	0.35	0.17	-0.07	0.41	-0.23	0.61	0.65	1.00			
dtap	0.51	0.36	0.43	-0.07	0.15	0.18	0.05	0.11	0.16	0.50	0.43	0.12	0.39	0.05	0.32	0.06	0.14	0.08	0.30	-0.26	0.32	0.44	0.39	1.00		
dtlm	0.35	-0.03	0.29	0.00	0.30	0.02	-0.03	-0.06	-0.07	0.39	0.31	0.34	0.08	-0.22	0.20	-0.08	0.50	0.00	0.33	-0.09	0.27	0.11	0.09	0.44	1.00	
ldm	0.30	0.36	0.26	-0.23	0.10	0.04	-0.03	0.24	0.01	0.07	0.23	0.12	0.13	0.17	0.22	0.15	0.26	-0.13	0.26	-0.13	0.40	0.36	0.39	0.53	0.11	1.00

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

p<0,001; **0,01<p<0,001**; **0,01<p<0,05**

Anexo 7.2. Tabla de correlación de la raza Menorca.

	pes	mo	env	lc	ac	lcr	acr	lo	ao	lp	ap	lor	aor	lb	ab	lcu	ld	lco	lq	anp	lap	lm	lt	dtap	dtlm	ldm
pes	1.00																									
mo	0.48	1.00																								
env	0.39	0.45	1.00																							
lc	0.33	0.09	-0.10	1.00																						
ac	0.42	0.29	-0.02	0.68	1.00																					
lcr	0.50	0.50	0.32	0.06	0.26	1.00																				
acr	0.57	0.43	0.20	0.09	0.27	0.89	1.00																			
lo	0.18	0.47	0.50	-0.25	-0.19	0.30	0.20	1.00																		
ao	0.10	0.08	0.08	0.26	0.26	-0.05	-0.07	0.10	1.00																	
lp	-0.09	-0.04	0.11	0.08	0.02	-0.29	-0.29	0.11	0.30	1.00																
ap	-0.26	0.13	0.05	0.11	0.30	-0.05	-0.13	0.10	0.47	0.37	1.00															
lor	0.63	0.51	0.30	0.14	0.26	0.36	0.39	0.16	0.22	0.02	-0.10	1.00														
aor	0.41	0.29	0.15	0.10	0.27	0.25	0.37	0.05	0.20	0.04	-0.01	0.63	1.00													
lb	0.68	0.47	0.21	0.00	0.16	0.60	0.81	0.33	0.03	-0.18	-0.25	0.60	0.47	1.00												
ab	0.25	0.11	-0.22	-0.02	0.07	0.45	0.61	0.20	-0.15	-0.33	-0.22	0.01	0.05	0.60	1.00											
lcu	0.11	0.02	0.22	-0.08	-0.10	0.00	-0.03	0.17	0.04	-0.05	-0.04	-0.08	-0.01	-0.10	-0.01	1.00										
ld	0.35	0.40	0.39	0.02	0.14	0.37	0.28	0.06	0.07	-0.02	-0.14	0.34	0.12	0.32	-0.02	-0.33	1.00									
lco	0.17	0.62	0.19	0.06	0.08	0.22	0.25	0.35	-0.05	-0.10	0.16	0.14	-0.04	0.18	0.18	0.12	-0.20	1.00								
lq	0.02	-0.12	-0.02	-0.06	-0.06	-0.03	-0.06	-0.17	0.05	-0.09	-0.02	0.04	0.07	-0.04	-0.11	0.01	0.19	-0.26	1.00							
anp	0.10	0.17	0.25	0.10	0.12	0.06	0.06	0.21	0.16	0.04	0.10	0.16	0.09	0.07	-0.05	0.21	-0.06	0.15	-0.80	1.00						
lap	0.25	0.40	0.67	-0.13	0.01	0.12	-0.01	0.45	0.20	0.04	0.16	0.19	0.01	0.08	-0.17	0.25	0.34	0.09	-0.20	0.41	1.00					
lm	0.48	0.37	0.41	0.29	0.41	0.28	0.31	0.37	0.25	-0.03	0.22	0.26	0.15	0.28	0.08	0.25	0.23	0.23	-0.08	0.35	0.50	1.00				
lt	0.46	0.37	0.57	0.25	0.32	0.29	0.31	0.21	0.20	-0.03	0.08	0.44	0.51	0.31	-0.02	0.31	0.08	0.18	-0.03	0.34	0.34	0.63	1.00			
dtap	0.28	0.15	0.26	0.39	0.41	0.00	0.05	0.09	0.41	-0.10	0.24	0.34	0.25	0.12	-0.19	0.16	0.05	-0.03	0.22	0.03	0.12	0.37	0.37	1.00		
dtlm	0.03	0.03	0.15	-0.11	-0.05	-0.04	-0.22	0.17	0.15	0.07	0.17	-0.04	-0.15	-0.14	-0.10	0.16	-0.13	-0.01	0.19	-0.22	0.00	0.02	0.04	0.32	1.00	
ldm	0.46	0.27	0.46	-0.01	0.30	0.15	0.27	0.29	0.13	-0.11	-0.01	0.22	0.24	0.24	0.03	0.24	0.32	-0.06	-0.17	0.36	0.60	0.40	0.42	0.14	-0.01	1.00

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

p<0,001; **0,01<p<0,001**; **0,01<p<0,05**

Anexo 7.3. Tabla de correlación de la raza Mallorquina.

	pes	mo	env	lc	ac	lcr	acr	lo	ao	lp	ap	lor	aor	lb	ab	lcu	ld	lco	lq	anp	lap	lm	lt	dtap	dtlm	ldm
pes	1.00																									
mo	0.11	1.00																								
env	0.19	0.36	1.00																							
lc	0.21	0.00	0.05	1.00																						
ac	0.42	-0.16	0.07	-0.03	1.00																					
lcr	0.71	0.04	0.09	0.26	0.23	1.00																				
acr	0.69	-0.01	0.01	0.24	0.28	0.78	1.00																			
lo	0.13	0.07	0.06	-0.10	0.31	0.06	0.02	1.00																		
ao	0.07	-0.03	0.19	0.09	0.22	0.07	0.12	0.15	1.00																	
lp	0.13	-0.05	0.25	-0.15	0.26	0.09	0.20	0.24	0.36	1.00																
ap	0.24	-0.11	0.19	0.00	0.10	0.35	0.30	0.25	0.19	0.43	1.00															
lor	0.22	0.23	-0.15	0.04	0.13	0.28	0.28	0.02	-0.02	-0.15	0.01	1.00														
aor	-0.06	-0.08	0.12	-0.29	0.18	-0.05	0.00	0.10	0.03	0.01	-0.15	0.09	1.00													
lb	0.47	0.17	0.11	0.33	-0.02	0.58	0.41	0.15	-0.01	-0.13	0.01	0.03	-0.01	1.00												
ab	0.57	0.09	0.29	0.36	0.14	0.61	0.45	0.37	0.27	0.12	0.29	0.01	0.11	0.67	1.00											
lcu	0.28	0.15	0.03	-0.13	0.09	0.34	0.15	0.51	0.03	0.11	0.27	0.17	0.08	0.29	0.35	1.00										
ld	0.26	0.16	0.00	0.25	-0.12	0.18	0.12	0.23	-0.02	-0.12	-0.05	0.22	0.02	0.38	0.28	0.68	1.00									
lco	0.13	0.55	0.29	0.33	-0.15	-0.13	-0.17	-0.18	0.06	-0.22	-0.25	0.07	-0.20	0.01	-0.03	-0.26	-0.06	1.00								
lq	0.56	0.17	0.24	0.18	0.20	0.42	0.62	0.15	0.11	0.27	0.28	0.07	-0.23	0.15	0.34	-0.01	-0.11	0.02	1.00							
anp	-0.22	-0.12	0.08	-0.09	0.02	-0.18	-0.19	0.09	-0.03	0.15	-0.02	-0.09	-0.07	-0.03	-0.11	-0.04	-0.10	0.02	0.07	1.00						
lap	0.12	0.02	0.53	-0.04	0.01	-0.02	-0.05	0.00	0.06	-0.05	0.09	0.00	-0.02	0.00	-0.02	-0.14	0.05	0.27	0.16	0.14	1.00					
lm	0.33	0.33	0.55	0.02	0.09	0.19	0.23	0.04	0.07	0.17	0.25	0.27	0.07	-0.02	0.08	0.05	-0.02	0.11	0.39	-0.05	0.41	1.00				
lt	0.61	0.22	0.41	0.12	0.38	0.33	0.35	0.19	0.01	0.28	0.18	0.18	0.12	0.24	0.26	0.26	0.23	-0.12	0.25	0.03	0.21	0.47	1.00			
dtap	0.42	0.18	0.40	0.08	0.20	0.27	0.30	0.11	0.10	0.20	0.23	0.01	0.06	0.18	0.35	0.15	-0.01	0.07	0.22	-0.26	0.15	0.55	0.48	1.00		
dtlm	0.30	0.28	0.09	0.11	0.15	0.10	0.14	0.30	0.15	0.12	0.28	0.16	-0.11	0.05	0.14	0.02	0.00	0.01	0.27	-0.35	-0.03	0.50	0.22	0.30	1.00	
ldm	0.16	0.12	0.34	0.36	-0.16	0.12	0.23	-0.04	-0.12	-0.05	0.05	0.15	-0.05	0.20	0.15	-0.12	-0.02	0.15	0.31	-0.03	0.23	0.37	0.28	0.08	0.24	1.00

Las diferencias significativas se muestran en función del color según la siguiente escala:

$p < 0,001$; $0,01 < p < 0,001$; $0,01 < p < 0,05$