

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA



Trabajo Fin de Grado para la obtención del título de graduado en Ingeniería Agroalimentaria y de los Sistemas Biológicos, mención en Ingeniería de las Industrias Alimentarias.

Adición de *Portulaca oleracea* L. a la alimentación de gallinas murcianas para la obtención de huevos enriquecidos

Cartagena, septiembre de 2015



AUTOR: Paloma Martínez Martínez

DIRECTOR: Encarnación Conesa Gallego

DEPARTAMENTO: Producción vegetal

CODIRECTOR: Eva Armero Ibáñez

DEPARTAMENTO: Ciencia y tecnología agraria

AGRADECIMIENTOS

Agradezco su colaboración a todos los que han hecho posible este trabajo:

En primer lugar, a las profesoras Dña Arantxa Aznar Samper, Dña María José Vicente Colomer, Dña Asunción Iguaz Gaínza, Dña Encarnación Conesa Gallego y Dña Eva Armero Ibáñez, especialmente a las dos últimas, por su tutela y gran ayuda en este trabajo incluso en los más calurosos días de las vacaciones.

En segundo lugar, a Diego Óscar Martínez Martínez, compañero y colaborador, cuyo trabajo ha sido indispensable para que este trabajo llegase a término.

Finalmente quiero dar las gracias a mi familia y amigos, por su paciencia y apoyo incondicionales.

RESUMEN

Ante el creciente interés de los consumidores por cuidar su salud a través de mejoras en sus hábitos alimenticios, cada vez más industrias alimentarias han incluido en su cartera de productos alimentos que cumplen una función adicional a la nutritiva al tener un efecto beneficioso o preventivo sobre la salud. Es por esto que el consumo de alimentos funcionales se ha disparado durante la última década, ofreciendo nuevas oportunidades a los productores del sector primario y secundario.

La industrialización y las prácticas de agricultura y ganadería modernas han reducido considerablemente la cantidad de ácidos grasos omega 3 e incrementado la cantidad de ácidos grasos omega 6 de muchos alimentos, alterando la proporción en que ambos se encontraban de forma natural. Como consecuencia, existe un desequilibrio en el ratio omega6:omega3 de la dieta de las sociedades más desarrolladas, que desencadena y contribuye al desarrollo de enfermedades, cardiovasculares principalmente, que actualmente acaparan buena parte del gasto público en sanidad.

Los productos enriquecidos en ácidos grasos omega 3 tienen ya su hueco en el mercado de los productos funcionales, principalmente en forma de leche, leches fermentadas y huevos. En los dos primeros casos, el proceso por el cual los ácidos grasos omega 3 llegan al producto es bastante intuitivo: pueden extraerse de sus fuentes naturales y añadirse al producto final, pero en el caso del huevo, la única forma hasta ahora conocida es la inclusión en la dieta de las gallinas de alimentos ricos en ácidos grasos omega 3.

Se han llevado a cabo numerosos estudios que prueban que se puede conseguir un incremento de los ácidos grasos omega 3 de la yema del huevo a partir de la inclusión en la dieta de fuentes vegetales (como la chía, la linaza o la soja) o animales (aceites de pescado) de omega 3.

En este trabajo se suministró *P.oleracea* deshidratada a la dieta de gallinas de raza Murciana al nivel de inclusión del 4% para comprobar si a través de este cultivo ruderal es posible la obtención de huevos enriquecidos en omega 3, y sus posibles efectos sobre la calidad organoléptica del huevo. La dieta con verdolaga modificó las características generales, organolépticas y nutricionales del huevo. Incrementó la proporción en peso de la cáscara y de la fracción grasa de la yema, mejoró la aceptación global y la apariencia general de los huevos cocidos, y modificó las características sensoriales tanto de la yema como de la clara en los huevos cocidos. También produjo una mejora en la calidad

nutricional de la yema, ya que modificó el perfil de ácidos grasos incrementando su contenido en ácidos grasos omega 3, principalmente DHA; y reduciendo el ratio n6/n3 y el porcentaje de ácidos grasos saturados.

Paralelamente, el presente proyecto persiguió promover la biodiversidad de la Región de Murcia a través de la revalorización de dos especies autóctonas, la verdolaga, con alto valor nutricional por su contenido en ácidos grasos omega 3, y la gallina Murciana, en peligro de extinción, con el fin de obtener productos de calidad.

CONTENIDO

1	Introducción	1
1.1	Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: características, fuentes y consumo .	1
1.1.1	La importancia del ratio omega-6/omega-3 en la dieta	2
1.1.2	Efectos cardiovasculares y beneficiosos de los ácidos grasos omega-3	3
1.2	La verdolaga: <i>Portulaca oleracea</i> L.	5
1.2.1	Clasificación.....	5
1.2.2	Descripción	6
1.2.3	Hábitat y ecología.....	7
1.2.4	Usos tradicionales de la verdolaga	8
1.2.5	Composición química y valor nutricional de <i>P. oleracea</i> L.	9
1.2.6	Interés comercial de la verdolaga	10
1.3	Alimentos funcionales	10
1.4	El huevo	13
1.4.1	Estructura y composición	16
1.4.1	Valor nutricional	16
1.4.2	Consumo	18
1.4.3	El mercado español de los huevos	18
1.5	Antecedentes de enriquecimiento de huevos en ácidos grasos n3 a través de la dieta de las gallinas ponedoras	21
1.5.1	Estabilidad oxidativa de los huevos enriquecidos	24
1.6	La gallina de raza Murciana.....	24
1.6.1	Descripción productiva de la gallina murciana	26
2	Objetivos	28
3	Materiales y métodos	29
3.1	Material vegetal	29
3.1.1	Cultivo de la verdolaga.....	29
3.1.2	Preparación para su suministro.....	30
3.1.3	Análisis de ácidos grasos de <i>P.oleracea</i>	30

3.2	Material animal	30
3.2.1	Suministro del alimento.....	30
3.3	Muestreo y procesado de los huevos	31
3.3.1	Características de los huevos.....	31
3.3.2	Caracteres organolépticos.....	32
3.3.3	Perfil de ácidos grasos.....	33
3.4	Análisis estadístico.....	37
4	Resultados y discusión.....	39
4.1	Material vegetal: perfil de ácidos grasos de la <i>P. oleracea</i>	39
4.2	Efectos sobre las características del huevo	42
4.3	Efectos sobre características sensoriales.....	43
4.3.1	Color.....	43
4.3.2	Cata	46
4.4	Perfil de ácidos grasos	52
5	Estudios de viabilidad económica	57
5.1	Comparación de alternativas de razas de gallinas ponedoras, del tipo de explotación, y del tipo de dieta	57
5.2	Evaluación financiera de una explotación ecológica de gallinas híbridas alimentadas con <i>P.oleracea</i> deshidratada en su ración.....	59
6	Conclusiones.....	63
7	Bibliografía.....	64
8	Anexos.....	69
	Anexo I: Composición química y valor nutricional del huevo.....	69
	Anexo II: Estándar racial y calificación morfológica de la gallina Murciana recogidas en el anexo III del Decreto nº 129/2010	71
	Anexo III: Ficha de cata	74
	Anexo IV: Cromatograma del estándar de ácidos grasos Supelco 37 Component FAME Mix.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ácidos grasos omega 3 y omega 6.....	1
Tabla 2. Clasificación taxonómica de <i>Portulaca oleracea</i> L.	5
Tabla 3. Ecología de <i>P. oleracea</i>	7
Tabla 4. Tipos de alimentos funcionales comercializados en España y sus componentes funcionales.....	12
Tabla 5. Consumo y gasto en huevos de gallina en los hogares, 2013	20
Tabla 6. Información nutricional por kilogramo de pienso base para la alimentación de las gallinas.	31
Tabla 7. Condiciones de trabajo de la cromatografía de gases.	35
Tabla 8. Lista de ácidos grasos determinados mediante cromatografía de gases: ácidos grasos saturados.....	36
Tabla 9. Resultados del perfil de ácidos grasos de la verdolaga completa y de tallos y hojas. Resultados en % respecto al total de ácidos grasos.	39
Tabla 10. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre la composición porcentual de las distintas partes del huevo y sobre el porcentaje de la fracción grasa de la yema.	43
Tabla 11. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la yema y de la clara de huevos cocidos.....	44
Tabla 12. Perfil de ácidos grasos del huevo en porcentaje relativo al total de ácidos grasos.....	52
Tabla 13. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el perfil de ácidos grasos de la yema: porcentaje de ácidos grasos sobre el total de ácidos grasos.	54
Tabla 14. Comparación de alternativas: cálculo aproximado del beneficio anual obtenido de la explotación de gallinas ponedoras en cinco modalidades diferentes, en €/gallina y €/docena.....	58
Tabla 15. Presupuesto de ejecución aproximado para una explotación ecológica de 400 gallinas ponedoras híbridas alimentadas con <i>P.oleracea</i> (4%) en su ración.....	60
Tabla 16. Ingresos y gastos aproximados anuales de la explotación.	61
Tabla 17. Proporción y porcentaje de materia seca de los componentes del huevo.	69
Tabla 18. Composición química de los componentes del huevo.	69
Tabla 19. Composición química de los componentes del huevo.	69

Tabla 20. Composición mineral de los componentes del huevo, mg/100g de huevo fresco.	70
Tabla 21. Composición vitamínica de los componentes del huevo (/100g de huevo fresco).....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Series de ácidos grasos poliinsaturados y rutas metabólicas de eicosanoides.	4
Fig. 2. <i>Portulaca oleracea</i> subsp. <i>oleracea</i> . a) hábito; b) hoja; c) cima floral; d) flor cleistógama; e) sección de una flor cleistógama; f) flor abierta mostrando la corola; g) pixidio abriéndose.....	6
Fig. 3. Detalle de la flor de <i>P.oleracea</i>	7
Fig. 4. Estructura del código de clasificación marcado en el huevo.....	15
Fig. 5. Estructura del huevo.....	16
Fig. 6. Aporte nutricional por huevo (50g).....	17
Fig. 7. Ejemplos de huevos enriquecidos en ácidos grasos comercializados por tres empresas diferentes.	23
Fig. 8. Esquema del marco de plantación del material vegetal utilizado.	29
Fig. 9. Eggtimer	32
Fig. 10. Reacción de formación de ésteres metílicos de los ácidos grasos.....	34
Fig. 11. Carta de color de la yema de huevo según el índice Roche Fan.	45
Fig. 12. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre las características sensoriales de la yema y de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata: aceptación global.....	46
Fig. 13. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre las características sensoriales de la yema y de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata: apariencia general.....	47
Fig. 14. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	47
Fig. 15. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el aroma de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	48
Fig. 16. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre textura de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las	

valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	48
Fig. 17. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el sabor de la yema. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	49
Fig. 18. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	49
Fig. 19. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el aroma de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	50
Fig. 20. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre la textura de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.	50
Fig. 21. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana el sabor de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control y los huevos experimentales en la cata.....	51
Fig. 22. Modelo de la ficha de cata utilizada para la evaluación de los caracteres sensoriales del huevo cocido.	74

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Los ácidos grasos omega-3 y omega-6: características, fuentes y consumo

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos con cadenas hidrocarbonadas de 4 a 36 átomos de carbono. Estas cadenas pueden estar completamente saturadas (ácidos grasos saturados), o pueden contener uno o más dobles enlaces (ácidos grasos mono o poliinsaturados) (tabla 1). Los dobles enlaces que se forman en los ácidos grasos de forma natural, poseen generalmente configuración *cis*, mientras que los que se forman por fermentación biológica en el rumen de los animales o durante la hidrogenación de los aceites, normalmente presentan configuración *trans* (Lehninger y Cox, 2006). Los ácidos grasos pueden clasificarse también en función de la longitud de su esqueleto hidrocarbonado en cuatro grupos: cadena corta (4-6 C), cadena media (8-12C), cadena larga (14-18C) o cadena muy larga (20 o más C) (Castro-González, 2002).

Los ácidos grasos omega 3 (n3) y omega 6 (n6), son ácidos grasos poliinsaturados que tienen su primer doble enlace en los átomo de carbono 3 y 6 respectivamente, a partir del grupo metilo terminal de la cadena hidrocarbonada. Los ácidos grasos n3 se biosintetizan a partir del ácido α -linolénico (ALA), y los ácidos grasos n6 a partir del ácido linoleico (LA); siendo ambos ácidos grasos esenciales para las personas, por lo que deben suministrarse en la dieta (Carrero *et al.*, 2005). Los ácidos grasos linoleico y linolénico son también esenciales para las aves de corral (Yannakopoulos *et al.*, 2005).

De los ácidos grasos n6, el linoleico y el araquidónico son los más importantes desde el punto de vista biológico; mientras que los ácidos grasos linolénico, eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) son los más importantes en el grupo de los ácidos grasos n3 (Yannakopoulos *et al.*, 2005).

Tabla 1. Ácidos grasos omega 3 y omega 6.

Ácidos grasos n3		Ácidos grasos n6	
Nombre común	Nombre abreviado	Nombre común	Nombre abreviado
Ácido α -linolénico (ALA)	C18:3 n3	Ácido linoleico (LA)	C18:2 n6
Ácido estearidónico (SDA)	C18:4 n3	Ácido γ - linolénico	C18:3 n6
Ácido eicosatetraenoico (ETA)	C20:4 n3	Ácido eicosadienoico	C20:2 n6
Ácido eicosapentaenoico (EPA)	C20:5 n3	Ácido dihomo-gamma-linolénico	C20:3 n6
Ácido docosapentaenoico (DPA)	C22:5 n3	Ácido araquidónico	C20:4 n6
Ácido docosahexaenoico (DHA)	C22:6 n3	Ácido docosadienoico	C22:2 n6
		Ácido adrénico	C22:4 n6
		Ácido docosapentaenoico	C22:5 n6
		Ácido caléndico	C18:3 n6

Las principales fuentes de ácidos grasos n3 en la mayoría de las dietas son los aceites vegetales y el pescado. Los pescados son fuentes muy ricas en ácidos grasos EPA y DHA, mientras que los aceites vegetales tienen mayor proporción de ALA (Castro-González, 2002). De entre los aceites vegetales, el aceite de linaza se considera la fuente más rica en ALA (Carrero *et al.*, 2005). Las nueces, las semillas vegetales, la yema de huevo, el pollo, y la carne de rumiantes y cerdos, constituyen otras fuentes de ácidos grasos n3 que contribuyen a la dieta de forma colectiva (Castro-González, 2002). Las principales fuentes de ácidos grasos n6 son las nueces, los cereales, los aceites vegetales, los huevos y la carne de ave de corral, la soja y el aguacate. El contenido en ácidos grasos poliinsaturados n3 y n6 de los alimentos, no obstante, depende de muchos factores según su naturaleza.

El consumo per cápita de ALA en los países europeos es de 0,5 y 2,5g/día (Carrero *et al.*, 2005); y, aunque existen pocos datos acerca de la ingesta diaria de ácidos grasos DHA y EPA, algunas fuentes afirman que su consumo en Europa es superior a su consumo en Estados Unidos, pero inferior a su consumo en Japón, donde el consumo de pescado es muy elevado. Sin embargo, los resultados de estudios elaborados por diferentes sociedades y organizaciones nutricionales indican que el consumo de ácidos grasos n3 está generalmente por debajo de los límites recomendados (Carrero *et al.*, 2005).

1.1.1 LA IMPORTANCIA DEL RATIO OMEGA-6/OMEGA-3 EN LA DIETA

Las enfermedades son consecuencia de la interacción de factores genéticos con factores ambientales (los factores genéticos determinan la susceptibilidad de un individuo a padecer una enfermedad y los factores ambientales determinan cuáles de los individuos susceptibles finalmente la padecerán) (Simopoulos, 2002). Dentro de los factores ambientales, la nutrición es el factor de mayor relevancia para la salud humana (Simopoulos, 2002), y el desequilibrio entre los ácidos grasos n6 y n3 ingeridos en la dieta está relacionado con numerosas enfermedades, como los ataques al corazón, la diabetes, o algunos tipos de cáncer (Yannakopoulos *et al.*, 2005., Ebeid, 2011).

Los alimentos disponibles para los humanos de la prehistoria seleccionaron el código genético que rige los requerimientos nutricionales de las personas en la actualidad, es decir, las personas están genéticamente programadas para alimentarse de acuerdo a como lo hacían sus ancestros, a partir de los alimentos a los que podían acceder antes del desarrollo de la agricultura y de la ganadería. Pero mientras que el código genético de los humanos se ha mantenido prácticamente invariable desde el Paleolítico, su dieta ha sufrido profundos cambios,

especialmente durante los últimos 150 años (Simopoulos, 2002). Estos cambios están alejando a las personas de sociedades industrializadas de la dieta para la cual fueron seleccionadas por su constitución genética. La cantidad y tipo de ácidos grasos ingeridos constituyen uno de los factores más importantes de estos cambios (Simopoulos, 2002).

El consumo de cereales de grano de los primeros homínidos era poco o nada, pues hasta el comienzo de la agricultura, que se remonta a hace 10.000 años, los humanos eran cazadores y recolectores. El consumo de gramíneas como base de la alimentación de las personas es relativamente reciente, y representa el principal alejamiento de la dieta para la cual quedaron genéticamente adaptadas (Simopoulos, 2002). Antes del comienzo de la agricultura, los humanos consumían una enorme variedad de especies vegetales silvestres, mientras que actualmente sólo el 17% de las especies (principalmente cereales) conforman el 90% del suministro mundial de alimentos (Simopoulos, 2002). Este elevado consumo de cereales conlleva enormes implicaciones sobre la salud de las personas en la actualidad, ya que los cereales son ricos en glúcidos y ácidos grasos n6, pero tienen escaso contenido de ácidos grasos n3 y antioxidantes.

Las prácticas modernas de agricultura, ganadería y acuicultura, que se basan en la producción de cereales y en su uso para la alimentación animal (está ampliamente extendido el uso de concentrados de cereales ricos en ácidos grasos n6 en la alimentación del ganado); y el creciente consumo de aceites vegetales de girasol, maíz o cártamo, han precipitado un grave desequilibrio en el contenido de ácidos grasos n3 y n6 de la dieta (Yerza y Coates, 2001). El ratio n6/n3 que se considera adecuado para la salud de las personas está en torno a 1/1 – 4/1, pero en las dietas de los países occidentales se alcanzan cifras de hasta 20/1 (Simopoulos, 2002; Yannakopoulos *et al.*, 2005). El incremento en el consumo de ácidos grasos n6, acompañado del descenso del consumo de ácidos grasos n3, constituye un desencadenante de sustancias precursoras de muchas enfermedades crónicas como la diabetes, la obesidad, el cáncer, el asma, la depresión, o las enfermedades autoinmunes, entre otras (Simopoulos, 2002).

Recuperar el equilibrio en el ratio n6/n3 ingerido en la dieta debería ser un objetivo prioritario en las sociedades industrializadas, con el fin de prevenir un gran número de enfermedades y contribuir a preservar el buen estado de salud de las personas.

1.1.2 EFECTOS CARDIOVASCULARES Y BENEFICIOSOS DE LOS ÁCIDOS GRASOS OMEGA-3

Los ácidos grasos n3 y n6, además de constituir una fuente de energía, son también lípidos estructurales incorporables a las membranas de las células, desde donde actúan como

precursores de los eicosanoides (prostaglandinas, prostaciclina, tromboxanos y leucotrienos), compuestos que intervienen en procesos fisiológicos como la coagulación sanguínea o las respuestas inmunológica e inflamatoria.

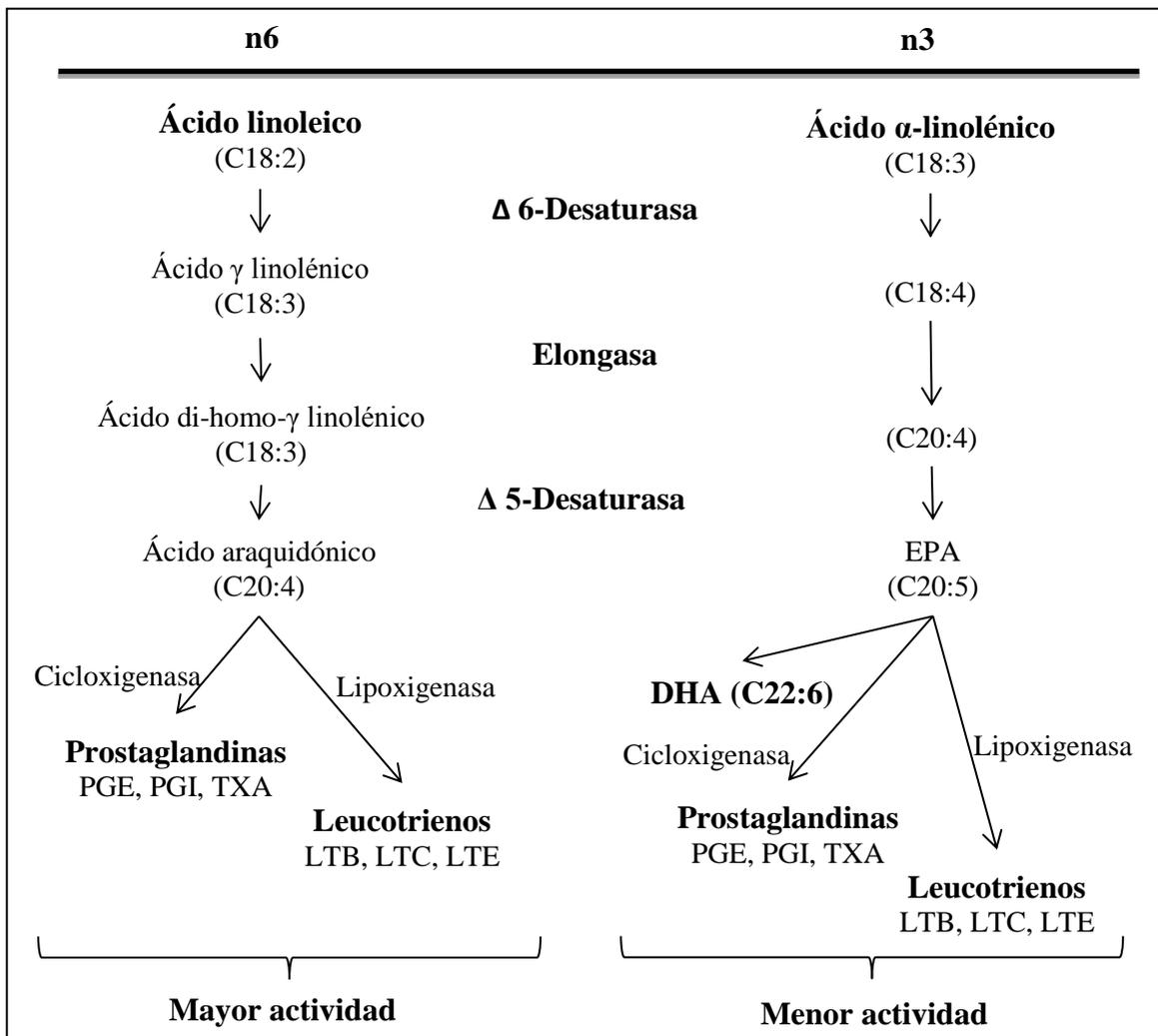


Fig. 1. Series de ácidos grasos poliinsaturados y rutas metabólicas de eicosanoides.
Adaptado de Carrero *et al.* (2005).

Respecto al metabolismo de estos ácidos grasos poliinsaturados en las personas, el ácido linoleico se metaboliza a ácido araquidónico, y el ácido α -linolénico da lugar a los ácidos EPA y DHA. Todos ellos emplean las mismas rutas metabólicas y compiten por las mismas enzimas elongasas y desaturasas. No obstante, los eicosanoides que se sintetizan a partir de ácidos grasos n3 presentan generalmente menos actividad que aquéllos que se sintetizan a partir de ácidos grasos n6 (fig. 1). Es por esto que el consumo de ácidos grasos n3 y n6 determina el tipo y proporción de eicosanoides en el organismo, influyendo potencialmente en un gran número de procesos fisiológicos (Carrero *et al.*, 2005).

Las enfermedades cardiovasculares constituyen el principal problema de salud pública en los países europeos y en parte de países asiáticos debido a su elevada incidencia (Carrero *et al.*, 2005). La dieta es capaz de influir en ciertos factores de riesgos de estas enfermedades (Carrero *et al.*, 2005). Estudios recientes asocian el consumo de ácidos grasos poliinsaturados n3 de cadena larga a múltiples efectos beneficiosos para la salud de las personas, incluyendo la prevención de enfermedades cardiovasculares. También se han descrito efectos beneficiosos del consumo de ácidos grasos n3 en procesos inflamatorios tales como la artritis reumatoide, la enfermedad de Crohn, el asma, la psoriasis y algunas nefropatías (Carrero *et al.*, 2005).

No se ha descubierto todavía cuáles son los mecanismos exactos a través de los cuales los ácidos grasos n3 son capaces de desarrollar su efecto beneficioso para la salud. Carrero *et al.* (2005) recoge algunas de las alternativas que otros autores han propuesto.

1.2 La verdolaga: *Portulaca oleracea* L.

Portulaca oleracea L., comúnmente conocida como verdolaga, es una planta herbácea suculenta anual. Es una especie de cultivo y ruderal, propia de las regiones tropicales y mediterráneas de climas áridos, que tiene propiedades muy diversas.

La verdolaga comestible, *P. oleracea* subsp. *Sativa*, se cultivó con intensidad variable en otras épocas, y al parecer se obtuvo de forma artificial por una casa comercial a partir de la subsp. *oleracea*. La subespecie *oleracea* es la más común en Europa y Asia, y probablemente se encuentra naturalizada en América. En España se encuentra dispersa por toda la península (Castroviejo *et al.*, 1990); y existen algunos cultivares comercializados, como el *Golden Purslane* (Tozer Seeds Company) o el cultivar *C* (Pasa Seeds Company) (Kaşkar *et al.*, 2009).

1.2.1 CLASIFICACIÓN

La clasificación taxonómica de *Portulaca oleracea* L. se muestra a continuación en la tabla 2:

Tabla 2. Clasificación taxonómica de *Portulaca oleracea* L.

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Caryophyllales</i>
Familia	<i>Portulacaceae</i>
Género	<i>Portulaca</i>
Especie	<i>oleracea</i>

Fuente: Castroviejo *et al.* (1990).

1.2.2 DESCRIPCIÓN

La verdolaga es una hierba anual, rastrera y glabra, con tallos de 5-50cm, rojizos y carnosos (fig. 2) (Menéndez Valderrey, 2008; Castroviejo *et al.*, 1990).



Fig. 2. *Portulaca oleracea* subsp. *oleracea*. a) hábito; b) hoja; c) cima floral; d) flor cleistógama; e) sección de una flor cleistógama; f) flor abierta mostrando la corola; g) píxido abriéndose.

Fuente: Izco *et al.* (2010).

- Sus hojas tienen una longitud de 1-2cm, son sésiles, alternas u opuestas, obovado-oblongas, de margen entero, ápice obtuso, y estípulas setáceas en la base.
- Las flores (fig. 3) son sésiles y terminales, solitarias o formando pequeños grupos de hasta tres. El cáliz está formado por dos sépalos connados en la base, de 4mm,

y la corola por 4-6 pétalos amarillos o rojizos, más largos que los sépalos. El androceo consta de 7 o más estambres y el gineceo de un ovario semiínfero a ínfero, con una cavidad y un estilo dividido en 2-8.



Fig. 3. Detalle de la flor de *P.oleracea*.

Fuente: Wate online magazine.

- El fruto consiste en una cápsula membranácea de 0.6-1mm, que se abre transversalmente dejando libres semillas, escasas o numerosas, subreniformes, negras, brillantes y pequeñas.
- Tallos de 5 a 50cm, postrados, ascendentes o erectos.
- Florece de mayo a septiembre.

1.2.3 HÁBITAT Y ECOLOGÍA

La verdolaga crece en huertas, cultivos, zonas abandonadas, en general en ambientes ruderalizados, en suelos profundos y nitrogenados, desde el nivel del mar a los 1000m de altitud. En la tabla 3 se recogen algunas de sus características ecológicas:

Tabla 3. Ecología de *P. oleracea*.

Comportamiento fitosociológico	<p>Es una planta característica de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orden Solano nigrae-Polygonetalia convolvulii (Clase Stellaroetia-mediae). • Comunidades de malas hierbas de cultivos, en las que son características varias especies del género <i>Amaranthus</i>, <i>Atriplex postrata</i>, <i>Fallopia convolvulus</i>, <i>Digitaria sanguinalis</i>, <i>Echinochloa cruz-galli</i>, <i>Lamium amplexicaule</i>, <i>L. hybridum</i>, <i>L. purpureum</i>, <i>Mercuriales annua</i>, <i>Polygonum persicaria</i>, <i>Setaria verticillata</i>, <i>Solanum nigrum</i>, <i>Sonchus asper</i>, <i>Stachys arvensis</i> y <i>Veronica persica</i>, entre otras. <p>Actualmente, conviven es las mismas poblaciones individuos de subespecies distintas</p>
Requerimientos ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Luz</i>: crece a plena luz aunque soporta sombra. • <i>Temperatura</i>: calor. piso colino principalmente. • <i>Continentalidad</i>: continental; soporta grandes variaciones de temperatura. • <i>Humedad</i>: suelos moderadamente secos a húmedos. • <i>Acidez</i>: suelos ricos en bases; pH 5.5-8. indicadora de alcalinidad. • <i>Nitrógeno</i>: principalmente suelos ricos; indicadora de riqueza de nutrientes.
Tipo biológico	Terófito

Fuente: Menéndez Valderrey (2007) y Castroviejo (1990).

1.2.4 USOS TRADICIONALES DE LA VERDOLAGA

Muchos grupos étnicos han usado durante siglos diferentes variedades de *Portulaca oleracea* como verdura y también como remedio contra distintas enfermedades (Chan *et al.*, 2000). Dentro los principales usos tradicionales se encuentran:

- **Alimento:** el consumo de tallos y hojas de verdolaga como hortalizas en sopas y ensaladas en los países del mediterráneo oriental está muy extendido (Kaşkar *et al.*, 2009). En Emiratos Árabes y en Omán *Portulaca oleracea* subsp *sativa* (Haw.) Celak está disponible en muchas tiendas de vegetales y se utiliza como ingrediente en las ensaladas (Chan *et al.*, 2000). También en distintas zonas rurales de España se ha consumido en potajes o guisos, y en la actualidad en algunos países de Sudamérica, como México, es una planta que se consume como alimento.
- **Usos tradicionales farmacológicos:** Chan *et al.* (2000) señala que en países árabes se ha utilizado *P.oleracea* como antipirético, antiescorbútico, antiséptico, antiespasmódico, diurético, antihelmíntico, refrigerante, y planta cicatrizante contra úlceras en los pezones, en la boca, o alteraciones urinarias. También menciona que los antiguos islámicos la consideraban causante de estreñimiento; mientras que en la Edad Media se le atribuían propiedades afrodisiacas, antiinflamatorias y antihistamínicas y bactericidas (contra la disentería). Además, se elaboran cataplasmas con sus hojas que se utilizaban para drenar el pus de las úlceras, y sus semillas se utilizaban como sedante o para saciar la sed. En la India y en Pakistán también se utilizaba para el tratamiento de úlceras, tumores e inflamación, hemoptisis, diarrea, hemorroides, e incluso para el tratamiento de quemaduras (Chan *et al.*, 2000).
- **Otros usos clínicos y farmacológicos:** el extracto de la parte aérea de *P.oleracea* tiene propiedades antiinflamatorias y analgésicas, y es eficaz como remedio paliativo del dolor y la inflamación (Chan *et al.*, 2000). Investigadores han desarrollado estudios sobre las propiedades farmacológicas de la verdolaga como relajante muscular en algunos animales, y también parece tener efecto sobre la tensión sanguínea en ratas (Chan *et al.*, 2000) y actividad neurofarmacológica y anticonvulsiva en ratones (Chan *et al.*, 2000).

A pesar de sus diversos usos y propiedades, la *P.oleracea* se considera una mala hierba en alrededor de 80 países del mundo, y se ha llevado a cabo un considerable esfuerzo para desarrollar herbicidas que permitan controlar su crecimiento en las zonas en las que no es deseable (Páez *et al.*, 2007).

1.2.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y VALOR NUTRICIONAL DE *P. oleracea* L.

P. oleracea es una fuente rica en ácidos grasos poliinsaturados n3 y en otros compuestos bioactivos, como antioxidantes, vitaminas, aminoácidos (isoleucina, lisina, metionina, cistina, fenilalanina, tirosina, treonina y valina), α -tocoferol, β -carotenos, glutatión y minerales, especialmente el potasio (Conesa *et al.*, 2011; Kaşkar *et al.*, 2009).

La verdolaga se considera una de las fuentes más ricas de ácidos grasos n3 que puede ser utilizada para alimentación humana y animal; y algunos autores la señalan como la especie vegetal de hoja verde más rica en ALA (4mg/g de peso fresco) (Petropoulos *et al.*; Páez *et al.*, 2007). Casi la mitad de los ácidos grasos que contiene son insaturados; y en su perfil de ácidos grasos los más abundantes son el palmítico (C16:0), el oleico (C18:1), el LA y el ALA tomando como referencia la planta completa (Liu *et al.*, 2000). Sus tejidos contienen también una gran proporción de proteínas, al nivel de otras plantas de gran importancia comercial (Dalle Zotte *et al.*, 2005).

Pero aunque la verdolaga es rica en nutrientes indispensables para el organismo, también posee importantes cantidades de otros componentes que en grandes dosis pueden resultar nocivos para la salud de las personas: los oxalatos y los nitratos. Varios autores han encontrado altas concentraciones de ácido oxálico en *P. oleracea* (Kaşkar *et al.*, 2009), que puede combinarse con iones de calcio o de hierro para formar oxalatos que son insolubles y tienen un doble efecto negativo, ya que por un lado reducen la biodisponibilidad de estos dos minerales y por otro lado incrementan la incidencia de la formación de piedras en el riñón (Kaşkar *et al.*, 2009).

Kaşkar *et al.* (2009) señala también que la verdolaga es una de las especies con mayor contenido en nitratos (superior a 2500mg/kg peso fresco). Si bien los nitratos no ejercen un efecto directo sobre la salud, pueden representar un riesgo cuando se reducen a nitritos; ya que estos pueden terminar formando nitrosaminas, que son compuestos cancerígenos (Kaşkar *et al.*, 2009). La verdolaga tiene un alto contenido en nitratos y nitritos especialmente cuando está cruda, pero someterla a cocción o a congelación reduce su contenido en estos compuestos (Kaşkar *et al.*, 2009).

Pero el valor nutricional y la composición química de la verdolaga no es fijo o estanco, sino que dependen de varios factores como el genotipo (Liu *et al.*, 2010), la técnica de cultivo o el momento de recolección (comunicación personal). Estos parámetros influyen en la cantidad y tipo de componentes bioactivos y en el contenido en oxalatos de la verdolaga. Esto es importante para la introducción exitosa de esta especie como cultivo para la industria, tanto para su posible comercialización en fresco como para la obtención de productos con valor añadido o para la alimentación animal (comunicación personal).

1.2.6 INTERÉS COMERCIAL DE LA VERDOLAGA

El interés por el cultivo de verdolaga está creciendo en los últimos años ya que es una excelente fuente de ácidos grasos poliinsaturados n3, y también de otros compuestos bioactivos (Conesa *et al.*, 2011).

Se han realizado numerosas investigaciones acerca de los factores que influyen en su composición química y su valor nutricional, como el genotipo o la fecha de recolección, de la viabilidad de su cultivo en sistemas hidropónicos (Fernández *et al.*, 2007), y de otros tantos parámetros que, en definitiva, contribuyen a averiguar cuáles son los métodos más adecuados para hacer de esta especie vegetal un cultivo industrial.

Este cultivo industrial podría ser la materia prima para la elaboración de productos de valor añadido como alimentos enriquecidos en ácidos grasos n3, suplementos dietéticos o mezclas en piensos para alimentación animal (comunicación personal).

Otros autores consideran que la introducción y adaptación de esta especie como cultivo comercial es interesante para la elaboración de productos mínimamente procesados en fresco, ya que el aprovechamiento de especies de hoja pequeña “baby leaf” en este tipo de productos se ha incrementado en los últimos años. Este incremento se debe no sólo al aumento en el consumo de dichos productos, sino también a las características de estas especies, que debido al pequeño tamaño de sus hojas permiten su aprovechamiento en forma de hojas enteras ofreciendo una escasa sección vulnerable a la oxidación, aumentando las posibilidades de conservación tras su procesado mínimo (Fernández *et al.*, 2007).

1.3 Alimentos funcionales

A comienzos del siglo XXI los países industrializados se enfrentaban a nuevos desafíos derivados del enorme incremento del gasto sanitario atribuido a ciertas enfermedades como las no transmisibles, una mayor esperanza de vida, un aumento del conocimiento científico,

aparición de nuevas tecnologías y grandes cambios en el estilo de vida de la población. Las enfermedades cardiovasculares consumen el principal porcentaje del gasto sanitario en los países desarrollados y suelen estar relacionadas con factores de riesgo modificables como el colesterol, la hipertensión, etc. La Organización Mundial de la Salud estima que un 50% de las personas no cumple con las recomendaciones de los expertos respecto a hábitos de vida y alimentación. En este contexto tiene lugar la aparición y desarrollo de los alimentos funcionales, como respuesta legítima de la industria alimentaria ante la demanda de una sociedad que cada vez está más concienciada de la importancia de la alimentación para envejecer con calidad de vida (Valera, 2013; Martínez, 2015).

Según el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI) un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de manera que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas. Los alimentos funcionales deben seguir siendo alimentos, y deben demostrar sus efectos en las cantidades en que normalmente se consumen en la dieta. No se trata de comprimidos ni cápsulas, sino de alimentos que forman parte de un régimen normal.

La demanda de este tipo de productos está creciendo debido a que los consumidores buscan que los alimentos, además de ser nutritivos, tengan un beneficio específico sobre su salud. Los alimentos funcionales se han convertido por tanto en una oportunidad para la industria, ya que pueden cubrir las nuevas demandas de ciertos grupos poblacionales; pero el desarrollo de nuevos productos por las industrias está limitado por las normativas vigentes. En Enero de 2007 entró en vigor en la Unión Europea el Reglamento de Alegaciones Nutricionales y Propiedades Saludables de los Alimentos (Reglamento EU 1924/2006), que provocó un cambio drástico en comunicación de los llamados “health claims”. Dicho reglamento surgió de la necesidad de demostrar científicamente los efectos saludables de la ingesta de un determinado producto o categoría de productos para poder publicitarlos (Valera, 2013).

Sus objetivos fundamentales eran garantizar un alto nivel de protección a los consumidores frente a las declaraciones de los alimentos que no tuvieran fundamento, o que no fuesen veraces y por otra garantizar una competencia leal entre los fabricantes de alimentos. Para obtener una alegación en un producto las empresas fabricantes deben aportar los estudios científicos apropiados y, en particular, los estudios en humanos, que demuestren que existe una relación causa-efecto entre su consumo y un determinado efecto “relevante para la salud”, en los términos y condiciones en que se pretende promocionar y en la cantidad adecuada con una alimentación equilibrada (Valera, 2013).

El ámbito terapéutico principal bajo el que se están desarrollando nuevos productos funcionales es el de la salud cardiovascular. Se trata de productos que ayudan a reducir el colesterol (esteroles/estanoles vegetales, fibra, proteínas de soja...), la homocisteína (con vitaminas del grupo B..), la obesidad (con menos calorías, azúcares, grasas saturadas...), la salud inmune (con probióticos y prebióticos), el rendimiento (alimentos con DHA y EPA, omega 3, vitaminas del grupo B..), el antienvjecimiento (productos enriquecidos con vitaminas antioxidantes..), la salud ósea (alimentos con refuerzo de calcio, vitamina D...) y la salud infantil (productos con ácidos grasos esenciales omega 3 y 6, con menos grasas saturadas, con menos azúcares...) (Valera, 2013).

Tabla 4. Tipos de alimentos funcionales comercializados en España y sus componentes funcionales.

Alimento funcional	Componente funcional
Leches enriquecidas	~ Ácidos grasos n3 (EPA y DHA) ~ Ácido oleico ~ Ácido fólico ~ Calcio ~ Vitaminas A y D ~ Fósforo y Zinc
Leches infantiles de iniciación y continuación	~ Ácidos grasos ~ Vitaminas y minerales
Yogures enriquecidos	~ Calcio ~ Vitaminas A y D
Leches fermentadas	~ Ácidos grasos n3 (EPA y DHA) y ácido oleico ~ Bacterias probióticas específicas
Zumos enriquecidos	~ Vitaminas y minerales
Cereales fortificados	~ Fibra y minerales
Pan enriquecido	~ Ácido fólico
Huevos enriquecidos	~ Ácidos grasos n3
Margarinas enriquecidas	~ Fitosteroles
Sal yodada	~ Yodo

Fuente: Aranceta & Serra (2003).

Los alimentos funcionales constituyen un mercado muy heterogéneo, con presentaciones muy variadas y perspectivas de futuro diferentes (tabla 4). La principal oferta de estos productos se concentra alrededor de diferentes productos lácteos cuyas ventas suponen algo más de la mitad del mercado total de los alimentos funcionales. La penetración de este formato depende del sector: en productos como panes, cereales, yogures, mantequilla, leche o galletas, las presentaciones funcionales acaparan la mitad de todo el mercado.

Respecto al consumo, se considera que en la actualidad el 70% de los hogares españoles adquiere algún tipo de alimento funcional, y un 40% lo hace habitualmente. La frecuencia de consumo depende del tipo de producto; por ejemplo los productos enriquecidos en ácidos grasos se consumen una media de 6,9 días al mes. Entre los motivos que empujan a los consumidores a

elegir la opción de alimentos funcionales destacan en un 60% de los casos aquéllos relacionados con sus características sensoriales, en un 45% por sus hábitos saludables, en un 38% por salud digestiva, y en un 35% para reducir el colesterol (Murcia, 2013).

El tipo de producto funcional que más se comercializa en lo constituyen los alimentos bajos en grasa, con el 25% de las ventas. A continuación aparecen los alimentos ricos en fibra (20%), los alimentos light (19%), los que incluyen calcio (15%), los que aportan vitaminas (8%), los bajos en sal (7%), y los que contribuyen a reducir los niveles de colesterol (6%); entre otros.

La estructura empresarial del mercado de los productos funcionales no cuenta con un sector empresarial específico, sino que lo normal es que estos productos constituyan una línea de negocios de los grupos líderes de los sectores alimentarios más importantes. Las empresas más dinámicas que cuentan además con una cierta capacidad para invertir en I+D han incorporado a su cartera nuevos productos funcionales debido a su creciente peso en el mercado y a sus optimistas perspectivas de crecimiento (MERCASA, 2013).

El mercado de los productos funcionales ha crecido incluso en tiempos de crisis, y se mantiene al alza, próximo a los 100.000 millones de euros anuales, que se reparten principalmente entre Estados Unidos (40%), país líder tanto en producción como en consumo; y los países de la Unión Europea (25%). Los alimentos funcionales mueven anualmente en Europa alrededor de 25.000 Millones de euros, de los que el 29% corresponde a Reino Unido, el 22% a Alemania, el 11% a España y Holanda, y el 6% a Finlandia. Aunque Estados Unidos encabeza este sector, tanto Japón como la UE están muy bien posicionados, y se espera una importante expansión en los próximos años en países con gran potencial industrial como China, India, Australia, Malasia o Corea del Sur (Murcia, 2013).

En los últimos años, el ritmo de aparición en los mercados de nuevos productos funcionales ha disminuido, pero en España se llegaron a presentar hasta 1000 nuevos presentaciones al año. Así, mientras que en el Sudeste Asiático los alimentos funcionales abarcan el 42% de los nuevos lanzamientos, en Europa esta cifra se ha reducido hasta el 30%, en Norte América al 15%, en América Latina al 9%, y en África y Oriente Próximo alcanza tan sólo el 4% (Murcia, 2013).

1.4 El huevo

El huevo de la gallina es un elemento de gran complejidad biológica y química. Forma parte del proceso de reproducción de las aves, por lo que contiene todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de un hipotético embrión. Para una gallina, la formación de un huevo supone

un gran esfuerzo fisiológico, ya que para ello tiene que depositar alrededor de 7,7 g de proteína, 7 g de lípidos, 2 g de calcio y 40 g de agua, entre otros, casi cada día (Satre *et al.*, 2002).

La normativa alimentaria de la Unión Europea define como huevos a aquellos con cáscara, con exclusión de los cascados, incubados o cocidos; de aves de cría aptos para el consumo humano directo o para la preparación de ovoproductos (Instituto Nacional del Huevo (INH), 2009).

El proceso de producción del huevo se inicia en la granja avícola de puesta, donde se alojan las gallinas ponedoras de estirpes seleccionadas especialmente para producir huevos para el consumo humano que no están fecundados. Las granjas de gallinas ponedoras de la UE están registradas y autorizadas para su actividad por la administración competente (en España, las autoridades responsables de la producción ganadera de las Comunidades Autónomas), que controla el cumplimiento de las normas que definen el modelo europeo en lo referente, entre otros aspectos, al bienestar y sanidad animal, la alimentación y el respeto al medio ambiente (INH, 2009).

La normativa de la Unión Europea distingue cuatro formas de cría (alojamiento y manejo) de las gallinas ponedoras (INH, 2009):

- **Gallinas criadas en jaulas:** la mayoría de las gallinas ponedoras en España son criadas de este modo.
- **Gallinas criadas en el suelo:** las aves son alojadas en naves equipadas con comederos, bebederos y nidales entre los que las gallinas se mueven en libertad.
- **Gallinas camperas:** estas gallinas están alojadas en una nave como las criadas en el suelo, y además tienen acceso a un terreno al aire libre.
- **Gallinas de producción ecológica:** las gallinas, además de tener acceso a corrales al aire libre, son alimentadas con pienso procedente de la agricultura ecológica y solo pueden recibir los tratamientos expresamente autorizados para este tipo de producción, regulado por una normativa específica y controlada por los Consejos Reguladores de la Agricultura Ecológica.

Los huevos que se venden en la Unión Europea deben cumplir también la legislación relativa a su comercialización (Reglamento (CE) N° 589/2008 de la comisión de 23 de junio de 2008, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del reglamento (CE) n° 1234/2007 del Consejo en lo que atañe a las normas de comercialización de los huevos), que define los

criterios de calidad, peso, frescura, envasado y etiquetado. A su llegada al centro de clasificación y envasado los huevos son seleccionados en dos categorías:

- **Categoría A:** se consideran aptos para el consumo humano directo en fresco, y deben cumplir unos ciertos requisitos de calidad (artículo 2, p 10 del Reglamento (CE) N° 589/2008).
- **Categoría B:** a esta categoría pertenecen los huevos que no cumplen los requisitos para estar en la categoría A. Los que son aptos para el consumo humano pueden destinarse a la elaboración de ovoproductos en las industrias alimentarias autorizadas.

Durante la clasificación, cada huevo se marca con un código. Este código contiene información sobre la explotación donde se ha producido y sobre la forma de producción de las gallinas.

Los dígitos que conforman el código tienen la siguiente estructura y significado (fig.4):

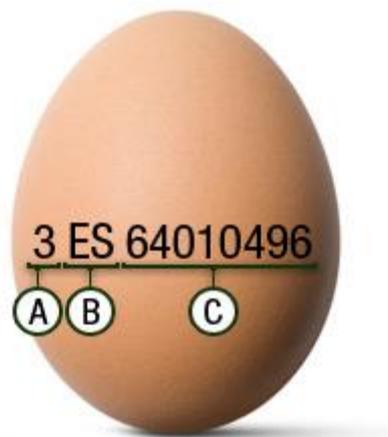


Fig. 4. Estructura del código de clasificación marcado en el huevo.

Fuente: www.elika.eus

- **A:** El primer dígito informa sobre la forma de cría de las gallinas: (0) producción ecológica, (1) campera, (2) cría en suelo, (3) producción en jaulas.
- **B:** Los dos siguientes dígitos son las letras identificativas del país de la UE (España: ES).
- **C:** El resto de dígitos indican la identificación del productor. Cada granja tiene asignado un código por parte de la Autoridad Competente.

1.4.1 ESTRUCTURA Y COMPOSICION

Las partes que conforman la estructura del huevo son la cáscara, la clara o albumen y la yema, separadas entre sí por medio de membranas que mantienen su integridad (fig. 5). Aunque las proporciones relativas de cada una varía en función de numerosos factores, el valor medio del peso del albumen está alrededor del 61.5%, y el de la yema alrededor del 29%, aunque como consecuencia de la mejora genética se está experimentando en los últimos años un incremento en la proporción del albumen en detrimento de la yema, y con el consiguiente incremento en el tamaño del huevo (Grobas y Mateos, 1996).

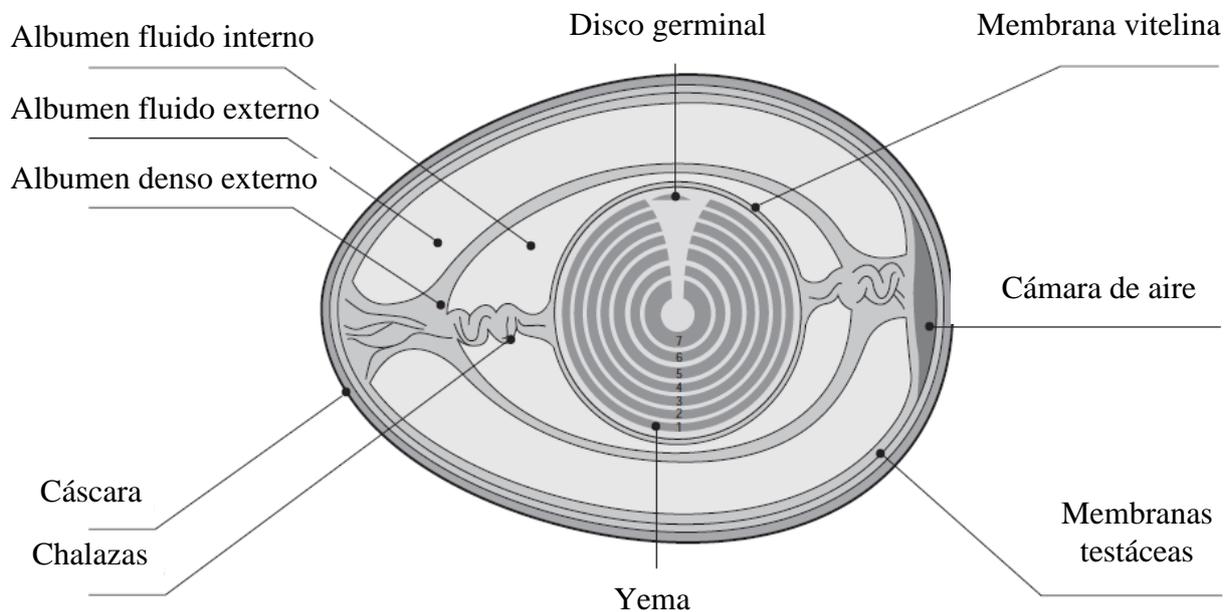


Fig. 5. Estructura del huevo.
Adaptado de Satre *et al.* (2002).

En el Anexo I se recoge información más detallada acerca de la composición química y el valor nutricional del huevo.

1.4.1 VALOR NUTRICIONAL

El huevo es un alimento tradicionalmentepreciado debido a su riqueza nutritiva (fig. 6). La densidad nutricional del huevo es muy destacable para muchos micronutrientes, especialmente los ácidos grasos poliinsaturados, el hierro y las vitaminas B2, B12, A, E y folato.

Así mismo, el aporte de ácidos grasos poliinsaturados por gramo de proteína es mucho más favorable que en las carnes y sólo sería superado por los pescados (Sastre *et al.*, 2002).

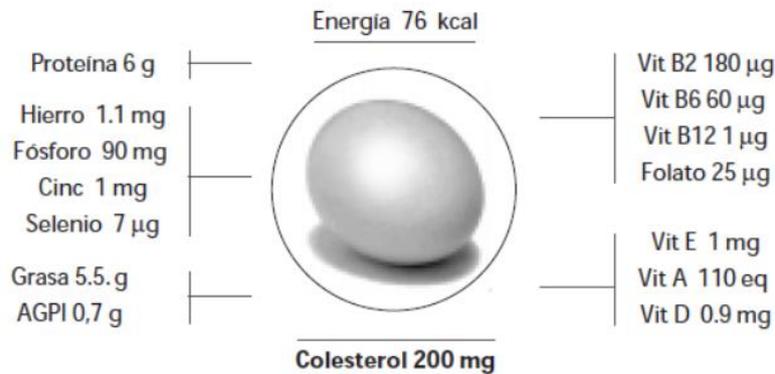


Fig. 6. Aporte nutricional por huevo (50g).

Fuente: Sastre *et al.* (2002).

La composición química, y por tanto el valor nutricional del huevo, no presenta valores fijos o universales. La gran variabilidad que existe se debe a que diversos factores productivos pueden inducir cambios en la calidad del huevo, que incluyen también su composición química y, en consecuencia, su valor nutritivo. Stadelman y Pratt (1989) recogieron de forma muy exhaustiva datos de composición y de variabilidad de la composición nutricional del huevo y clasificaron sus componentes en función de su capacidad de ser variables o muy constantes. Entre los que pueden ser modificados en su concentración, a través de la alimentación y otros factores productivos, se encuentran algunos minerales (Yodo, Hierro, Manganeso), algunas vitaminas (A,D,E, K, B1, B2, B12, Biotina, Pantotenato, Folato) y algunos ácidos grasos, especialmente los insaturados (oleico, linoleico y linoléico, así como otros de las series metabólicas n-3 y n-6). Por el contrario, la cantidad de colesterol de los huevos es difícil de modificar excepto a través de tratamientos farmacológicos (Sastre *et al.*, 2002).

Respecto al contenido en colesterol del huevo, si bien es cierto que la mayor parte de los alimentos ricos en colesterol suelen ser también ricos en grasas saturadas, en el caso del huevo no es así: un huevo de tamaño medio contiene unos 200 mg de colesterol, pero tiene más grasas insaturadas que saturadas y sólo 70 calorías. Entonces aunque el contenido en colesterol del huevo pueda parecer elevado, debido a su contenido en fosfolípidos que interfieren en su absorción, este colesterol tiene muy poco efecto sobre el colesterol en sangre (INH, 2009).

1.4.2 CONSUMO

El huevo ha pasado de ser en los años 50-60's un alimento básico, equivalente a carnes y pescados, por su aporte proteico de excelente calidad, a caer de forma muy acelerada en su consumo durante los 70's y 80's, especialmente en USA y otros países anglosajones. Este descenso en el consumo fue consecuencia de que en 1973, la Asociación Americana del Corazón (American Heart Association) recomendó limitar la ingesta de huevos a un máximo de tres por semana, y el huevo pasó de ser un alimento básico a convertirse en factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares reconocido por científicos y médicos. Sin embargo, en la década de los 90 el huevo comenzó a recuperar su papel en la dieta, al comprobarse que no era cierta esta preponderancia como factor de riesgo. Además, se comenzaron a valorar en el huevo nuevas propiedades saludables que incluso podrían llevar a considerarlo como alimento funcional (Sastre *et al.*, 2002).

Resumidamente, aunque durante algunos años la comunidad científica avaló que un consumo elevado de huevos elevaba los niveles de colesterol plasmático, se ha demostrado posteriormente que el efecto del colesterol dietético sobre los niveles de colesterol plasmático en las personas sanas es mínimo y depende en gran medida de factores individuales como la genética, el peso corporal o los hábitos de vida. De hecho, los principales responsables dietéticos del aumento de los niveles de colesterol en sangre son las grasas saturadas y las grasas trans. Numerosos estudios han demostrado de forma concluyente que la ingesta de un huevo al día no resulta perjudicial para el perfil lipídico sanguíneo ni aumenta el riesgo de sufrir una enfermedad cardiovascular (INH, 2009).

1.4.3 EL MERCADO ESPAÑOL DE LOS HUEVOS

Los datos relativos al mercado nacional de huevos se han tomado del Informe sobre Producción, Industria, Distribución y Consumo, publicado por MERCASA en 2014. A continuación se mencionan algunos de los aspectos más interesantes que se incluyen:

- La producción de huevos en España tiene mucha repercusión económica y social; y durante los últimos 4 años ha sufrido grandes altibajos. En 2013 el valor generado por este sector fue un 35% inferior a la del año 2012, y en este año el valor generado fue un 38% superior al del año anterior. En el año 2012 la producción se disparó y los precios subieron, pero en 2013 se produjo un descenso en la producción y también en la caída de los precios.

- El censo de gallinas ponedoras al acabar el ejercicio 2013 rondaba los 42,2 millones de animales, lo cual es un 12,9% menos que el año anterior. El número de huevos que puso cada gallina se cifró en 261. La Comunidad Autónoma con mayor censo de gallinas ponedoras fue Castilla – La Mancha, con el 26,1% del total, seguida de Castilla y León, Cataluña y Comunidad Valenciana.
- La producción nacional de huevos de gallina al acabar el año se situó en 756 millones de docenas entre huevos para incubar y huevos para consumo.
- El número de explotaciones dedicadas a la producción de huevos a final de 2013 ascendió a 1503, de las cuales 1097 eran granjas de producción.
- La balanza comercial del sector de los huevos tuvo un saldo positivo en el año 2013, continuando con la tendencia de los últimos años. Las exportaciones fueron muy superiores a las importaciones. Se compraron un total de 40.906 toneladas de huevos y se vendieron en el exterior (intra y extracomunitario) 143,4 millones de toneladas. La mayor parte de los intercambios comerciales se produjeron con países de la Unión Europea, principalmente Francia e Italia. Fuera de la UE, las exportaciones se destinan principalmente a países africanos como Mauritania o Angola.
- En 2013 se produjo un significativo descenso de los precios de los huevos, al contrario de lo sucedido en años anteriores; alcanzando un precio un 36% más bajo que el año anterior y situándose muy por debajo de la media de la UE.
- En la Unión Europea además de España, que acaparó el 11% de la producción en 2013, destacan por su producción Francia (13%), Alemania (12%), Italia (10%) y Holanda (10%). Respecto al comercio exterior, el saldo de la balanza comercial en la UE fue positivo: las exportaciones aumentaron sensiblemente hasta las 304.634 toneladas y las importaciones se redujeron hasta las 29.643 toneladas.
- Respecto a la estructura empresarial, la adaptación del sector español de empresas productoras y comercializadoras de huevos a la normativa europea de bienestar animal de 2012 ha supuesto una drástica reconversión, que se ha reflejado en un descenso acumulado de las explotaciones cercano al 40% durante el último quinquenio. El 58,1% de las explotaciones fueron de huevos producidos por gallinas de jaula, el 19,5% por gallinas en suelo, el 15,2% por gallinas camperas y el 7,2% por explotaciones ecológicas. A pesar de estas cifras, en términos de

cantidad de gallinas por explotación, la importancia de las explotaciones en jaula fue mucho mayor, ya que representan el 85,5% del total.

- La empresa más importante del sector produjo alrededor de 135 millones de docenas de huevos, mientras que la segunda rondaba los 78 millones de docenas, y la tercera estuvo algo por debajo de los 51 millones de docenas.
- El sector generó unos 15.000 puestos de trabajo directos y unos 60.000 indirectos.
- Las marcas blancas alcanzaron una gran importancia en la distribución, y acapararon el 71% de las ventas en volumen y más del 65% en valor. Los segmentos cuyas ventas mostraron un mayor crecimiento fueron los huevos camperos y ecológicos.
- Alrededor del 15% de la producción española de huevos se destinó a transformación en industrias de elaboración de ovoproductos.
- Respecto al consumo y gasto en huevos de los españoles (tabla 5), en términos per cápita se llegó a 135 unidades de consumo (cerca de 15 unidades fueron huevos ecológicos) y 19,7 euros de gasto.

Tabla 5. Consumo y gasto en huevos de gallina en los hogares, 2013

	Consumo		Gasto	
	Total (millones de unidades)	Per cápita (unidades)	Total (millones de euros)	Per cápita (euros)
Huevos de gallina	6124,9	134,9	881,8	19,4
Huevos de gallina ecológicos	704,7	15,5	143,9	3,2

Fuente: Informe sobre Producción, Industria, Distribución y Consumo de Alimentos en España, 2014. pp. 226-232. Huevos.

En cuanto a la demanda:

- Por tipología de hogares, se produjo un mayor consumo en el caso de jubilados, adultos y jóvenes independientes, parejas adultas sin hijos y parejas con hijos menores. Los consumos más bajos se dieron entre parejas con hijos pequeños, parejas jóvenes sin hijos y hogares monoparentales.
- Por comunidades autónomas, Cantabria, País Vasco y Navarra contaron con los mayores consumos mientras que, por el contrario, Extremadura, Andalucía y Región de Murcia mostraron los consumos más reducidos.

- Evolución de la demanda: en el periodo 2009-2012 el consumo de huevos de gallina se redujo considerablemente, pero en 2013 se produjo un incremento considerable también en la demanda.

1.5 Antecedentes de enriquecimiento de huevos en ácidos grasos n3 a través de la dieta de las gallinas ponedoras

Durante los últimos años la preocupación de los consumidores por ingerir alimentos saludables se ha incrementado, y también la calidad nutricional que demandan en los alimentos. El sector avícola, consciente de estas tendencias, ha dedicado importantes esfuerzos a modificar el valor nutricional de sus productos. Estas modificaciones se han dirigido generalmente a reducir el nivel de colesterol y grasa saturada o, alternativamente, enriquecerlos con ácidos grasos insaturados, vitaminas y minerales beneficiosos para la salud (Grobas y Mateos, 1996).

Por otro lado, en muchos países el consumo de productos marinos ricos en ácidos grasos poliinsaturados EPA y DHA es insuficiente para satisfacer los requerimientos nutricionales de la sociedad en estos ácidos grasos. El enriquecimiento de huevos de gallinas ponedoras en ácidos grasos poliinsaturados n3 constituye una estrategia exitosa para promover un adecuado suministro de estos compuestos a la población, especialmente en aquellos casos en que el consumo de alimentos marinos es reducido (Ebeid, 2011); logrando así que los beneficios derivados de una dieta rica en ácidos grasos n3 sean alcanzables para la mayoría de la población (Aydin y Dogan, 2010).

Estos dos hechos han propiciado que el enriquecimiento en ácidos grasos n3 mediante distintos métodos haya sido objeto de estudio de numerosas investigaciones. Una de las estrategias más ampliamente estudiada y que ha ofrecido resultados positivos para influir sobre el perfil de ácidos grasos de la yema del huevo, es la introducción de sustancias con alto contenido en ácidos grasos n3 en la dieta de las gallinas ponedoras. Estos métodos han resultado eficaces para la mejora del ratio n6/n3 en la grasa de la yema del huevo; y distintos investigadores han observado otros efectos positivos sobre algunas propiedades organolépticas, el rendimiento, o las propiedades antioxidantes de los huevos. Otros autores han investigado posibles efectos negativos que podrían derivarse de la inclusión de fuentes de ácidos grasos n3 en la dieta de las gallinas ponedoras, sobre el desarrollo de folículos en los ovarios, sobre la intensidad de su respuesta inmunológica o sobre las características del hueso tibial, aunque no se han observado dichos efectos negativos (Ebeid, 2011). En definitiva, varios autores han concluido que la suplementación a través de la dieta en aves de corral es un método que permite

manipular el contenido en ciertos micronutrientes y componentes bioactivos en los huevos, con la finalidad de mejorar la ingesta de nutrientes de los consumidores y mejorar su salud. (Yannakopoulos *et al.*, 2005).

Durante los últimos años se ha investigado la capacidad de distintas fuentes para la obtención de huevos enriquecidos en ácidos grasos n3 a través de la alimentación de las gallinas:

- Aceites de pescado y algas marinas. Contienen largas cadenas de ácidos grasos omega 3 DHA y EPA (Ebeid, 2011; Yannakopoulos *et al.*, 2005., Aydin y Dogan, 2010; Ayerza y Coates, 2001).
- Linaza y semillas de chia, y sus aceites. Ambas semillas son ricas en ALA (Bean and Leeson, 2003; Ayerza y Coates, 2001).
- *Portulaca oleracea*, herbácea anual con un elevado contenido en ácidos grasos n3 (Dalle-Zotte *et al.*, 2005; Aydin y Dogan, 2010; Martínez, 2015).

Sin embargo, se han encontrado interesantes diferencias entre los resultados obtenidos al utilizar una fuente u otra:

- Algunos investigadores señalan la aparición de un cierto olor o sabor a pescado en los huevos producidos por gallinas alimentadas con productos marinos o linaza (Ayerza y Coates, 2001); aunque el origen de este flavor puede estar en la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados o de otras sustancias no lipídicas presentes en el huevo (Ayerza y Coates, 2001).
- Tampoco todas las semillas vegetales que contienen una buena proporción de ALA son fuentes biológicamente equivalentes para la obtención de huevos enriquecidos en n3: varios estudios indican que la linaza contiene componentes antinutricionales que tienen efectos negativos en el crecimiento de gallinas ponedoras y de pollos de engorde, y en la producción de huevos. Uno de estos efectos negativos es la reducción en el peso de las gallinas cuando el contenido en linaza en la dieta se incrementaba. (Ayerza y Coates, 2001). Sin embargo, estos componentes antinutricionales presentes en la linaza no se han encontrado en la chía o en el aceite de chía (Ayerza y Coates, 2001); por lo que desde el punto de vista nutricional, la chía ofrece más ventajas que la linaza en la alimentación de aves de corral (Ayerza y Coates, 2001).

- Otros autores han evaluado los efectos de la verdolaga en la dieta de gallinas ponedoras. Aydin y Dogan (2010) observaron que en concentraciones verdolaga deshidratada del 1 y el 2% algunos parámetros productivos de las gallinas se veían negativamente afectados, la concentración de colesterol no se veía afectada, y el perfil de ácidos grasos se modificó incrementándose su contenido en ácidos grasos n3. Dalle Zotte *et al.* (2005) trabajaron con concentraciones del 20% y observaron una reducción significativa del colesterol en los huevos experimentales, y también cambios en el perfil de ácidos grasos, entre ellos el incremento de ácidos grasos n3. Martínez (2015) no observó cambios en el perfil de ácidos grasos de la yema del huevo, ni en los caracteres sensoriales del huevo, tras la alimentación de gallinas Murcianas con *P.oleracea* fresca.

Además de las diferencias en los efectos producidos, existen diferencias en la disponibilidad y precio de las fuentes ricas en omega 3 que se utilizan para la alimentación de aves de corral: sólo el lino (*Linum usitissimum* L.) y la chia (*Salvia hispánica* L.) se producen a través de prácticas de agricultura tradicional. Estas dos especies son las que tienen las mayores concentraciones en ácidos omega 3 linolénico (Ayerza, 1995; Oomah and Kenasehuk, 1995; Coates and Ayerza, 1996, 1998; citados por Ayerza y Coates, 2001); pero mientras la linaza es una mercancía fácil de encontrar en los mercados mundiales, la chía es un cultivo emergente y no es muy demandado.

Actualmente la tecnología de producción de huevos ha sido profundamente mejorada, y se ha logrado la incorporación de ácidos grasos n3 y de otros compuestos bioactivos como el ácido fólico, el iodo o el selenio a los huevos (Yannakopoulos *et al.*, 2005). La producción y comercialización de huevos enriquecidos en ácidos grasos n3 ya se está llevando a cabo por varias empresas en distintos países (fig 7).



Fig. 7. Ejemplos de huevos enriquecidos en ácidos grasos comercializados por tres empresas diferentes.

1.5.1 ESTABILIDAD OXIDATIVA DE LOS HUEVOS ENRIQUECIDOS

La oxidación lipídica es un fenómeno espontáneo e inevitable que está relacionado directamente con el valor comercial tanto de los compuestos grasos como de los productos que se elaboran a partir de ellos (Bernal *et al.*, 2003). Además, reduce la calidad de los alimentos desde el punto de vista nutricional y sensorial; y puede incluso suponer un riesgo alimentario derivado de la reacción de los radicales libres formados durante la oxidación con otros compuestos presentes en el alimento (Bernal *et al.*, 2003).

En la fracción lipídica de los alimentos, los ácidos grasos insaturados son los que presentan menos estabilidad oxidativa y por tanto más susceptibilidad a oxidarse (Bernal *et al.*, 2003). El incremento en la proporción de ácidos grasos insaturados n3 conlleva un incremento en la susceptibilidad global de la grasa a la oxidación (como consecuencia del aumento en insaturaciones), y por tanto a un mayor riesgo de pérdida de valor nutritivo, de menor aceptación del consumidor y de efectos biológicos adversos (Bernal *et al.*, 2003).

De lo expuesto se extrae que para obtener el efecto beneficioso de los ácidos grasos n3 es necesario conservarlos y protegerlos de la oxidación, acompañando su incremento de una mayor cantidad de compuestos antioxidantes (Bernal *et al.*, 2003).

Antioxidantes sintéticos como el butilhidroxianisol, butilhidroxitolueno, galato de propilo y terbutilhidroquinona y extractos de ciertos condimentos como el romero o el orégano presentan una actividad antioxidante eficaz sobre la grasa del huevo al añadirse en la dieta de las gallinas ponedoras; y se pueden utilizar para aumentar la estabilidad de los huevos enriquecidos con ácidos grasos n3, que son más susceptibles a la oxidación (Bernal *et al.*, 2003, Yannakopoulos *et al.*, 2005).

1.6 La gallina de raza Murciana

La gallina de raza Murciana es un ave rústica, adaptada a las condiciones ambientales de la Región de Murcia, con aptitud tanto de carne como de huevos, que se encuentra en peligro de extinción (Catálogo Oficial de Razas de Ganado de España, Real Decreto 1682/1997; Orden APA/3628/2007) y que incluso se dio por desaparecida en publicaciones especializadas.

Las primeras referencias que se tienen de la gallina Murciana se remontan al año 1933, cuando el profesor Zacarías Salazar y Mouliá seleccionó, de entre los ejemplares que encontró en la vega murciana, a aquellos que mejor expresaban las características de esta raza: gallos de

porte altivo, con plumaje uniforme y bien conformado; y gallinas ponedoras de huevos grandes y blancos (Orozco, 2001).

Estos ejemplares se trasladaron a la Estación del Antiguo Instituto Agrícola de Alfonso XII en la Moncloa, Madrid; donde se aparearon y engendraron crías que fueron prósperas tras alcanzar la madurez. La tercera generación de aves así criadas obtuvo una puesta global considerablemente mayor que las anteriores (Orozco, 2001).

La industrialización de la avicultura y la invasión de híbridos comerciales extranjeros fueron algunas de las causas que frenaron la difusión de razas autóctonas, como la de la gallina Murciana, favoreciendo su desaparición (Orozco, 2001).

Pero aún quedaban algunos especímenes de esta raza en las huertas murcianas, especialmente en el municipio de Lorca, que hicieron posible la puesta en marcha de estrategias para la recuperación de la gallina de raza Murciana.

En estas estrategias han participado distintos organismos y centros de investigación: la Fundación Global Nature (Fondo Patrimonio Natural Europeo), Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (IMIDA), la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), así como diferentes criadores de la Región de Murcia.

En 2010, el grupo de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agrónoma de la UPCT comenzó a desarrollar el proyecto “Constitución y caracterización de un núcleo de gallina Murciana en la ESEA enmarcado dentro del programa de conservación de la raza”, para la recuperación de la gallina Murciana. Su objetivo consistía en conservar el recurso genético que esta raza constituye para la Biodiversidad de la Región de Murcia, y el proyecto estaba justificado por cuatro motivos principales:

1. La gallina Murciana forma parte del patrimonio de la Región y es una herencia cultural para las generaciones futuras.
2. Esta raza está bien adaptada a las condiciones ambientales de la Región, y tiene carácter rústico. Estas dos características hacen que la gallina Murciana sea interesante para producciones alternativas destinadas a la obtención de productos de calidad. A través de la conservación de esta raza se pueden obtener productos de calidad que cubran la demanda de consumidores que buscan alimentos no modificados genéticamente, más sabrosos, naturales, tradicionales, sanos y autóctonos, obtenidos de una forma respetuosa con el medio ambiente.
3. Contribuyen a la economía familiar de zonas rurales.

4. Pueden constituir un entretenimiento, especialmente para las personas mayores, e incluso un reclamo turístico.

Este proyecto contaba con tres gallinas y 2 gallos en el momento de su inicio (año 2010), y se fueron adquiriendo huevos de distintos orígenes: ganaderos de la zona de Lorca, Murcia e incluso Valencia. Los ejemplares se fueron reproduciendo y seleccionando, y en la actualidad el proyecto cuenta con cerca de 70 gallinas y 15 gallos.

El acervo de gallina Murciana de la UPCT se encuentra en la granja de la finca Tomás Ferro, ubicada en la Palma, Cartagena. El sistema de producción que se está utilizando no es completamente ecológico, pero sí que se ajusta a la reglamentación de producciones alternativas. La alimentación de estas gallinas, que tampoco es del todo ecológica, se realiza a base de un pienso comercial de gallinas camperas, cereales en grano, restos de cosechas (Brócoli, melones, tomates...), y forrajes autóctonos como verdolaga o colleja. Esta producción está dirigida a la obtención de productos de calidad, ya sea en forma de huevo o de carne.

El estándar racial y las características morfológicas de la raza aviar gallina Murciana están recogidas en el Anexo III del decreto nº 129/2010 de 4 de mayo, del Consejo de Gobierno; publicado en el BORM nº 132 de 11 de junio de 2010; y se han añadido en el anexo II a este documento.

1.6.1 DESCRIPCIÓN PRODUCTIVA DE LA GALLINA MURCIANA

Esta raza de gallinas pertenece al tronco mediterráneo. Desde el punto de vista productivo pertenece al tipo de gallinas consideradas ligeras, de notable precocidad y de doble aptitud productiva: carne de buena calidad y puesta de huevos que podría ser aumentada por selección. Los parámetros productivos de la raza son bajos, son aves con baja intensidad de puesta, con máximos que alcanzan el 62% en marzo, y si bien la curva de puesta se puede prolongar desde enero hasta noviembre, las puestas en otoño son muy escasas (25% en septiembre, 12 % en octubre y 5 % en noviembre; Poto *et al.*, 2004). El peso medio del huevo está entre los 50-55 g (Martínez *et al.*, 1998), aunque Poto *et al.* (2004) ha encontrado líneas que alcanzan pesos de 63 gramos. El huevo se caracteriza por ser de color rosáceo y de forma ovoide, casi elípticos con diámetros longitudinales grandes respecto al transversal.

El peso medio del pollito al nacimiento se sitúa entre 35-40 g. La coloración al nacimiento es amarillenta, apareciendo a la semana un plumaje negro en las alas del pollito macho (Martínez *et al.*, 1998). En cuanto al crecimiento de los pollitos es lento, si bien es muy variable, así encontramos granjas en las que el pollito a los 70 días pesa 655 g y en otras puede

alcanzar 973 g (Poto *et al.*, 2004). En el núcleo de la UPCT se ha observado que el gallo alcanza los 2 kg de peso vivo a los 120 días, mientras que la gallina a esa edad pesa 1,5 kg. El peso adulto del ave es de 3,40 a 3,75 kg el gallo y 2,30 a 2,60 kg la gallina. En la actualidad solo se conocen ciertos parámetros de producción tradicionalmente estudiados para el resto de las razas avícolas, pero no hay información de parámetros productivos de las aptitudes para las que puede ser destinada la gallina Murciana como la calidad del huevo.

2 OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto fue la inclusión de *Portulaca oleracea* L. (verdolaga) deshidratada al nivel del 4% en la dieta de la gallina Murciana con el fin de obtener un producto funcional de calidad superior con valor añadido, especialmente por su perfil de ácidos grasos.

En este sentido, se han planteado como objetivos particulares:

- Estudiar el efecto de la inclusión de *P. oleracea* deshidratada en la ración de gallinas Murcianas sobre el peso del huevo, la composición porcentual de las diferentes partes del huevo fresco, la proporción de grasa de la yema del huevo y su contenido en materia seca.
- Evaluar su efecto sobre la calidad organoléptica del huevo cocido, tanto en la medida objetiva del color como en la valoración sensorial subjetiva de la clara y de la yema.
- Comprobar si sus efectos sobre el perfil de ácidos grasos de la yema del huevo conducen a la obtención de huevos más saludables, a través de un incremento en los ácidos grasos de la familia omega 3.
- Analizar sus posibles aplicaciones industriales e implicaciones económicas.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento consistió en el cultivo de *Portulaca oleracea* y su deshidratación en una estufa, para añadirla a la ración del grupo experimental de gallinas Murcianas a un nivel de inclusión del 4%, y comparar si tuvo algún efecto respecto al grupo de gallinas Murcianas control en las características del huevo, sus caracteres sensoriales o su perfil de ácidos grasos.

3.1 Material vegetal

Se seleccionaron las accesiones CM-01-00216 y CM -01-00218 de *Portulaca oleracea* L. del Banco de Germoplasma del Departamento de Producción Vegetal de la ETSIA (UPCT). La selección se hizo teniendo en cuenta su alto porcentaje de germinación (85%), superior al de otras accesiones.

3.1.1 CULTIVO DE LA VERDOLAGA

Se sembraron 0,207g de la accesión 216 y 0,217g de la accesión 218 (unas 800 semillas en total) en bandejas de poliestireno.

Trascurridos 44 días desde la siembra se trasplantaron las plantas de verdolaga en dos líneas de cultivo en caballones, una a cada lado de la manguera de riego, y en disposición a tresbolillo de 15cm (fig. 8).

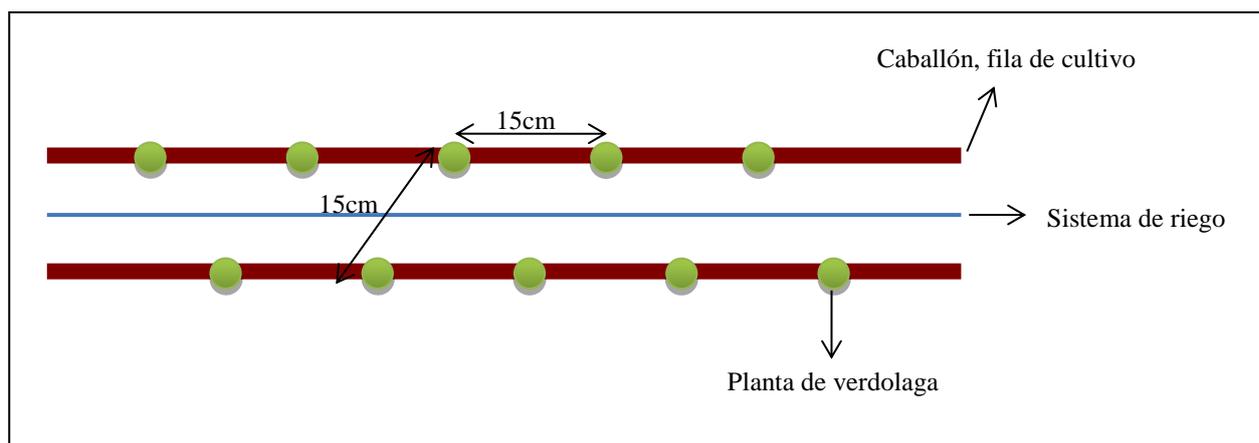


Fig. 8. Esquema del marco de plantación del material vegetal utilizado.

Después de 33 días de crecimiento a partir del trasplante al suelo se segaron las plantas.

3.1.2 PREPARACIÓN PARA SU SUMINISTRO

Se secó la verdolaga en una estufa a 70°C durante 48h y se trituró la parte aérea utilizando un robot de cocina.

3.1.3 ANÁLISIS DE ÁCIDOS GRASOS DE *P.OLERACEA*

Se analizó el perfil de ácidos grasos de la parte aérea de verdolaga completa (tallos + hojas) deshidratada, mediante el protocolo de síntesis directa de FAME (Fatty Acid Methyl Ester; O'Fallon *et al.*, 2007), que se detalla en el apartado 3.2.5 de este documento. Aunque en este trabajo se utilizó la verdolaga completa deshidratada también se analizaron por separado las hojas y los tallos previamente liofilizados. Las hojas se analizaron por duplicado y los tallos una sola vez.

Se partió de 1,25g de verdolaga deshidratada y liofilizada, con base en datos previos respecto a la humedad de la planta (90%) y a su contenido en grasa (aproximadamente 2mg de ácidos grasos en 1g de materia fresca), y con la finalidad de obtener un total de alrededor de 25mg de fracción grasa para poder llevar a cabo la extracción de ácidos grasos por el método de síntesis directa de FAME.

3.2 Material animal

El experimento se realizó en gallinas de raza Murciana, en el Núcleo de gallina Murciana con REGA ES300161440128 ubicado en la Estación Experimental Agroalimentaria “Tomás Ferro” (ESEA), en La Palma, Finca Casas Grandes sn, 30593, Cartagena.

Los animales se mantuvieron en un sistema de producción extensivo, alojados en una nave con cama de paja y con acceso a un parque de ejercicio. Disponían de un 1m² y 4m² por animal de superficie cubierta y de parque, respectivamente. Se utilizaron 15 módulos de reproductores, cada uno de ellos formados por un gallo y cinco gallinas. El grupo control estuvo formado por 7 módulos (7 gallos y 35 gallinas) y el grupo experimental por 8 módulos (8 gallos y 40 gallinas).

3.2.1 SUMINISTRO DEL ALIMENTO

El experimento se realizó controlando la alimentación de las gallinas durante 21 días de acuerdo con Dalle Zotte *et al.* (2005).

- El grupo control se alimentó *ad libitum* con un pienso comercial en migajas cuyo valor nutricional se resume en la tabla 6.

Tabla 6. Información nutricional por kilogramo de pienso base para la alimentación de las gallinas.

Energía metabolizable	11,1 MJ
Proteína Bruta	16,2%
Calcio	4,15%
Fósforo	0,62%
Lisina	0,67%
Metionina	0,35%

Las materias primas que incluía el pienso son: maíz, harina de extracción de soja tostada y decorticada, cebada, carbonato cálcico, aceite de soja, fosfato monocálcico, cloruro de sodio y bicarbonato de sodio.

- El grupo experimental se alimentó también *ad libitum*, con el mismo pienso comercial, al que se añadió 40g de verdolaga deshidratada por kilogramo de pienso (nivel de inclusión 4%).

3.3 Muestreo y procesado de los huevos

Se recogieron 72 huevos, muestra mucho más numerosa que la utilizada por otros autores, de los distintos gallineros tras 21 días desde el inicio de la alimentación experimental, y se clasificaron en:

- Huevos control (HC), procedentes de gallinas control.
- Huevos con verdolaga (HV), procedentes del grupo experimental de gallinas

Aproximadamente la mitad de los huevos fueron de cada tipo. Se numeraron las muestras y se determinaron las características y calidad organoléptica del huevo, y el perfil de ácidos grasos de la yema para ambos grupos.

3.3.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS HUEVOS

Se determinó el porcentaje en peso de la yema, de la clara, y de la cáscara respecto al peso total del huevo. Se determinó también el contenido en materia seca de la yema, tras liofilizarla a -40°C durante 24h:

$$\% M.S = \frac{\text{Masa yema liofilizada}}{\text{Masa yema fresca}}$$

Para determinar estos parámetros, se pesó el huevo entero y después se rompió para separar y pesar claras, yemas y cáscaras. Las claras se conservaron en duquesas de plástico con tapón de rosca a -20°C , y las yemas se conservaron, en placas Petri, a -80°C hasta la realización de los demás análisis.

3.3.2 CARACTERES ORGANOLÉPTICOS

Se determinó el color y las características organolépticas de los huevos previamente cocidos.

- **Cocción de los huevos:** se cocieron los huevos en un baño de agua hirviendo, y se sacaron cuando el *eggtimer* (fig. 9) indicó que estaban duros.



Fig. 9. Eggtimer

- **Medida del color:** la determinación del color de las claras y las yemas de huevo cocido se llevó a cabo con un colorímetro Minolta, que asigna a cada color tres coordenadas del espacio CIE $L^*a^*b^*$, y calculando sus correspondientes coordenadas en el espacio CIE L^*C^*h . De cada muestra se tomaron seis medidas, tres de la clara y tres de la yema; y se apuntaron los valores obtenidos de los parámetros L^* , a^* y b^* . Posteriormente se calcularon los valores de los parámetros C^* y h^* como:

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$h^* = \text{Arctg} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

- **Cata:** la cata se realizó a través de un panel de 31 catadores. Cada catador evaluó tres muestras; de entre 48 muestras de huevos control y 45 de huevos con verdolaga. A cada catador se le entregó una ficha de cata como la que se recoge en el Anexo III. Se utilizó una escala hedónica de valoración del 1 al 5, en la que

3 es la puntuación neutra para la cual la muestra no agrada ni satisface al catador, valores inferiores a 3 indican que la muestra desagrada al catador, y valores superiores a 3 indican que la muestra satisface al catador (puntuaciones intermedias en fig. 22, Anexo III). Las muestras se cortaron en cuatro porciones y se colocaron en platos siguiendo el procedimiento propuesto por Parpinello *et al.* (2006).

3.3.3 PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS

Se determinó el perfil de ácidos grasos de las yemas de las muestras en cuatro etapas:

1. Liofilización y trituración de las yemas conservadas a -80°C .
2. Extracción en frío de la fracción grasa mediante el método de Folch (1957), y posterior evaporación de los disolventes.
3. Separación y extracción de ácidos grasos por el método de síntesis directa de FAME (Fatty Acid Methyl Ester; O'Fallon *et al.*, 2007).
4. Identificación de tipos y proporciones de ácidos grasos por cromatografía de gases.

Liofilización y trituración de las yemas

Las yemas congeladas a -80°C se introdujeron en el liofilizador y se mantuvieron en condiciones de vacío a -40°C durante 24h. Después se trituraron en un molinillo de chuchillas eléctrico.

Extracción en frío de la fracción grasa mediante el método de Folch

Se utilizó como disolvente orgánico para la extracción de la fracción grasa una mezcla diclorometano:metanol (2:1). Las calidades de los reactivos utilizados fueron:

- Diclorometano HPLC (CH_2CL_2)
- Metanol (UV-IR-HPLC-HPLC isocrático) PAI – ACS (CH_3OH)

Para cada muestra, el procedimiento a seguir fue el que se describe a continuación:

- Se pesaron 5g de yema liofilizada en un vaso de precipitado y se añadieron 25ml de la mezcla de disolvente. Se agitó con una cucharilla.
- A continuación se colocó el papel de filtro en un embudo y se filtró la muestra, colocando el filtrado en un tubo de cristal. Se añadieron otros 35ml de disolvente a la yema triturada que quedaba en el papel de filtro en el embudo, para completar la extracción de la fase grasa que quedaba retenida en la yema liofilizada.
- Por último, se evaporaron los disolventes de las muestras en un evaporador con nitrógeno gaseoso (Turbovap de Vertex) y baño de agua a 30°C; y se separó la fase grasa con una micropipeta. La fase grasa se mantuvo en tubos Eppendorf para continuar con la extracción de ácidos grasos.

Separación y extracción de ácidos grasos por el método de síntesis directa de FAME

Se cuantificaron los ésteres de los ácidos grasos (FAME) que se indican en la tabla (). La cuantificación se basó en la adición de patrón interno (C13:0) durante la preparación de las muestras, y en el posterior uso del factor de respuesta de este patrón interno como referencia para la determinación de la proporción del resto de ésteres metílicos de los ácidos grasos. Se calculó el factor de respuesta de cada ácido graso utilizando el estándar de ácidos grasos Supelco 37 Component FAME Mix. Su cromatograma se encuentra recogido en el Anexo IV de este documento.

El protocolo de síntesis directa de FAME consta de cuatro etapas:

1. Saponificación de los acilglicéridos
2. Metilación de los ácidos grasos (fig.10)

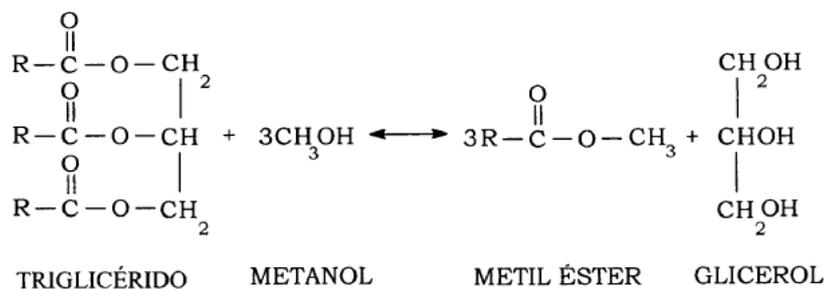


Fig. 10. Reacción de formación de ésteres metílicos de los ácidos grasos.

3. Extracción de los ésteres metílicos de los ácidos grasos formados
4. Análisis mediante cromatografía de gases

Estas cuatro etapas se llevan a cabo mediante la adición de cinco reactivos:

- *Reactivo 1:* KOH 10N es agua. Se añade para la saponificación de los acilglicéridos y para la catálisis de la reacción de metilación de los ácidos grasos que se encontraban esterificados.
- *Reactivo 2:* MeOH (metanol). Reactivo para la metilación de los ácidos grasos
- *Reactivo 3:* Patrón interno (0,5mg/ml de C13:0 en MeOH), como ácido graso de referencia.
- *Reactivo 4:* H₂SO₄ 24N. Catalizador de la reacción de metilación de todos los ácidos grasos (los que se encontraban esterificados y los que se encontraban libres).
- *Reactivo 5:* Hexano 95% HPLC. Extracción de los ésteres metílicos.

El protocolo de síntesis directa de FAME consistió, para cada muestra, en:

- Medir 40 µl de fase grasa y colocarlos en un tubo Pyrex de 15ml con tapón de teflón, y añadir 0,7ml de KOH 10N en agua, 5,3ml de MeOH y 1ml de la solución de patrón interno.
- Incubar en baño de agua a 55°C durante 1,5h agitando cada 20 minutos con vortex.
- Enfriar hasta temperatura ambiente con agua del grifo y añadir 0,58ml de H₂SO₄ 24N.
- Mezclar el contenido del tubo por inmersión e incubar de nuevo en baño de agua a 55°C 1,5h agitando cada 20 minutos con vortex.
- Enfriar con agua del grifo y añadir 1,5ml de hexano 95% HPLC en campana extractora.
- Centrifugar los tubos a 3000 rpm durante 5 minutos.
- Separar la fase orgánica con una pipeta e introducirla en un vial para cromatografía de gases.
- Pinchar 0,5µl en el cromatógrafo de gases bajo las condiciones indicadas en la tabla 7:

Tabla 7. Condiciones de trabajo de la cromatografía de gases.

Columna	Supelco SP-2560 (100m x 0,25mm x 0,2µl)
Gas portador	Helio a velocidad lineal de 20cm/s

Relación de split	1:50
Tª inyector y detector FID	260°C
Rampa Tª horno	Inicial de 140°C durante 5 minutos a continuación incrementar a razón de 4°C/min hasta alcanzar 240°C y mantener durante 30 minutos, para volver a las condiciones iniciales.
Patrón de ésteres metílicos	Signal Aldrich 47885-U

En la cromatografía de gases se midieron las áreas de respuesta de los ésteres metílicos de los ácidos grasos que se indican en la tabla 8:

Tabla 8. Lista de ácidos grasos determinados mediante cromatografía de gases: ácidos grasos saturados.

Ácidos grasos saturados (SFA)		
Nomenclatura sistemática	Nombre común	Nº de C
Ácido hexanoico	ac. Caproico	C6:0
Ácido octanoico	ac. Caprílico	C8:0
Ácido decanoico	ac. Cáprico	C10:0
Ácido undecanoico	ac. Undecílico	C11:0
Ácido dodecanoico	ac. Láurico	C12:0
Ácido tridecanoico	ac. tridecílico	C13:0
Ácido tetradecanoico	ac. Mirístico	C14:0
Ácido pentadecanoico	ac. Pentadecílico	C15:0
Ácido hexadecanoico	ac. Palmítico	C16:0
Ácido heptadecanoico	ac. Margárico	C17:0
Ácido octadecanoico	ac. Esteárico	C18:0
Ácido eicosanoico	ac. Araquídico	C20:0
Ácido heneicosanoico	-	C21:0
Acido docosanoico	ac. Behénico	C22:0
Ácido tricosanoico	-	C23:0
Ácido tetracosanoico	ac. Lignocérico	C24:0
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)		
Ácido cis-9-tetradecenoico	ac. Miristoleico	C14:1 n5
Ácido cis-10-pentadecenoico	-	C15:1 n5
Ácido cis-9-hexadecenoico	ac. Palmitoleico	C16:1 n7
Ácido cis-10-heptadecenoico	-	C17:1 n7
Ácido trans-9-octedecenoico	ac. Elaídico	C18:1 n9 t
Ácido cis-9-octadecenoico	ac. Oléico	C18:1 n9 c
Ácido cis-11-eicosenoico	ac. Gadoleico	C20:1 n9
Ácido cis-13-docosenoico	ac. Erúico	C22:1 n9
Ácido cis-15-tetracosenoico	ác. Nervónico	C24:1 n9
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)		
Familia omega 3		
Ácido cis-9,12,15-octadecatrienoico	ac. Alfa linolénico	C18:3 n3
Ácido cis-11,14,17-eicosatrienoico	-	C20:3 n3
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoico	EPA / ac. Timnodónico	C20:5 n3
Ácido cis-4,7,10,13,16,19-docosahexaenoico	DHA / ac. Cervónico	C22:6 n3

Familia omega 6		
Ácido trans-9,12-octadecadienoico	ac. Linolelaídico	C18:2 n6 t
Ácido cis-9,12- octadecadienoico	ac.Linoleico	C18:2 n6 c
Ácido cis-6,9,12-octadecatrienoico	ac. Gamma linolénico	C18:3 n6
Ácido cis-11,14-eicosadienoico	-	C20:2 n6
Ácido cis-8,11,14-eicosatrienoico	ac. Dihomo-gamma-linolénico	C20:3 n6
Ácido cis-5,8,11,14-eicosatetraenoico	ac. Araquidónico	C20:4 n6
Ácido cis-13,16-docosadienoico	-	C22:2 n6

Finalmente se obtuvo el porcentaje de cada ácido graso considerándolo igual al porcentaje de su correspondiente éster metílico sobre el total mediante la expresión:

$$\%_{a.g} = \frac{\frac{FR \cdot Response_{a.g}}{Response_{ref}}}{\sum \frac{FR \cdot Response_{a.g}}{Response_{ref}}} \cdot 100$$

Donde:

- %_{a.g} es el porcentaje de cada ácido graso
- FR es el factor de respuesta de cada éster metílico de ácido graso
- Response_{ag} es el área de respuesta del éster metílico de ácido graso
- Response_{ref} es el área de respuesta del éster metílico del ácido graso de referencia, en este caso el ácido tridecílico (patrón interno).

3.4 Análisis estadístico

La mayor parte de los datos fueron analizados mediante el paquete estadístico SPSS® (v.19.0) (SPSS, Chicago, IL, USA). Una vez comprobadas las hipótesis de normalidad y de homocedasticidad, se llevó a cabo el siguiente modelo lineal general (GLM):

$$y_{ij} = \mu + tratamiento_i + e_{ij};$$

donde y_{ij} es la observación del huevo j^{th} procedente del tratamiento i^{th} , μ es la media global, $tratamiento$ es el efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de las gallinas ($i = 0$ o 1 , sin o con verdolaga respectivamente), y e_{ij} es el error residual. Se consideró un nivel significativo para $P < 0.05$ y muy significativo para $P < 0.01$.

En el caso de la cata sensorial, debido a que no presentaron una distribución normal, no se realizó el GLM. Para obtener conclusiones se representaron las distribuciones sobre las preferencias de los catadores para todos los parámetros incluidos en la cata.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Material vegetal: perfil de ácidos grasos de la *P. oleracea*

La tabla 9 recoge los perfiles de ácidos grasos obtenidos para las muestras de verdolaga completa deshidratada (tallos + hojas) y de los tallos y hojas liofilizados por separado.

Tabla 9. Resultados del perfil de ácidos grasos de la verdolaga completa y de tallos y hojas. Resultados en % respecto al total de ácidos grasos.

Nombre común	Nº de Carbonos	Tallo (n=1)	Hojas (n=2)		Verdolaga completa (n=2)	
			Media	Rango	Media	Rango
SFA						
ac. Caproico	C6:0	-	-	-	0,058	0,055-0,061
ac. Caprílico	C8:0	-	-	-	0,042	0,038-0,046
ac. Cáprico	C10:0	-	-	-	0,061	0,048-0,073
ac. Láurico	C12:0	0,306	0,563	0,528-0,599	1,118	1,031-1,204
ac. Mirístico	C14:0	0,565	0,755	0,724-0,786	1,344	1,291-1,398
ac. Pentadecílico	C15:0	-	-	-	0,517	0,484-0,549
ac. Palmítico	C16:0	22,025	13,781	13,557-14,006	11,017	10,871-11,163
ac. Margárico	C17:0	0,665	0,483	0,475-0,490	1,688	1,613-1,763
ac. Esteárico	C18:0	5,241	2,609	2,563-2,655	4,720	4,633-4,807
ac. Araquídico	C20:0	1,292	0,657	0,641-0,672	0,880	0,826-0,934
-	C21:0	-	-	-	0,108	0,100-0,117
ac. Behénico	C22:0	1,167	1,058	1,038-1,078	-	-
-	C23:0	-	0,171	0,000-0,343	0,436	0,434-0,438
ac. Lignocérico	C24:0	1,579	1,351	1,293-1,410	3,342	2,925-3,758
	Total SFA	32,841	21,429	21,319-21,540	26,869	26,371-27,367
MUFA						
ac. Oleico	C18:1 n9c	6,191	2,813	2,776-2,849	7,978	7,841-8,116
	Total MUFA	6,191	2,813	2,776-2,849	7,978	7,841-8,116
PUFA						
Familia omega 3						
ac. Alfa linolénico	C18:3 n3	20,817	60,735	60,671-60,800	27,480	27,410-27,550
	Total PUFA n3	20,817	60,735	60,671-60,800	27,480	27,410-27,550
Familia omega 6						
ac. Linoleico	C18:2 n6c	40,151	15,023	15,013-15,033	37,573	37,007-38,140
	Total PUFA n6	40,151	15,023	15,013-15,033	37,573	37,007-38,140
	Ratio n6/n3	1,929	0,247	0,247	1,367	1,350-1,384
	Total PUFA	60,968	75,758	75,684-75,832	65,053	64,416-65,689

Los resultados mostraron algunas diferencias entre el perfil de ácidos grasos de las distintas partes de la verdolaga. La diferencia más interesante consistió en una gran reducción del contenido en ácido alfa linolénico (ALA) en los tallos (21%) o en la verdolaga completa (27,5%) respecto a las hojas (61%). El menor contenido de la verdolaga completa pudo deberse a que la verdolaga deshidratada además de hojas, contenía también tallos, si bien también puede ser debido a la destrucción parcial de ALA durante la deshidratación. El contenido en ácido palmítico también se redujo en las muestras de verdolaga completa deshidratada, posiblemente a consecuencia de las altas temperaturas a las que se sometieron durante el proceso de deshidratación.

En términos generales, los ácidos grasos más abundantes encontrados en las muestras analizadas fueron el ácido alfa linolénico, el ácido linoleico, el palmítico y el oleico, aunque se detectaron pequeñas cantidades de otros ácidos grasos; al igual que Gerrero *et al.* (1998), Liu *et al.* (2000) y Martínez (2015).

En las muestras de verdolaga liofilizada se observan diferencias significativas en el perfil de ácidos grasos de los dos órganos analizados, aunque los ácidos grasos detectados en ambos órganos fueron los mismos. El tallo contuvo mayor proporción de SFA (33% frente a 21%), especialmente de ácido palmítico; y también de MUFA (ácido oleico) (6,2% frente a 3%) y de PUFA n6 (ac. linoleico) (40 % frente a 15%). Sin embargo las hojas contuvieron un total de PUFA mayor que el tallo debido a una cantidad mucho mayor de ALA (61% frente a 21%). Como consecuencia, el ratio n6/n3 fue mucho menor en las hojas (0,25) que en el tallo (1,93). Estos resultados están en concordancia con Liu *et al.* (2000), que encontraron que en las hojas los cuatro ácidos grasos mayoritarios son, en orden decreciente, el ácido ALA, el ácido palmítico, el ácido linoleico y el ácido oleico (aunque según el cultivar el ácido linoleico puede ser más abundante que el palmítico); pero sin embargo los tallos contienen una proporción mucho menor de ácido alfa linolénico, por detrás del ácido linoleico y del ácido palmítico, aunque con variaciones también según el cultivar.

En las muestras de verdolaga deshidratada se detectaron trazas de algunos SFA que no se detectaron en las muestras de verdolaga liofilizada (tabla 9); y, a excepción de los ácidos palmítico y linolénico, en general el resto de ácidos grasos presentaron en la verdolaga deshidratada valores intermedios entre los de los tallos y los de las hojas liofilizadas. Aun así, los resultados obtenidos para la verdolaga deshidratada están más próximos a los resultados del tallo liofilizado, por lo que cabe pensar que la mezcla deshidratada tuvo una mayor proporción de tallos que de hojas.

El perfil de ácidos grasos de la verdolaga deshidratada estuvo compuesto en un 65,1% de PUFA, en un 26,9% de SFA y en un 8% de ácidos MUFA:

- SFA: el ácido palmítico es el que se encontró en una proporción más significativa, un 11% del total de ácidos grasos. Otros ácidos grasos saturados se encontraron en las muestras analizadas en proporciones superiores al 1% pero mucho menos abundantes que el ácido palmítico: el ácido esteárico, en una proporción del 4,7%; el ácido lignocérico (3,3%); el ácido margárico (1,7%); el ácido behénico (1,6%) y el ácido láurico (1,1%). En proporciones inferiores al 1% se identificaron también, en orden decreciente, los siguientes SFA: ácido araquídico, ácido pentadecílico, ácido tricosanoico, ácido heneicosanoico, ácido cáprico, ácido caproico y ácido caprílico.
- MUFA: el 100% de los correspondió al ácido oleico, que fue el único MUFA presente, representando un 8% sobre el total de ácidos grasos.
- PUFA: en las muestras analizadas sólo se cuantificaron dos PUFA. Por un lado el ácido linoleico, de la familia de los omega 6, con una presencia del 37,6% sobre el total; y por otro lado el ALA, de la familia de los omega 3, con una presencia del 27,5% sobre el total. El ratio n6/n3 de la muestra fue de 1,4; que es muy superior al que resultó en las hojas .

En resumen, los ácidos grasos más abundantes en la muestra de *P.oleracea* deshidratada analizada fueron el ácido linoleico y el ácido alfa linolénico, que en conjunto abarcaron el 65% de todo el perfil; seguidos de los ácidos palmítico, y oleico, que aunque fueron los siguientes ácidos grasos más abundantes, se encontraron en una proporción mucho menor que los dos primeros. Los ácidos grasos omega 3 representaron un interesante 27,5% del total de ácidos grasos de la muestra analizada.

Las muestras de verdolaga deshidratada analizadas presentaron una mayor proporción de ácido linoleico que de ácido alfa linolénico, y esto puede explicarse porque el tejido analizado no pertenecía solamente a las hojas, sino que se mezcló con el tallo, que es mucho más pobre en ácido alfa linolénico y más rico en ácido alfa linoleico, como se puede observar en la tabla 9 y en concordancia con Liu *et al.* (2000).

Estos resultados se aproximaron a los obtenidos en las fuentes consultadas, en las que se indica también que la cantidad y tipo de cada ácido graso en *P. oleracea* se ven influenciadas por

el estado de desarrollo en el momento de la cosecha (Liu *et al.*, 2000), el cultivar y también por el tejido que se considere (Liu *et al.*, 2000). Aydin y Dogan (2010) señalan que los cuatro ácidos grasos más abundantes en la verdolaga son, en orden decreciente, el ALA, el ácido palmítico, el ácido linoleico y el ácido oleico, pero no especifican el órgano u órganos analizados. Otros autores encontraron que en verdolaga cosechada en una fecha más temprana la proporción de ácido alfa linolénico es mayor a la del ácido linoleico; pero sin embargo la verdolaga cosechada en una fecha más tardía la proporción de ácido linoleico es mayor que la de ácido alfa linolénico (comunicación personal).

Por último, es importante destacar la ausencia en las muestras analizadas de ácidos grasos omega 3 de cadena larga, el EPA y el DHA, tanto en los resultados obtenidos en este estudio como en los resultados obtenidos por otros autores.

4.2 Efectos sobre las características del huevo

El peso medio de los huevos fue de en torno a 60g, valor superior al encontrado por otros autores (Martínez *et al.*, 1998), si bien esto fue debido a que se excluyeron los huevos con un peso inferior a 55g. El rango de pesos de los huevos seleccionados estuvo comprendido entre 41,2 y 72,3g; y se comprobó que finalmente la covariable peso del huevo no tuvo un efecto significativo sobre la proporción de las distintas partes del huevo (Grobas y Mateo, 1996), por lo que no se tuvo en cuenta en el modelo lineal general del tratamiento estadístico. Respecto a la composición de las distintas partes del huevo (tabla 10) se observan los siguientes porcentajes: clara 55-54%, yema 30-31% y cáscara 13-14%, que están dentro de los valores normales (Grobas y Mateo, 1996).

En el análisis del efecto de la inclusión de la verdolaga en la alimentación de las gallinas sobre las características de los huevos, solamente se observaron diferencias significativas para los parámetros porcentaje de cáscara y porcentaje de fracción grasa de la yema (tabla 10). Aydin y Dogan (2010) no encontraron diferencias significativas en los porcentajes relativos de las distintas partes del huevo, aunque sí encontraron que las dietas que incluían verdolaga al 1 y al 2% causaron huevos de mayor peso que la dieta control.

Aunque el porcentaje de cáscara de los HC (13,85%) sólo fue ligeramente superior al porcentaje de cáscara de los HV (12,98%), las diferencias en el porcentaje de fracción grasa fueron más evidentes. Se cuantificó en un 43,46% la fracción grasa en HC y en un 51,58% la fracción grasa en HV, lo cual indica una diferencia de 8,12 puntos entre ambos tratamientos.

Tabla 10. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre la composición porcentual de las distintas partes del huevo y sobre el porcentaje de la fracción grasa de la yema.

	Huevos control			Huevos verdolaga			Δ	Sig
	n	m	e.t	n	m	e.t		
Peso total fresco (g)	29	59,04	1,07	29	61,46	1,07	2,42	ns
% yema	29	30,89	0,40	29	31,03	0,40	0,14	ns
% clara	27	54,48	0,68	28	54,37	0,67	0,11	ns
% cáscara	29	13,86	0,24	29	12,98	0,24	0,88	*
% m.s	29	51,99	0,27	29	51,37	0,27	0,62	ns
% fracción grasa	17	43,46	2,58	24	51,58	2,17	8,34	*

n= número de datos, m = media, e.t. = error típico

Nivel de significación (Sig): *P < 0,05; **P < 0,01; ns = no significativo

Aydin y Dogan (2010) analizaron también los efectos de las dietas con verdolaga deshidratada al 1 y 2% sobre las características productivas de la gallina, y encontraron que el peso de la gallina, y la eficiencia alimentaria se redujeron respecto al grupo control, mientras que el peso del huevo y la producción de huevos se incrementaron en las dietas que incluían verdolaga.

4.3 Efectos sobre características sensoriales

4.3.1 COLOR

El color es un parámetro muy importante para el consumidor a la hora de juzgar la calidad de los alimentos, y en el huevo es especialmente importante el color de la yema. Sin embargo, las preferencias de los consumidores respecto al color de la yema están en continuo cambio y dependen de factores geográficos y culturales. Aunque no existe un consenso acerca de cuál es el color de la yema que más gusta a los consumidores, en general resultan atractivos los tonos intensos, próximos al amarillo dorado (Vuilleumier, 1969; Beardsworth y Hernandez, 2004).

Como se puede observar en la tabla 11, se obtuvieron diferencias significativas en algunos parámetros de la medida de color tanto para la clara como para la yema.

Tabla 11. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la yema y de la clara de huevos cocidos.

		Huevos control			Huevos verdolaga			Δ	Sig
		n	m	e.t	n	m	e.t		
Yema									
	L*	42	63,87	1,03	97	60,87	0,67	3,00	*
	a*	42	4,71	0,58	97	7,50	0,38	2,79	**
	b*	42	51,36	1,12	97	53,06	0,73	1,70	ns
	Chroma*	42	51,68	1,04	94	53,05	0,69	1,37	ns
	Hue*	42	84,98	0,57	95	82,04	0,38	2,94	**
Clara									
	L*	42	93,28	0,29	94	93,76	0,19	0,48	ns
	a*	41	-9,41	0,14	96	-10,05	0,09	0,64	**
	b*	42	13,8	0,22	95	14,01	0,15	0,21	ns
	Chroma*	38	17,11	0,21	96	17,22	0,13	0,11	ns
	Hue*	41	124,27	0,50	89	125,92	0,34	1,65	**

n= número de datos, m = media, e.t. = error típico

Nivel de significación (Sig): *P < 0,05; **P < 0,01; ns = no significativo

En la yema se obtuvieron diferencias en la luminosidad (L*), en el parámetro a* y en el ángulo hue (Hue*). Los HC obtuvieron mayores valores de luminosidad, lo cual indica que sus yemas fueron algo más blancas que las yemas de los huevos experimentales (HV). Las diferencias en el parámetro a* indican que los colores de las yemas de los HC y de las yemas de los HV se encontraron en posiciones diferentes del eje a* del espacio CIE L*a*b*. Las yemas de los HV tuvieron un valor de a* mayor, por lo que su posición es más cercana al rojo que las de las yemas de los HC. Las muestras de HC tuvieron mayor ángulo Hue. Esta medida indica el tono o matiz de un color, y se mide como un ángulo que vale 0° cuando está sobre el eje a*. Que el valor del ángulo Hue de las yemas de los HC sea mayor, indica que su color es más cercano al amarillo que el de las yemas de los HV.

En la clara solamente se obtuvieron resultados significativos para los parámetros a* y Hue*. Las claras de los HC y de los HV obtuvieron valores negativos para el parámetro a*, lo cual las sitúa en posiciones cercanas al verde, en lugar de al rojo. Las claras de los HV obtuvieron valores más cercanos al verde que las claras de los HC. Respecto al ángulo Hue, su valor fue ligeramente mayor en las claras de los HV que en las claras de los HC, lo cual indica que el tono de las claras de los huevos experimentales estuvo más próximo al verde que las de los huevos control.

Las posiciones obtenidas tanto para el color de la yema como para el de la clara concuerdan en el espacio CIE $L^*a^*b^*$ y en el espacio $L^*C^*h^*$. Esto queda ejemplificado en el color de la clara de los huevos experimentales, que ha obtenido un valor menor del parámetro a^* , correspondiente a un tono más verdoso, y también un mayor ángulo Hue, que por su posición también corresponde a un tono más verdoso.

En resumen, las diferencias de color que se encontraron fueron:

- Huevos experimentales con yemas más oscuras y rojizas (anaranjadas), y claras más verdosas.
- Huevos control con yemas más luminosas y amarillentas, y claras más alejadas del tono verde.

Si se comparan los resultados arriba expuestos con los obtenidos con Martínez (2015), los huevos experimentales con verdolaga deshidratada tuvieron yemas más anaranjadas que las yemas de huevos experimentales con verdolaga fresca; aunque este autor no encontró diferencias significativas en las características organolépticas de los huevos experimentales respecto a los huevos control.

Otros autores (Aydin y Dogan, 2010) han determinado el color de la yema utilizando métodos de comparación del color de la muestra con cartas de color adecuadas para tal fin sin obtener diferencias significativas. Concretamente, la escala de color que está más extendida en la industria alimentaria para la medida de la yema de huevo, es la de Roche (Roche Yolk Color Fan), que en 2003 fue reemplazada por la escala DSM (DSM Yolk Color Fan) (Fig. 11). Aydin y Dogan (2010) obtuvieron los resultados no significativos de 9,73, 9,67 y 9,58 para las yemas de los huevos control, huevos con verdolaga deshidratada al 1% de nivel de inclusión y al 2%, respectivamente; siendo los huevos con más verdolaga en su ración los más amarillos que los huevos control, resultado que concuerda con el obtenido en este estudio.



Fig. 11. Carta de color de la yema de huevo según el índice Roche Fan.

Fuente: DSM guidelines for egg yolk pigmentation with CAROPHYLL.

4.3.2 CATA

A continuación se detallarán los resultados obtenidos en la aceptación y apariencia general, y en el color, aroma, textura y sabor de la yema y de la clara por separado.

ACEPTACIÓN GLOBAL: en la figura 12 se muestra que un 47% de los catadores valoraron con un 4 la aceptación global de los HC, frente al 40% en los HV. Sin embargo, la proporción de catadores a los que les gustaron mucho los HV fue mayor que en los HC (32% frente a 29%).

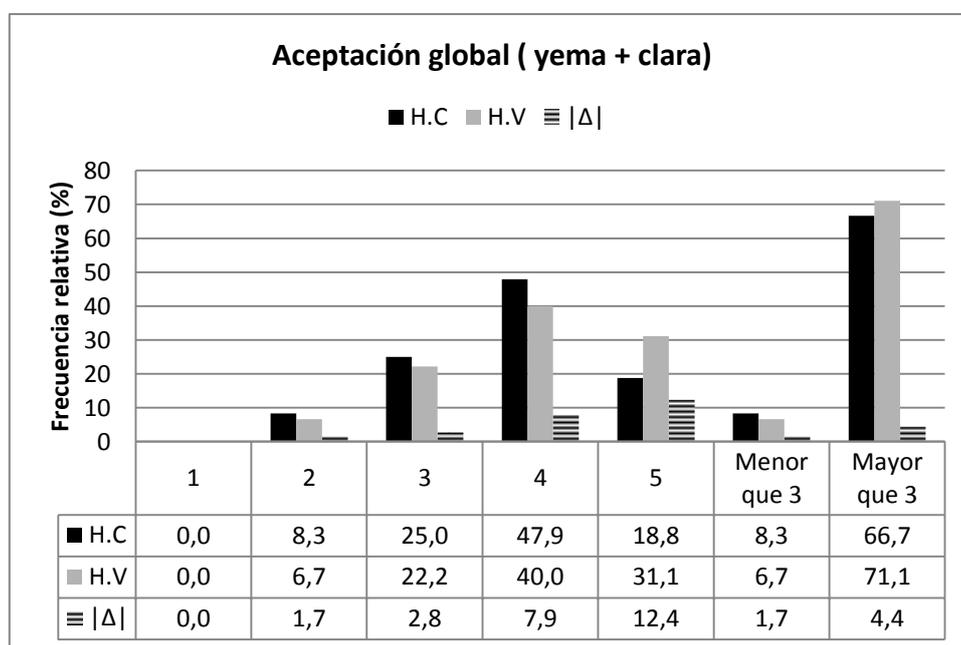


Fig. 12. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre las características sensoriales de la yema y de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata: aceptación global.

APARIENCIA GENERAL: se encontró una diferencia de 9 puntos en la valoración la proporción de catadores a los que les gustaron los HC (35%) y los HV (44,4%) de la apariencia general (fig. 13) de los HC.

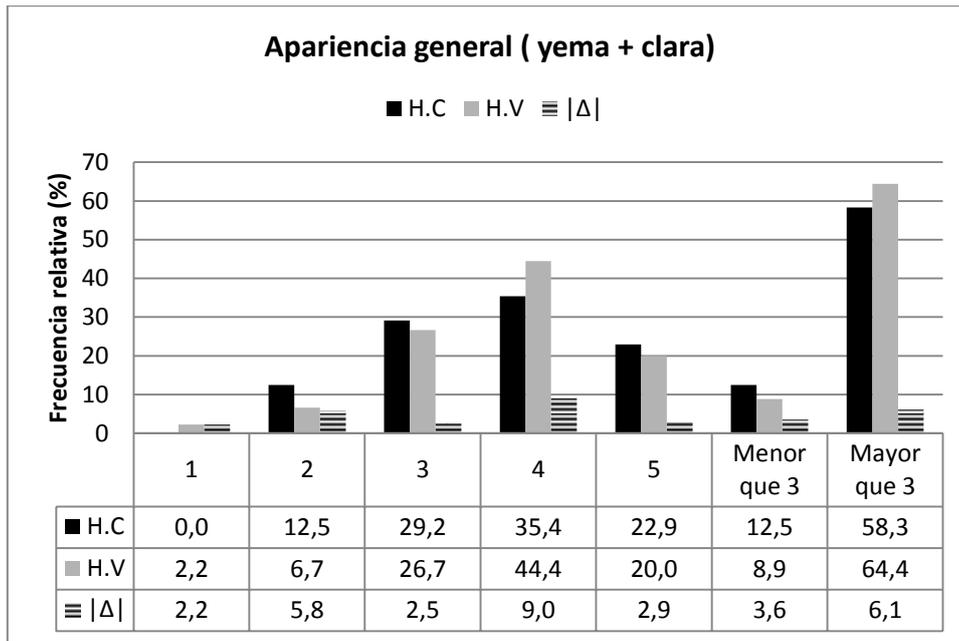


Fig. 13. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre las características sensoriales de la yema y de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata: apariencia general.

COLOR DE LA YEMA: el color de la yema de los HC estuvo mejor valorado que el de los HV (fig. 14), tanto en el caso de los catadores a los que sólo les gustó (48% frente a 33%) como en el caso de los catadores a los que les gustó mucho (25% frente a 22%).

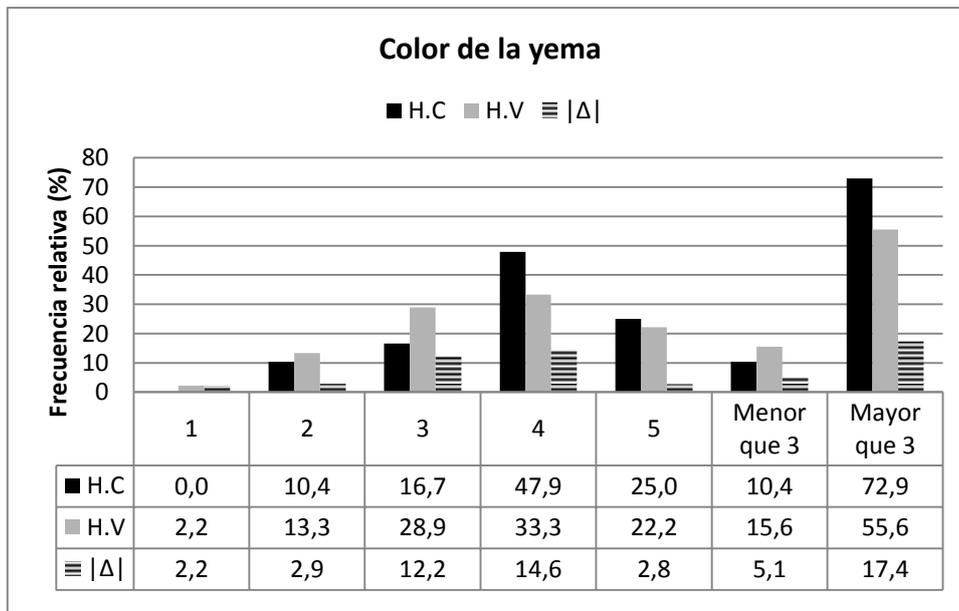


Fig. 14. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

AROMA DE LA YEMA: en la figura 15 se observa que el aroma de la yema gustó mucho a una proporción del 20% en los HV, el doble que en los HC (10%).

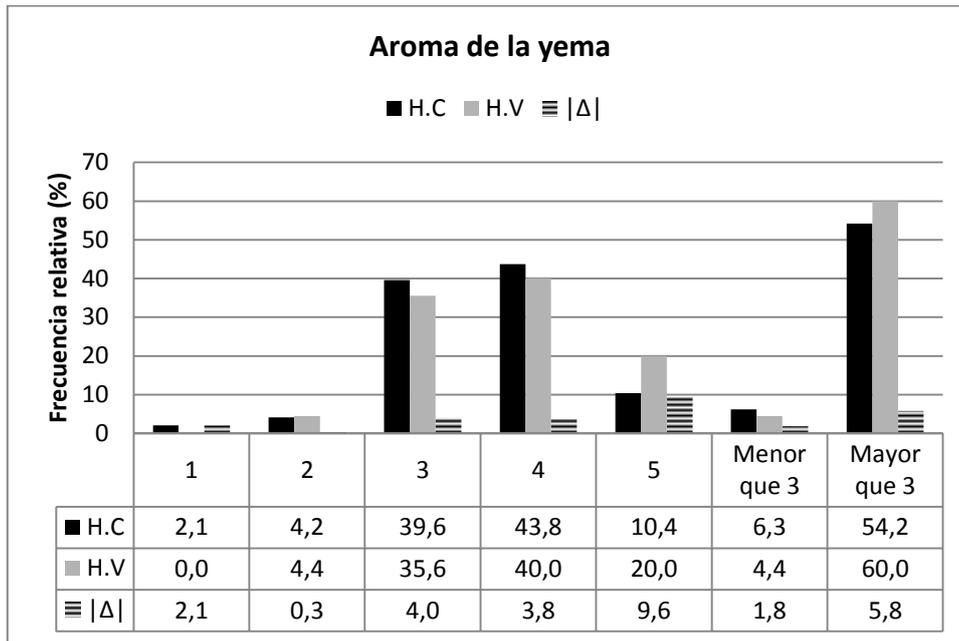


Fig. 15. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el aroma de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

TEXTURA DE LA YEMA: se encontraron diferencias de más de 10 puntos en la proporción de catadores disgustados con la textura de la yema de los HC (8%) y de los HV (12%) (fig. 16).

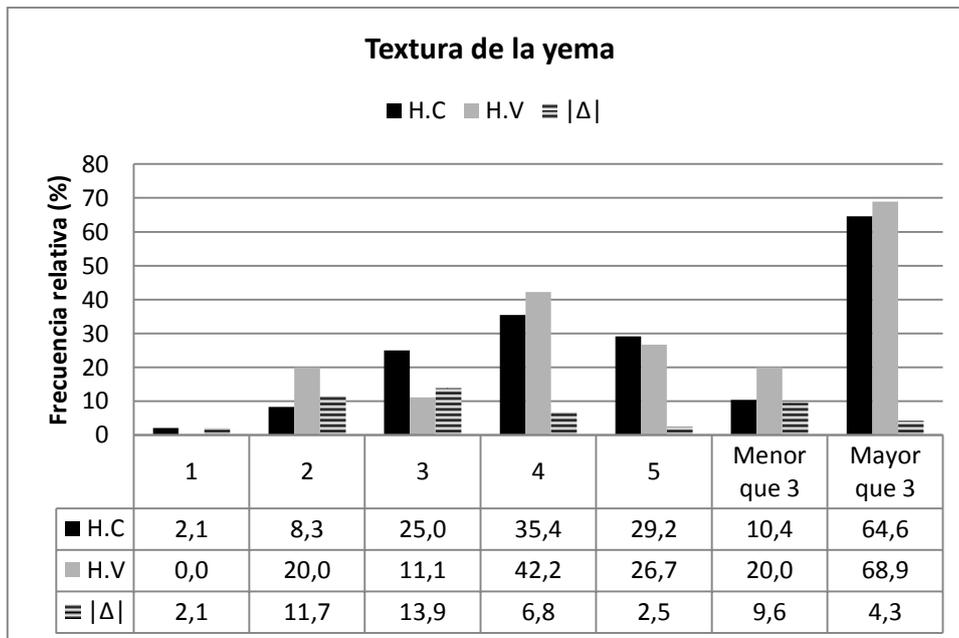


Fig. 16. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre textura de la yema de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

SABOR DE LA YEMA: en la figura 17 se aprecia que no se encontraron diferencias en las distribuciones de satisfacción entre HV y HC.

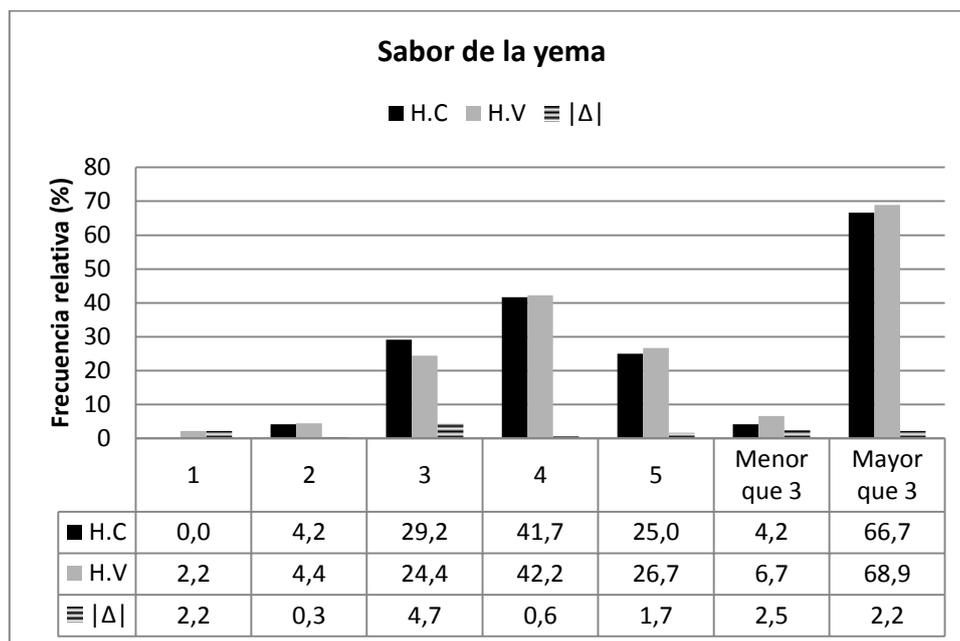


Fig. 17. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el sabor de la yema. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

COLOR DE LA CLARA: de la figura 18 se extrae que el color de la clara gustó mucho a un 44,4% de los catadores en HV, 9 puntos por encima de los HC.

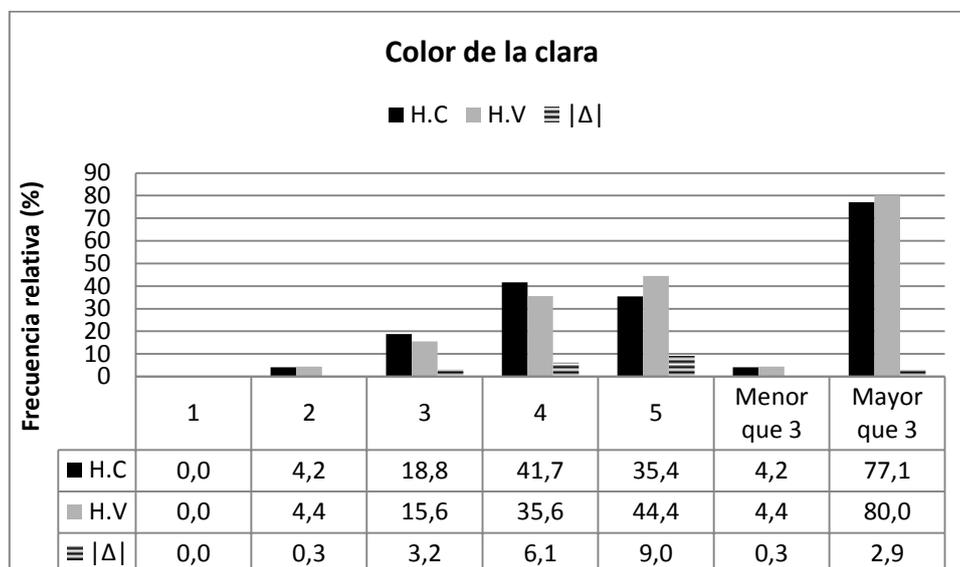


Fig. 18. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el color de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

AROMA DE LA CLARA: se encontraron diferencias significativas en la proporción de catadores a los que les agradó el aroma de la clara (fig. 19). A un 68,9% de los catadores les

agradó mucho el aroma de la clara de los HV, 8,5 puntos por encima de los HC (60,4%). Considerando los catadores a los que les agradó el aroma de la clara, un 31,1% quedó muy satisfecho en el caso de los HV, casi el doble que en el caso de los HC (16,7%); pero el aroma de los HC gustó poco a más catadores (43,8%) que el de los HV (37,8%).

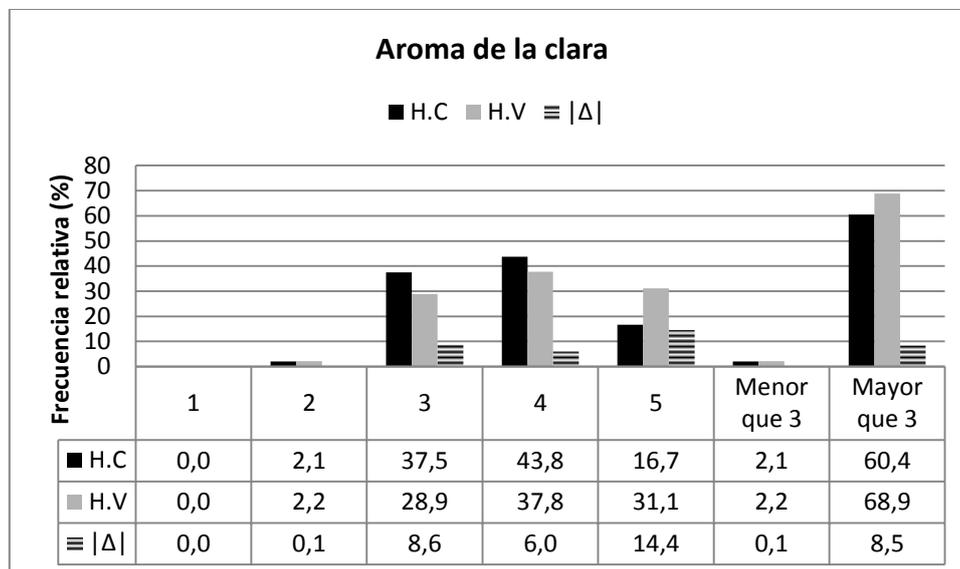


Fig. 19. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el aroma de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

TEXTURA DE LA CLARA: en la figura 20 se observa que la textura de la clara en HV gustó mucho en un 42% de los casos, 9 puntos por encima de los HC.

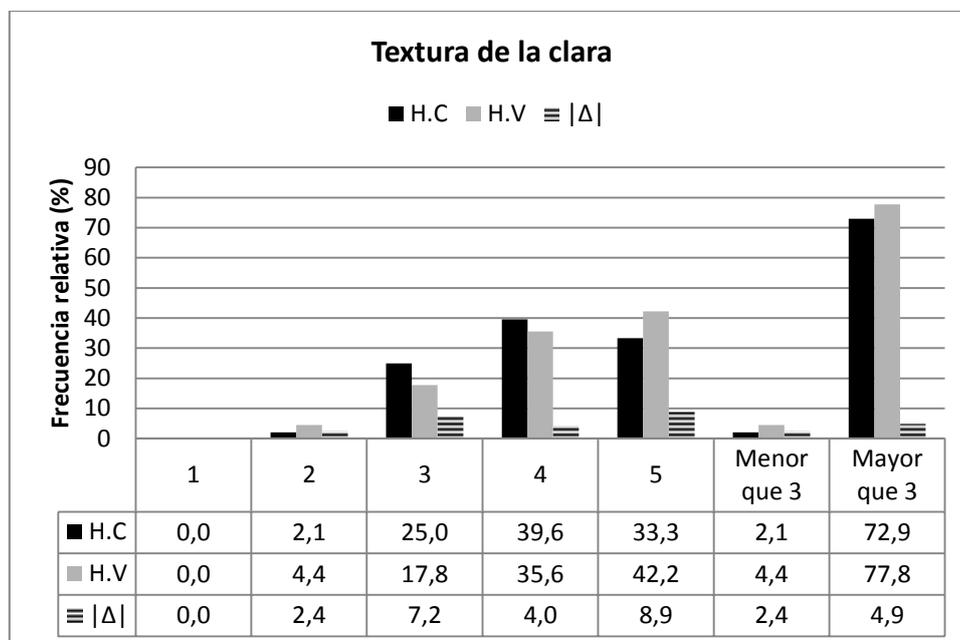


Fig. 20. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre la textura de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control (HC) y los huevos experimentales (HV) en la cata.

SABOR DE LA CLARA: el sabor de la clara de los HV gustó más a los catadores que la de los HC, como se puede observar en la figura 21. A un 37.8% de los catadores les gustó mucho el sabor de la clara de los HV, 14,9 puntos por encima de los HC.

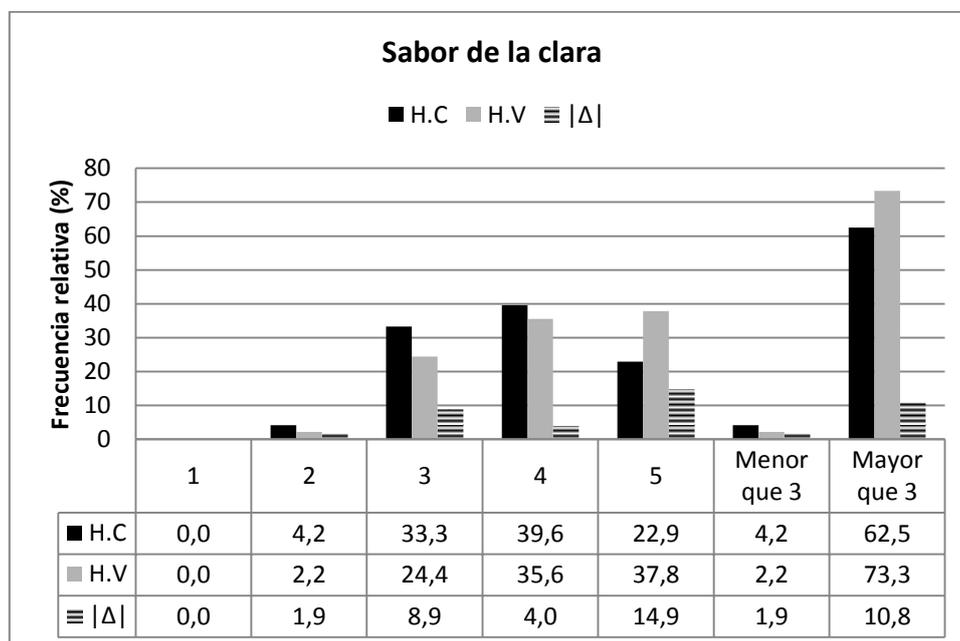


Fig. 21. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana el sabor de la clara de huevos cocidos. Frecuencias relativas (%) de las valoraciones obtenidas por los huevos control y los huevos experimentales en la cata.

En definitiva, se obtuvieron resultados significativos para varios de los parámetros evaluados en la cata. En los parámetros globales que se refieren al conjunto de clara más yema, los huevos experimentales fueron mejor puntuados que los huevos control, tanto para la apariencia general como para la aceptación global.

Respecto a la yema, el color y la textura fueron mejor valorados en los huevos control, mientras que el aroma y fue más apreciado en los huevos experimentales.

Para terminar, la clara de los huevos experimentales gustó más a los catadores en los cuatro parámetros evaluados, si bien las diferencias obtenidas fueron más acusadas en el caso del aroma y del sabor.

Martínez (2015) no encontró diferencias significativas en la evaluación sensorial de huevos de gallinas en cuya ración se había incluido *P.oleracea* fresca. No se han encontrado más trabajos en los que se analizará el efecto de la inclusión de la verdolaga en la alimentación de las gallinas sobre la percepción sensorial del consumidor.

4.4 Perfil de ácidos grasos

El perfil de ácidos grasos de la yema de un huevo de gallina tipo se caracteriza por contener un 45% de MUFA, siendo el más abundante el ácido oleico (40,7%); un 31% de SFA, siendo el más abundante el ácido palmítico (22%); y casi un 24% de PUFA (tabla 12).

La proporción de ácidos grasos omega 6 es mucho mayor que la de omega 3 (21,6% contra 2%), y los más importantes de cada grupo son el ácido linoleico y el ácido cervónico, respectivamente.

Tabla 12. Perfil de ácidos grasos del huevo en porcentaje relativo al total de ácidos grasos.

Nombre común	Número de carbonos	% relativo
SFA		
ac. Láurico	C12:0	0,01
ac. Mirístico	C14:0	0,31
ac. Pentadecílico	C15:0	0,09
ac. Palmítico	C16:0	21,94
ac. Margárico	C17:0	0,34
ac. Esteárico	C18:0	8,18
ac. Araquídico	C20:0	0,03
ac. Behénico	C22:0	0,02
ac. Lignocérico	C24:0	0,01
Total SFA		30,92
MUFA		
-	C16:1 n 7t	0,15
ac. Elaídico	C18:1 n 9t	0,6
ac. Miristoleico	C14:1 n 5c	0,04
ac. Palmitoleico	C16:1 n 7c	2,03
ac. Oléico	C18:1 n 9c	40,71
-	C18:1 n 7c	1,63
ac. Gadoleico	C20:1 n9c	0,25
ac. Erúcico	C22:1 n9c	0,01
ác. Nervónico	C24:1 n9c	0,01
Total MUFA		45,44
PUFA		
Familia omega 3		
ac. Alfa linolénico	C18:3	0,61
EPA / ac. Timnodónico	C20:5	0,03
DPA / ac. docosapentaenoico	C22:5	0,19
DHA / ac. Cervónico	C22:6	1,2
Total PUFA n3		2,03

Nombre común	Número de carbonos	% relativo
Familia omega 6		
ac. Linoleico	C18:2	18,26
ac. Gamma linolénico	C18:3	0,11
-	C20:2	0,21
ac. Dihomo-gamma-linolénico	C20:3	0,17
ac. Araquidónico	C20:4	2,09
ac. Adrénico	C22:4	0,27
ADP	C22:5	0,52
Total PUFA n6		21,62
Ratio n6/n3		10,65
Total PUFA		23,65

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

Los perfiles de ácidos grasos obtenidos para los HC y los HV se recogen en la tabla 13. Se encontraron las siguientes diferencias entre el perfil de ácidos grasos de los huevos analizados (tabla 13) y el de un huevo tipo (tabla 12):

- El total de SFA fue menor en los huevos analizados (21-23%) que en el huevo tipo (31%). Los dos ácidos grasos predominantes fueron el ácido palmítico y el esteárico, aunque de ambos se detectaron cantidades menores en los huevos analizados (en torno a 15% y 6%, respectivamente) que en el huevo tipo (22% y 8,2% *sc.*).
- El total de PUFA fue muy superior en los huevos analizados (34% aproximadamente) que en el huevo tipo (23,7%). El total de PUFA n3 fue algo menor en los huevos analizados (2% frente a 1,3%), por lo que el incremento en PUFA se debió a una proporción de PUFA n6 superior a la del huevo tipo (33% frente a 21%); aunque en ambos casos el ácido graso omega 6 más abundante fue el ácido linoleico. En el huevo tipo el ácido graso omega 3 más abundante fue el DHA (1,2%) seguido del ALA (1,2%), mientras que -en los huevos analizados ocurrió al contrario, el ALA fue el más abundante (1,1%), seguido del DHA (0,13-0,5%).
- El ratio n6/n3 del huevo tipo fue inferior al de los huevos analizados (10,65 frente a 22-27).

El total de MUFA de los huevos analizados estuvo próximo al del huevo tipo, y el ácido oleico fue el más importante en ambos casos. Las diferencias entre la composición en ácidos

grasos de un huevo tipo y de los huevos analizados en este proyecto pueden deberse a distintos factores, como la raza, el sistema de producción, y/o el tipo de alimentación.

Tabla 13. Efecto de la inclusión de la verdolaga en la ración de gallinas de raza Murciana sobre el perfil de ácidos grasos de la yema: porcentaje de ácidos grasos sobre el total de ácidos grasos.

Nº de Carbonos	Huevos control			Huevos verdolaga			Δ	Sig
	n	m	e.t	n	m	e.t		
SFA								
C16:0	30	15,791	0,178	26	14,53	0,191	1,261	**
C18:0	30	6,449	0,25	28	5,676	0,259	0,773	*
C17:0	30	0,382	0,016	25	0,36	0,017	0,022	ns
C14:0	30	0,321	0,009	28	0,301	0,009	0,020	ns
C15:0	30	0,063	0,008	25	0,101	0,009	0,038	**
C20:0	26	0	0,001	28	0,007	0,001	0,007	**
C12:0	29	0	0	28	0,003	0	0,003	**
Total SFA	30	23,008	0,335	28	21,158	0,347	1,850	**
MUFA								
C18:1 n9 c	30	39,933	0,674	28	39,121	0,697	0,812	ns
C16:1 n7	30	2,624	0,397	28	5,151	0,411	2,527	**
C20:1 n9	30	0,087	0,021	25	0,302	0,023	0,215	**
Total MUFA	30	42,65	0,595	28	44,573	0,616	1,923	*
PUFA								
Familia omega 3								
C18:3 n3	27	1,093	0,063	28	1,07	0,062	0,023	ns
C22:6 n3	30	0,136	0,032	24	0,496	0,036	0,360	**
Total PUFA n3	27	1,244	0,079	28	1,522	0,077	0,278	*
Familia omega 6								
C18:2 n6 c	29	31,371	0,605	28	31,059	0,616	0,312	ns
C20:2 n6	30	0,086	0,023	27	0,231	0,024	0,145	**
C20:4 n6	28	1,399	0,056	28	1,442	0,056	0,043	ns
Total PUFA n6	30	33,222	0,61	28	32,748	0,632	0,474	ns
Total PUFA	30	34,341	0,625	28	34,27	0,675	0,071	ns
Ratio n6/n3	24	27,084	1,277	27	22,567	1,204	4,517	*

n= número de datos, m = media, e.t. = error típico

Nivel de significación (Sig): * < 0,05; ** < 0,01; ns = no significativo

Se encontraron diferencias significativas en los siguientes parámetros generales del perfil de ácidos grasos: SFA totales, MUFA totales, total de PUFA de la familia omega 3, y ratio n6/n3.

- La dieta con verdolaga produjo una reducción significativa en el total de SFA de los HV (21,2% frente a 23%). Esta reducción fue mayor que la encontrada por Dalle-Zotte *et al.* (2005), y se debió principalmente a una disminución en la

proporción de los dos ácidos grasos mayoritarios, el palmítico y el esteárico, en los HV (14,5% y 5,7% *sc.*) respecto a los HC (15,8% y 6,5% *sc.*). Aydin y Dogan (2010) y Dalle Zotte *et al.* (2005) analizaron huevos con una proporción muy superior de estos dos ácidos grasos (25-30% y 7,5-14,5% *sc.*), y también del total de SFA (32-44% *sc.*). La dieta con verdolaga produjo además un incremento en la proporción de ácidos grasos muy poco abundantes en la yema del huevo, como el pentadecílico, el araquídico y el láurico.

- La inclusión de *P. oleracea* en la ración de las gallinas Murcianas provocó un incremento significativo en el total de MUFA de los HV (44,6%) respecto a los HC (42,7%). Esta reducción no fue significativa para el ácido oleico, que es el más abundante, pero sí para los ácidos palmitoleico y gadoleico. Dalle Zotte *et al.* (2005) encontró una reducción en el total de MUFA de los huevos experimentales, y también en su contenido en ácido oleico; mientras que Aydin y Dogan (2010) observaron un incremento en el contenido de ácido oleico de las gallinas alimentadas con verdolaga deshidratada al 1%. El total de MUFA y la cantidad de ácido oleico obtenidas en los huevos analizados fueron inferiores a los obtenidos por Aydin y Dogan (2010) y superiores a los encontrados por Dalle *et al.* (2005).
- Las diferencias en el total de PUFA entre los HC y los HV no fueron significativas, aunque en ambos casos fue superior que el encontrado por Aydin y Dogan (2010) (17%) y por Dalle Zotte *et al.* (2005) (18%); y este último sí encontró un incremento significativo del total de PUFA en los huevos experimentales respecto a los HC. La inclusión de *P. oleracea* incrementó significativamente el total de ácidos grasos de la familia omega 3 (1,5% frente a 1,2%). Esta diferencia se debió a que el contenido en DHA fue significativamente mayor en HV (0,47%) que en HC (0,13%). Aunque no se detectó presencia de ácidos grasos n3 de cadena larga (DHA y EPA) en las muestras de verdolaga deshidratada analizadas, este incremento en ácidos grasos n3 de los HV respecto a los HC, puede tener justificación en el suministro de *P. oleracea* seca en la dieta de las gallinas, ya que los ácidos grasos n3 de cadena larga pueden ser biosintetizados por las gallinas a partir del ALA, que constituyó el 25% de los ácidos grasos de la verdolaga deshidratada analizada. Este incremento en el contenido de ácidos grasos omega 3 se ha observado también en los resultados

obtenidos por otros autores: Aydin y Dogan (2010) encontraron que la ración con verdolaga deshidratada al 2% incrementó en un 0,27% el total de ácidos grasos n3, principalmente debido a un incremento de casi el 0,2% en el contenido de ALA. El incremento obtenido en Dalle Zotte *et al.* (2005) fue superior, de un 0,35%; y en este caso el incremento en DHA en los huevos experimentales, cuyo contenido fue del 1,5%, fue más importante que el incremento en ALA (0,20% frente a 0,12%).

- Por último, el ratio omega 6 / omega 3 fue significativamente menor en los HV (22,57) que en los HC (27,08), como consecuencia del incremento en ácidos grasos omega 3 de los HV y también de su menor contenido en ácido eicosadienoico. Aydin y Dogan (2010) y Dalle-Zotte *et al.* (2005) también encontraron diferencias significativas en el ratio n6/n3, que fue menor en los huevos experimentales que en los huevos control, aunque los ratios obtenidos por estos autores son muchos menores que los obtenidos en este proyecto (16 y 10,4 *sc.*).

En definitiva, el suministro de *P.oleracea* en la ración de gallinas Murcianas en un nivel de inclusión del 4% tuvo efecto en el perfil de ácidos grasos de sus huevos, incrementando su contenido en ácidos grasos omega 3, posiblemente a través de la estimulación de la síntesis de DHA a partir de ALA; y como consecuencia se redujo el ratio n6/n3 y también la proporción de los ácidos palmítico y esteárico, y del total de SFA respecto a los huevos control.

5 ESTUDIOS DE VIABILIDAD ECONÓMICA

Una vez concluida la fase experimental y tras analizar los datos obtenidos, se realizó un estudio de viabilidad económica para comprobar si los resultados obtenidos podrían tener una aplicación con fines comerciales real.

Para ello en primer lugar se realizó un análisis de alternativas en el que se compararon distintos modelos de explotación de una granja de gallinas ponedoras; y después se realizó una evaluación financiera aproximada del proyecto hipotético resultante de la explotación de la mejor alternativa posible.

5.1 Comparación de alternativas de razas de gallinas ponedoras, del tipo de explotación, y del tipo de dieta

Se compararon los siguientes sistemas de producción, enfocados todos a la obtención de productos de calidad diferenciada:

- Explotación tradicional de gallinas ponedoras industriales/importadas sin verdolaga deshidratada en su ración.
- Explotación tradicional de gallinas ponedoras de raza Murciana sin verdolaga deshidratada en su ración.
- Explotación tradicional de gallinas ponedoras de raza Murciana con verdolaga deshidratada en su ración (nivel de inclusión del 4%).
- Explotación tradicional de gallinas ponedoras industriales/importadas con verdolaga en su ración, criadas de forma tradicional.
- Explotación ecológica de gallinas ponedoras industriales/importadas con verdolaga en su ración (Reglamento CE nº 834/2007 de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológico; y Reglamento CE nº 889/2008 de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento CE nº 834/2008 del Consejo sobre producción y etiquetado ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y control).

En la tabla 14 se recoge el análisis y se detallan las consideraciones adoptadas para su realización:

Tabla 14. Comparación de alternativas: cálculo aproximado del beneficio anual obtenido de la explotación de gallinas ponedoras en cinco modalidades diferentes, en €/gallina y €/docena.

	Impo.	Murciana	Murciana verdolaga	Imp. verdolaga	Imp. verdolaga ecológicos
Ingesta diaria (kg/gallina)	0,120	0,100	0,100	0,120	0,120
Consumo pienso diario(kg/gallina)	0,120	0,100	0,096	0,115	0,115
Consumo verdolaga deshidratada diario (kg/gallina)	0,000	0,000	0,004	0,005	0,005
Ingesta anual (kg/gallina)	43,800	36,500	36,500	43,800	43,800
Consumo pienso anual (kg/gallina)	43,800	36,500	35,096	42,115	42,115
Consumo verdolaga deshidratada anual (kg/gallina)	0,000	0,000	1,404	1,685	1,685
Precio del pienso (€/kg)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,60
Coste del pienso anual (€/gallina)	13,14	10,95	10,53	12,63	25,27
Precio verdolaga deshidratada (€/kg)	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Coste de la verdolaga deshidratada anual (€/gallina)	0,00	0,00	0,42	0,51	0,51
Coste de la alimentación anual (€/gallina)	13,14	10,95	10,95	13,14	25,77
Costes totales anuales^a (€/gallina)	21,19	17,66	17,66	21,19	41,57
Producción de huevos diaria (huevos/gallina)	0,79	0,27	0,27	0,79	0,79
Producción de huevos anual (huevos/gallina)	290,00	100,00	100,00	290,00	290,00
Producción de huevos anual (docenas/gallina)	24,17	8,33	8,33	24,17	24,17
Coste de producción (€/huevo)	0,07	0,18	0,18	0,07	0,14
Coste de producción (€/docena)	0,88	2,12	2,12	0,88	1,72
Ingresos ^b (€/docena)	0,88	1,08	1,28	1,08	2,30
Ingresos anuales (€/gallina)	21,27	9,00	10,67	26,10	55,58
Beneficio anual^c (€/docena)	0,00	-1,04	-0,84	0,20	0,58
Beneficio anual (€/gallina)	0,07	-8,66	-6,99	4,91	14,01

- *Imp.*: explotación tradicional de gallinas ponedoras importadas sin verdolaga en su ración
- *Murciana*: explotación tradicional de gallinas murcianas sin verdolaga en su ración
- *Murciana verdolaga*: explotación tradicional de gallinas murcianas con verdolaga en su ración
- *Imp. verdolaga*: explotación tradicional de gallinas ponedoras importadas con verdolaga en su ración
- *Imp. verdolaga ecológicas*: explotación ecológica de gallinas ponedoras importadas con verdolaga en su ración

^a Costes totales estimados suponiendo que los costes de la alimentación representan el 62% de los costes totales anuales por gallina, de acuerdo a Ferrufino y Rosales (2007).

^b Considerando los ingresos correspondientes a la venta de huevos M y L (precio promedio)

^c Beneficios calculados como Ingresos anuales – Costes totales anuales

Las alternativas que incluyen como base animal a la gallina Murciana no resultaron rentables debido a su bajo rendimiento en comparación con las gallinas híbridas, que no puede ser compensado con un incremento en el precio de venta de la docena de huevos. Para los cálculos se tuvo en cuenta que los consumidores pueden considerar que los huevos procedentes de gallinas de una raza autóctona en peligro de extinción pueden tener un valor añadido de hasta 0,20 €. Además, algunos años ha habido subvenciones para las razas en peligro de extinción en torno a 2,80€/gallina, si bien esta ayuda no cambiaría el balance económico de esta raza.

Respecto a las alternativas que incluyen como base animal a gallinas ponedoras importadas, todas las opciones resultaron rentables, sin embargo la alternativa más interesante desde el punto de vista tanto económico como de la calidad del huevo fue el de la explotación ecológica de gallinas ponedoras importadas alimentadas con *P.oleracea* en su ración al 4% de inclusión para la obtención de huevos enriquecidos en ácidos grasos omega 3.

5.2 Evaluación financiera de una explotación ecológica de gallinas híbridas alimentadas con *P.oleracea* deshidratada en su ración

El proyecto objeto de la evaluación financiera consistió en una granja para la explotación ecológica de gallinas ponedoras importadas alimentadas con verdolaga en su ración (nivel de inclusión del 4%) para la obtención de huevos ecológicos enriquecidos con ácidos grasos omega 3. Sus características principales se enumeran a continuación:

- **Número de gallineros:** 2
- **Capacidad de los gallineros:** 200 gallinas
- **Capacidad total de la granja:** 400 gallinas
- **Producción anual:** 9.125 docenas de huevos
- **Tipo de instalación:** prefabricados móviles
- **Tipo de alimentación:** pienso ecológico y verdolaga deshidratada (4%)
- **Mano de obra necesaria:** 2 operarios, trabajando durante dos horas al día a razón de 6€/h.
- **Destino de la producción:** venta a puntos de distribución especializados en productos ecológicos.
- **Formato de venta:** cartones de doce huevos
- **Precio de venta:** 2.30 €/docena
- **Subproductos para la venta a terceros:** animales de desvieje, gallinaza y cama, huevos de clase B para la industria.
- **Superficie y componentes:**
 - 1.700m² para los animales, 100m² de superficie cubierta y 1.600m² de parques, de acuerdo con el reglamento CE nº 889/2008, que establece unos

requerimientos de 6 aves/m² de zona cubierta y 4m² de zona al aire libre por ave.

- 50m² de superficie cubierta para oficinas, almacenes y zona de clasificación y expedición.

- **Vida útil de la explotación: 25 años**

Se consideró una inversión inicial para el proyecto de ejecución de 29.260,00€ (tabla 15), asumiendo la propiedad de los terrenos; y se consideró una financiación total del proyecto de ejecución por parte de una entidad financiera con un interés del 7% anual.

Tabla 15. Presupuesto de ejecución aproximado para una explotación ecológica de 400 gallinas ponedoras híbridas alimentadas con *P.oleracea* (4%) en su ración.

Gallinero y otros edificios (prefabricados, desmontables y móviles): 150€ m ² de superficie cubierta, considerando un precio aproximado de 100€/m ²	15.000,00 €
Accesorios y utensilios (vallado, comederos y bebederos, clasificadora, etc.)	10.000,00 €
Adquisición de animales ecológicos (4€/ponedora)	1.600,00 €
Licencias y proyecto (10% del total)	2.660,00 €
Total	29.260,00 €

Los flujos de caja anuales que se indican en la tabla 16 se calcularon teniendo en cuenta los ingresos derivados de la venta de huevos a puntos de distribución especializados (2.30€/docena) y de subproductos; y también de otras actividades complementarias a la explotación normal de la granja, como por ejemplo visitas escolares. Se consideró la posibilidad de adquirir financiación a través de subvenciones a la producción ecológica, al desarrollo del medio rural o de ayudas a jóvenes emprendedores; que se podrían obtener en función de la comunidad autónoma en la que se desarrolle la explotación.

Los gastos anuales (tabla 16) se calcularon teniendo en cuenta la alimentación de las gallinas (0,120kg en total por gallina y día), la compra de gallinas ecológicas para reposición (a razón de 200 gallinas al año, lo que hace un total de 400 gallinas cada dos años), la mano de obra, el material para la desinfección y la limpieza de las instalaciones, el material para garantizar la sanidad de los animales, los embalajes (con un precio de 0,10 € por embalaje para una docena de huevos) y los pagos extraordinarios derivados del mantenimiento de las instalaciones, y la renovación y reparación de sus elementos.

Tabla 16. Ingresos y gastos aproximados anuales de la explotación.

Ingresos		Gastos	
Cobros ordinarios		Pagos ordinarios	
Venta de huevos a puntos de distribución especializados (2,30€/docena)	20.987,50 €	Alimentación (0,115kg por gallina y día de un pienso ecológico de 0,65€/kg y 0,005kg por gallina y día de verdolaga deshidratada de 0,30€/kg).	11.132,50 €
Venta de subproductos (10% de los ingresos obtenidos por la venta de huevos a puntos de distribución especializados)	2.098,75 €	Reposición (200 gallinas al año, considerando que la reposición se hace cada dos años)	800,00 €
Otras actividades complementarias a la explotación normal de la granja	1.000,00 €	Mano de obra (dos operarios trabajando dos horas al día con un salario de 6€/h)	8.760,00 €
Cobros extraordinarios		Pagos extraordinarios	
Subvenciones	2.500,00 €	Material para desinfección y limpieza	500,00 €
		Sanidad animal (vacunas, etc)	500,00 €
		Embalajes (0,1€/embalaje para docena)	912,50 €
		Renovación, mantenimiento, reparaciones (5% de los pagos)	1.130,25 €
Total ingresos (€/año)	27.586,25 €	Total gastos	23.735,25 €
Total flujos de caja en un año n:			2.851,00 €

Finalmente se calcularon de forma simplificada dos operadores económicos indicadores de viabilidad económico-financiera, el VAN (Valor actual neto) y el TIR (Tasa interna de rentabilidad), a partir de los flujos de caja previamente aproximados:

- $VAN = \sum_{n=1}^n \frac{R_n}{(1+k)^n} - I_0$, donde:

$n = 25$ años

$k = 0.07$

$I_0 =$ inversión inicial = 29.260€

$R_n =$ flujos de caja para el año n

Teniendo en cuenta unos flujos de caja anuales de 2.851,00 € a partir del año 1, se obtuvo un VAN de 3.964,37 €€.

- $0 = \sum_{n=1}^n \frac{R_n}{(1+TIR)^n} - I_0$, donde:

$n = 25$ años

$I_0 =$ inversión inicial = 29.260€

$R_n =$ flujos de caja para el año n

Teniendo en cuenta unos flujos de caja anuales de 2.851,00 €a partir del año 1, se obtuvo un TIR del 8%.

El VAN obtenido fue positivo y el TIR fue superior al interés, de manera que con base en los cálculos y consideras realizadas se obtiene que el proyecto propuesto tendría viabilidad económica y financiera.

6 CONCLUSIONES

El suministro de *Portulaca oleracea* deshidratada en la ración de alimento de gallinas de raza Murciana al nivel de inclusión del 4% afectó de forma significativa a las características generales, sensoriales y nutricionales de sus huevos, como se indica a continuación:

- Incrementó en un 0,88% la proporción en peso de la cáscara respecto al total del huevo; y en un 8,34% la fracción grasa de la yema.
- Modificó el color de la clara y de la yema, obteniéndose yemas más anaranjadas y claras más verdosas. Además, mejoró la aceptación global y la apariencia general del huevo completo, y la calidad organoléptica de la clara; aunque afectó negativamente al color y a la textura de la yema.
- Modificó el perfil de ácidos grasos de la yema del huevo, a través de un incremento de casi el 3% en el contenido en ácidos grasos omega 3 y concretamente incrementó en un 0,36% su contenido en DHA. Además, se redujo la proporción de los ácidos grasos palmítico y esteárico, con la consiguiente reducción del total de ácidos grasos saturados. Esto último junto a la reducción de 4,5 puntos del ratio n6/n3 que también provocó, mejoró la calidad nutritiva de la yema del huevo.

Por tanto, es posible la obtención de un producto de calidad y con valor añadido obtenido a través de dos especies autóctonas de la Región de Murcia: la *Portulaca oleracea* y la gallina de raza Murciana.

A pesar de ello, desde un punto de vista económico, se comprobó que las aplicaciones industriales de los resultados obtenidos no son viables utilizando como base animal gallinas de raza Murciana, aunque podrían serlo en gallinas ponedoras de otras razas más productivas.

Este estudio deja las puertas abiertas a otras investigaciones futuras. Se propone estudiar el óptimo nivel de inclusión de la verdolaga en la ración de las gallinas que consigue un mayor incremento de ácidos grasos omega 3 del huevo; además de buscar aquellos aditivos alimentarios que puedan disminuir la oxidación de los ácidos grasos preservando sus propiedades. Finalmente se propone estudiar la biodisponibilidad de los ácidos grasos añadidos a la yema del huevo en las personas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaraz, F., Botías, M., García, R., Ríos, S., Rivera, D. y Robledo, A. (1998). *Flora básica de la Región de Murcia*. 3ª edición. Severo Ochoa- Dirección General del Medio Natural. Murcia. pp 34-35.
- Aranceta, J. & Serra, L. (2003). *Guía de alimentos funcionales*. Instituto omega 3. [PDF] disponible en <http://www.fesnad.org/publicaciones/pdf/guia_alimentos_funcionales.pdf>
- Ashwell, M., Ashwell, M. (2002). *Concepts of functional foods*. ILSI Europe.
- Ashwell, M. (2004). *Concepts of Functional Food*. ILSI Europe.
- Aydin, R., & Dogan, I. (2010). *Fatty acid profile and cholesterol content of egg yolk from chickens fed diets supplemented with purslane (*Portulaca oleracea* L.)*. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90(10), 1759–1763.
- Ayerza, R., & Coates, W. (2001). *Omega-3 enriched eggs: The influence of dietary α -linolenic fatty acid source on egg production and composition*. Canadian Journal of Animal Science, 81(3), 355–362.
- Bean, L. D., & Leeson, S. (2003). *Long-term effects of feeding flaxseed on performance and egg fatty acid composition of brown and white hens*. Poultry Science, 82(3), 388–394.
- Beardsworth, P., & Hernandez, J. (2004). *Yolk colour—an important egg quality attribute*. Int Poult Prod, 12(5), 17–18.
- Bernal Gómez, M. E., Mendonça-Junior, C. X. De, & Mancini-Filho, J. (2003). *Estabilidad oxidativa de huevos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega 3, frente a antioxidantes naturales*. Revista Brasileira de Ciencias Farmacéuticas, 39(4), 425–432.
- BORM nº 132 de 11 de junio de 2010: Decreto n.º 129/2010, de 4 de junio, del Consejo de Gobierno, por el que se aprueban las reglamentaciones específicas de los libros genealógicos de las siguientes razas autóctonas españolas en peligro de extinción: Raza porcina Chato Murciano, raza bovina Murciano Levantina y raza aviar Gallina Murciana.
- Canthaxanthin, A. L. Z., York, D. S. M., & Fan, C. (2014). *DSM Guidelines for egg yolk pigmentation with CAROPHYLL: How to use the DSM Yolk Color Fan ?*
- Carrero, J. J., Martín-Bautista, E., Baró, L., Fonollá, J., Jiménez, J., Boza, J. J., & López-Huertas, E. (2005). Efectos cardiovasculares de los ácidos grasos omega-3 y alternativas para incrementar su ingesta. *Nutricion Hospitalaria*, 20(1), 63–69.
- Castro-González, M.I. 2002. *Ácidos grasos omega 3: beneficios y fuentes*. INCI. vol.27, n.3, pp. 128-136. Disponible en:

- Castroviejo, S., Laínz, M., López, G., Montserrat, P., Muñoz, F., Paiva, J. & Villar, L. (1990). *Flora ibérica: plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Real Jardín Botánico. Editorial CSIC-Jardín Botánico de Madrid. Madrid. Vol. II. pp 465-469.
- Chan, K., Islam, M. W., Kamil, M., Radhakrishnan, R., Zakaria, M. N. M., Habibullah, M., & Attas, a. (2000). *The analgesic and anti-inflammatory effects of Portulaca oleracea L. subsp. sativa (Haw.) Celak*. Journal of Ethnopharmacology, 73(3), 445–451.
- Conesa, E. (2011). *Effect of aeration of the nutrient solution on the growth and quality of purslane (Portulaca oleracea)*, Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 86 (6), 603–610.
- Dalle Zotte, A., Tomasello, F., & Andrighetto, I. (2005). *The dietary inclusion of Portulaca oleracea to the diet of laying hens increases the n-3 fatty acids content and reduces the cholesterol content in the egg yolk*. Italian Journal of Animal Science, 4 (SUPPL. 3), 157–159.
- Ebeid, T. A. (2011). *The impact of incorporation of n-3 fatty acids into eggs on ovarian follicular development, immune response, antioxidative status and tibial bone characteristics in aged laying hens*. Animal, 5(10), 1554–1562.
- Entendiendo el espacio de color CIE Lab*, artículo publicado en <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Fernández, J.A., Niñirola, D., Vicente, M.J., Conesa, E., López, J., González, A. (2007). *Efecto de la densidad de plantación y del tipo de sustrato sobre la producción de verdolaga (Portulaca oleracea L.) en un cultivo hidropónico de bandejas flotantes*. Seminario de especialistas en horticultura. Almería 2007. 707-713.
- Ferrufino, H.R., Rosales, C.P. (2007). *Costos de producción en gallinas ponedoras comerciales*. Facultad de Ciencias Veterinarias, UAGRM. [PDF].
- Gómez, P. S. (1998). *Flora de Murcia: claves de identificación e iconografía de plantas vasculares*. 2ª edición. DM. Murcia.
- González, J.M. *Curso de biomoléculas de la Universidad del País Vasco*. Consultado el 01/07/2015, disponible en < <http://www.ehu.es/biomoleculas/lipidos/lipid32.htm>>
- Grobas, S., & Mateos, G. G. (1996). *Influencia de la nutrición sobre la composición nutricional del huevo*. Curso de especialización FEDNA, 12, 219-244.
- Guerrero, J. L. G., Gimenez, J. J. M., Torija, M. E. I. (1998). *Mineral Nutrient Composition of Edible Wild Plants*, 328, 322–328.
- Henry, C. J. (2010). *Functional foods*. European journal of clinical nutrition (Vol. 64). Disponible en <<http://doi.org/10.1038/ejcn.2010.101>>
- Howlett, J. (2008). *Functional foods: from science to health and claims*. ILSI Europe.
- Instituto de Estudios del huevo. (2009). *El gran libro del huevo*. Everest, León.

- Izco, J. (Coord.), Barreno, E., Brugés, M., Costa, M., Devesa, J.A., Fernández, J.A., Gallardo, T., Llimona, X., Prada, C., Talavera, S. y Valdés, B. (2004). *Botánica*. McGraw-Hill Interamericana. 2ª Edición. Madrid.
- Kaşkar, Ç., Fernández, J.A., Ochoa, J., Niñirola, D., Conesa, E. (2009) *Agronomic Behaviour and Oxalate and Nitrate Content of Different Purslane Cultivars (Portulaca oleracea) Grown in a Hydroponic Floating System*. *Acta Horticulturae*, 807: 521-526
- Lehninger, A. L., & Cox, M. M. (2006). *Principios de bioquímica*. 4ª Edición. Omega. Pp 343-348.
- Liu, L., Howe, P., Zhou, Y. F., Xu, Z. Q., Hocart, C., & Zhang, R. (2000). *Fatty acids and β -carotene in Australian purslane (Portulaca oleracea) varieties*. *Journal of Chromatography A*, 893(1), 207–213.
- Martínez, D.O. (2015). *Alimentación de gallina Murciana con Portulaca oleracea en fresco, para la obtención de huevos enriquecidos en omega-3*. UPCT-ETSIA.
- Martínez M., Peinado B., Almarcha C. y Poto A. (1998) *La gallina de Raza Murciana. Creación y situación actual*. *El Arca* 2:17-21.
- Menéndez Valderrey, J.L. (2008). *Portulaca oleracea L*. Asturnatura.com [en línea]. Num. 166, 09/02/08 [Consultado el 29/7/2015]. Disponible en <<http://www.asturnatura.com/especie/portulaca-oleracea.html> >
- MERCASA (2014): *Informe sobre Producción, Industria, Distribución y Consumo de Alimentos en España, 2014*. pp. 226-232. Huevos.
- MERCASA (2014): *Informe sobre Producción, Industria, Distribución y Consumo de Alimentos en España, 2014*. p. 324. Productos Funcionales.
- Murcia, J.L. (2013). *Alimentos funcionales*. Distribución y Consumo. Vol.5. pp. 48-50.
- O’Fallon, J. V., Busboom, J. R., Nelson, M. L., & Gaskins, C. T. (2007). *A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs*. *Journal of Animal Science*, 85(6), 1511–1521.
- Orozco F. (1987). Otras razas españolas de gallinas. *Selecciones Avícolas* 29:173-179
- Orozco F. (1989). Razas de gallinas españolas. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Servicio de Extensión Agraria. Ediciones Mundi-prensa. Madrid.
- Orozco F. (2001). *La raza Murciana de gallinas*. *Arte Avícola*. 44:17-21
- Páez, A., Páez, P.M., González, M., Vera, a, Ringelberg, D., & Tschaplinski, T. J. (2007). *Crecimiento, carbohidratos solubles y ácidos grasos de verdolaga (Portulaca oleracea L.) sometida a tres niveles de radiación*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 24, 642–660.

- Parpinello G.P., Meluzzi A., Sirri F., Tallarico N., Versari A. (2006). *Sensory evaluation of egg products and eggs laid from hens fed diets with different fatty acid composition and supplemented with antioxidants*. Food Research International. 39, 47-52.
- Portulaca oleracea*, Waste online magazine. En <<http://waste.ideal.es/portulacaoleracea.htm>>
- Poto A., Galián M., Peinado B. (2004) *Estudio de la ganancia de peso de Gallinas Murcianas pertenecientes a tres ganaderías*. IV Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. SPREGA. Ponte de Lima (Portugal).
- Poto, A. (2010). Programa para la conservación de la raza aviar Gallina Murciana. 2010. COREGAMUR. [PDF], Disponible en <http://www.magrama.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/PROGRMA_CONSERV_COR EGAMUR_tcm7-294692.pdf>
- Reglamento (CE) N° 589/2008 de la comisión de 23 de junio de 2008, por el que se establecen las disposiciones de aplicación del reglamento (CE) n° 1234/2007 del Consejo en lo que atañe a las normas de comercialización de los huevos.
- Rodríguez, P. (2006). *Aspectos fisiológicos y morfológicos de las malezas*. [PDF], disponible en <<http://academic.uprm.edu/rodriguezp/HTMLobj-95/aspectosfisiologicosymorfologicosdemalez>>
- Sanchis, M. D. S., Narro, C. G., & Cos, J. I. B. (2010). *La alimentación de la ponedora y la calidad del huevo*. Albéitar: publicación veterinaria independiente, (140), 4-6.
- Sastre, A., Sastre, R., Tortuero, D., Suárez, G., Vergara, G. y López, C. (2002). *Lecciones sobre el huevo*. Instituto de Estudios del huevo, Madrid.
- Simopoulos, A. P. (1991). *Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development*. The American journal of clinical nutrition, 54(3), 438-463.
- Simopoulos, A. P. (1999). *Essential fatty acids in health and chronic disease*. The American journal of clinical nutrition, 70(3), 560s-569s.
- Simopoulos, a. P. (2002). *The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids*. Biomedicine and Pharmacotherapy, 56(8), 365–379.
- Simopoulos, A. P. (2006). *Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases*. Biomedicine & Pharmacotherapy, 60(9), 502-507.
- Simopoulos, A. P. (2008). *The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases*. Experimental Biology and Medicine, 233(6), 674-688.
- Understanding the CIE LCh Color Space*, artículo publicado en <<http://sensing.konicaminolta.us/2015/03/understanding-the-cie-lch-color-space/>>

Valera, G. (2013). *Libro Blanco de la Nutrición en España*. Editado por la Fundación Española de la Nutrición. [PDF] disponible en la URL http://www.fesnad.org/pdf/Libro_Blanco_FEN_2013.pdf

Vuilleumier, J. P. (1969). *The “Roche Yolk Colour Fan”*: An Instrument for Measuring Yolk Colour. *Poultry Science*, 48(3), 767–779.

Yannakopoulos, A., Tserveni-Gousi, A., & Christaki, E. (2005). *Enhanced egg production in practice: The case of bio-omega-3 egg*. *International Journal of Poultry Science*, 4(8), 531–535.

8 ANEXOS

ANEXO I: Composición química y valor nutricional del huevo

Tabla 17. Proporción y porcentaje de materia seca de los componentes del huevo.

Parte	Media	Rango	Media	Rango
Cáscara	9.1	7.8-13.6	99.0	-
Membranas de la cáscara	0.4	-	-	-
Albúmen	61.5	53.1-68.9	11.5	8.5-14.5
Líquido externo	15.0	10-60	11.2	-
Espeso	35.0	30-80	12.4	-
Líquido interno	10.0	1-4	13.6	-
Chalazas	1.5	-	15.6	-
Yema	29.0	24.0-35.5	52.5	50.5-56.3
Subtotal partes comestibles	90.5	86.4-92.2	24.5	23.0-26.9

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

Tabla 18. Composición química de los componentes del huevo.

Componente químico	Cáscara	Albumen	Yema	Total comestible
Agua	1.6	87-89	46.5-49.0	74.0-75.5
Proteína	3.3	9.5-11.5	16.0-17.0	12.0-12.8
Lípidos	-	-	33.0-34.0	11.8-12.3
Saturados	-	-	11.2-11.7	4.3-4.5
Insaturados	-	-	18.2-19.0	6.7-7.0
Colesterol	-	-	1.31-1.38	0.47-0.50
Glúcidos	-	0.4-0.5	0.15-0.25	0.3-0.4
Cenizas	95.1	0.5-0.7	1.1-1.6	0.8-1.0
Calorías	-	40-55	380-400	160-180

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

Tabla 19. Composición química de los componentes del huevo.

Componente químico	Materia seca	Lípidos	Fosfolípidos
Lípidos	63.0		
Triglicéridos		63.1	
Fosfolípidos		29.7	
Fosfatidil colina			69.2
Fosfatidil etanolamina			23.9
Fosfatidil serina			2.7
Esfingomielina			1.0
Otros			3.2
Esteres colesterol		1.3	
Colesterol libre		4.9	
Vitaminas y pigmentos		1.0	
Proteínas	33.0		
Livetina	4-10		
Fosvitina	5-6		
Vitellina (en H.D.L)	4-15		
Vitellina (en L.D.L)	8-9		
Minerales	2.1		
Vitaminas	1.5		
Glucosa libre	0.4		

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

Tabla 20. Composición mineral de los componentes del huevo, mg/100g de huevo fresco.

Mineral	Albumen	Yema	Huevo entero sin cáscara
Sodio	140-200	40-70	135
Potasio	130-170	90-130	135
Cloro	150-180	150-180	170
Calcio	7-15	100-190	55
Magnesio	10-12	10-12	11
Fósforo	10-15	550-650	220
Hierro	-	5-10	2-3
Azufre	160-200	160-180	170

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

Tabla 21. Composición vitamínica de los componentes del huevo (/100g de huevo fresco).

Vitamina	Albumen	Yema	Huevo entero sin cáscara
Vitaminas liposolubles			/
A, U.I.	-	800-2500	250-700
D ₃ , U.I.	-	110-450	35-150
E, mg	-	3.5-10	1.1-3.5
K, mg	-	0.05-0.15	0.02-0.06
Vitaminas hidrosolubles			
Colina, mg	-	1250	410
Tiamina, µg	3-5	275	95
Riboflavina, µg	300-450	400-500	300-350
Nicotínico, µg	85-95	40-70	60-80
Piridoxina, µg	25	300-350	150-200
Pantoténico, µg	190-250	2500-4500	1200-1700
Biotina, µg	5-7	30-690	15-20
Fólico, µg	1	50-105	15-35
B ₁₂ , µg	-	2.1-3.5	0.7-12

Fuente: Grobas y Mateos (1996).

ANEXO II: Estándar racial y calificación morfológica de la gallina Murciana recogidas en el anexo III del Decreto nº 129/2010

El estándar racial de la gallina Murciana queda recogido en el anexo III del Decreto 129/2010

GENERALIDADES: Esta es una raza de gallinas del tronco mediterráneo, desde el punto de vista productivo se encuentra entre las gallinas consideradas ligeras, con un peso de huevo grande y una velocidad de crecimiento lenta y doble aptitud productiva carne-huevo

- Huevos: De 50 gr mínimo, cáscara de color crema rosáceo.
- Peso del ave: Gallo de 3,40 a 3,75 Kg. Gallina de 2,30 a 2,60 Kg.
- Diámetro de las anillas: Gallo, 20 mm, y gallina, 18 mm.

Morfología del gallo:

- Cabeza: Grande y ancha.
- Cara: Lisa y de color rojo vivo.
- Cresta: Sencilla, grande, derecha y con dientes bien definidos, en número de 5 a 7 y perpendiculares a la curva de la cabeza, con el espolón pegado a la línea del cuello y de color rojo vivo.
- Barbillas: Grandes y colgantes, con el borde inferior redondeado y rojo vivo.
- Orejillas: Moderadamente alargadas, pegadas a la cara y de color blanco.
- Pico: Mediano, fuerte y curvado, de color amarillo.
- Ojos: Redondos y proporcionados al rostro. Iris de color castaño rojizo.
- Cuello: Robusto y de longitud media. La esclavina abundante, descansando en la espalda.
- Tronco: Ancho, bien desarrollado y bastante largo; muy ligeramente inclinado hacia atrás.
- Dorso: Ancho, ligeramente inclinado desde el cuello a las hoces, pero con tendencia a la horizontalidad y numerosos caireles que casi entran en contacto con la esclavina dando la impresión de una espalda corta.
- Pecho: Ancho, largo y robusto.
- Cola: Tamaño medio, timoneras anchas y superpuestas, hoces caudales con tendencia a la verticalidad.
- Abdomen: Ancho, profundo y bien desarrollado.
- Alas: Bien plegadas y juntas al cuerpo, de anchura inferior a su longitud.
- Muslos: Fuertes y robustos.
- Tarsos: Proporcionados al tamaño del ave, lisos y de color amarillo.
- Dedos: En número de cuatro, fuertes, abiertos, derechos y de color amarillo.

Morfología de la gallina:

En general, de las mismas características que el gallo, pero guardando las proporciones de la hembra, excepto en:

- Cresta: Algo caída hacia un lateral.
- Barbillas: Redondeadas.
- Orejillas: Redondeadas.
- Espalda: Horizontal.
- Cola: Con una inclinación de 45.º respecto a la horizontal.

VARIEDADES DE COLOR

TRIGEÑA

Gallo:

El pecho es negro. La esclavina es de color blanco crema, con ligero flameado gris. Los hombros y el dorso tienen una mezcla de blanco crema con rojo. Los caireles son como la esclavina, pero con el flameado gris más reducido.

La cola es negra con reflejo verdoso. Las coberteras grandes de las alas son negras con reflejo verde. Las remeras secundarias tienen las barbas internas de color negro grisáceo, y las externas (espejo del ala) son crema casi blanco. Las remeras

PLATEDA

Gallo:

Similar al de la variedad «trigueña», pero sin los tonos rojizos o marrones del dorso y caireles; es decir, blanco puro, así como la esclavina muy blanca y el «espejo de ala» también blanco.

Gallina:

En la esclavina, el dorso y parte de las alas tiene coloración que puede variar entre el claro y el oscuro (blanca, crema, marrón claro) pero con briznas negras o grisáceas y a veces de color gris verdoso. El pecho, el vientre y la zona alrededor de la cloaca es crema

primarias son negras.

casi blanco o blanco puro. La cola es negra.

Gallina:

El pecho y las plumas que cubren los muslos son de color blanco crema. El cuello es asalmonado con flameado marrón oscuro sin ser negro. El dorso y los hombros son de color salmón de tono uniforme en toda su extensión pero con un leve ribeteado más claro.

Las coberteras de las alas son un poco más claras que el dorso. La cola también es asalmonada en su principio, pero con los extremos de las plumas timoneras más o menos oscuros sin llegar a negros, e incluso formando frecuentemente un ribeteado.

1. Características penalizables:

- COLOR: Presentar parcialmente zonas de color diferentes a las características de la raza.
- PECHO, ABDOMEN Y ESPALDA: Con deficiente desarrollo o conformación distinta a la característica de la raza
- MUSLOS, TARSOS Y DEDOS: Débiles, desproporcionados o defectuosos.
- COLA: Con distinta inclinación a la característica de la raza
- CRESTA, BARBILLAS Y OREJILLAS: Defectuosas o distintas respecto al estándar racial

2. Características descalificantes:

- Ausencia total de pigmentación característica
- Conformación general o regional defectuosa en exceso.
- Anomalías y malformaciones hereditarias y congénitas

3. Criterios generales de valoración.

Excepto para la inscripción en el registro de nacimientos, para la inscripción de los animales en los restantes registros del Libro Genealógico se valorarán, a solicitud del ganadero, los animales que tengan una edad mínima de veintidós semanas.

Los criterios a considerar se aplican a los siguientes caracteres con la siguiente ponderación:

- Cabeza: 2.
- Cola: 1.
- Pecho, abdomen y espalda: 1.
- Muslos tarsos y dedos: 1.
- Cresta, barbilla y orejillas: 1.
- Coloración: 4.

A cada carácter se le asignará una puntuación entre 0 y 10 puntos en virtud de su aproximación a las características expresadas en el prototipo racial. Para obtener la clasificación final del ejemplar, se realizará la sumatoria de los productos de la puntuación de cada carácter, por el factor de ponderación establecido para el mismo.

Las calificaciones en cada uno de los caracteres valorados, se otorgarán de acuerdo con el criterio siguiente:

- Superior: 9-10 puntos.
- Excelente: 8-9 puntos.
- Muy bueno: 7-8 puntos.
- Bueno: 5-7 puntos.
- Suficiente: 3-5 puntos.
- Deficiente: 2-3 puntos.
- Excluyente: 0-2 puntos.

5. Causas que determinan la descalificación:

- a) Poseer alguna de las características definidas como descalificantes en el punto 3.
- b) Una calificación de 2 puntos o menos en cualquier carácter.
- c) Una calificación final inferior a 31 puntos.

Si como consecuencia de la descalificación de un animal por no alcanzar la puntuación mínima exigida, el propietario estuviera en desacuerdo, podrá solicitar a la Comisión gestora del programa de conservación de la

raza de una nueva valoración.

6. Calificación

Obtenida de este modo la puntuación final, los ejemplares quedarán clasificados según las siguientes denominaciones:

- Superiores: Aquellos que obtengan una puntuación mayor a 84 puntos
- Excelentes: Con puntuación de 76 a 84 puntos.
- Muy buenos: Con puntuación de 65 a 75 puntos.
- Buenos: Con puntuación de 51 a 64 puntos.
- Suficientes: Con puntuación de 31 a 50 puntos,
- Deficientes: Aquellos con puntuación igual o inferior a 30 puntos.

ANEXO III: Ficha de cata

Nombre:		Nº de catador:		Fecha:	
<p>Instrucciones: observe y pruebe cada muestra de huevo, indique el grado en el que le gusta o desagrada cada muestra. Marque el número correspondiente a la descripción que usted considere apropiado. Recuerde tomar agua entre muestras.</p>					
Escala de valoración					
1	2	3	4	5	
Me desagrada mucho	Me desagrada poco	No me agrada ni me desagrada	Me gusta poco	Me gusta mucho	
Yema + Clara	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3		
Apariencia general					
Yema					
Color					
Aroma					
Textura					
Sabor					
Clara					
Color					
Aroma					
Textura					
Sabor					
Yema + clara					
Aceptación global					

Fig. 22. Modelo de la ficha de cata utilizada para la evaluación de los caracteres sensoriales del huevo cocido.

ANEXO IV: Cromatograma del estándar de ácidos grasos Supelco 37 Component FAME Mix

