

Evolución de parámetros tecnológicos y químicos de aceitunas y aceites de oliva virgen obtenidos a partir de cuatro variedades de aceituna de Tierra de Barros.

Manuel A. Martínez-Cañas*, Isabel García Corraliza, Daniel Cortés Montaña, Alicia Gil de los Santos, Ana González Trejo.

Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura (CICYTEX), Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX), Área de Aceite, Avenida Adolfo Suárez s/n, 06071 Badajoz, España.

e-mail: manuel.martinez@juntaex.es

Resumen

En el marco del proyecto TECNOLIVE, del Grupo Operativo OLEOTEC, se han estudiado los cambios experimentados en las propiedades tecnológicas y químicas, relacionadas con la calidad, de aceitunas y los aceites obtenidos, de cuatro variedades cultivadas en la comarca de Tierra de Barros, en la provincia de Badajoz, Arbequina, Manzanilla Carrasqueña, Morisca y Picual, a lo largo de su maduración. Para ello, se han recogido muestras de aceituna de cada variedad en tres estados de maduración distintos, de un mínimo de 6 localizaciones, y se han procesado de forma independiente para obtener los respectivos aceites a escala de laboratorio. Los parámetros fisiológicos de estas variedades evolucionaron de forma diferente a lo largo de la maduración, expresados en términos de estado sanitario y lipogénesis en el fruto, así como en disponibilidad de grasa libre tras el procesado, tal y como se ha observado en las diferencias encontradas en términos de extractabilidad del aceite. Respecto a parámetros relacionados con la calidad de los aceites obtenidos, se ha observado cómo los niveles de compuestos fenólicos totales, estabilidad oxidativa y acidez de los aceites obtenidos varían a lo largo de la maduración del fruto, así como entre las propias variedades estudiadas. En este

sentido, se observa cómo a medida que avanza la maduración, el contenido graso en base seca aumenta, así como la extractabilidad, mientras que los compuestos fenólicos y estabilidad oxidativa disminuyen. Por otro lado, relacionado posiblemente con el estado sanitario de los frutos, la acidez libre de los aceites aumenta conforme lo hace la maduración del fruto.

Palabras clave: Maduración, calidad, aceite de oliva virgen, compuestos fenólicos, extractabilidad.

Evolution of technological and chemical parameters of olives and virgin olive oils obtained from four varieties of olives from Tierra de Barros.

Abstract

In the framework of the TECNOLIVE project of the OLEOTEC Operational Group, the changes in the technological and chemical properties, related to the quality, of olives and the oils obtained from four varieties grown in the Tierra de Barros region in the province of Badajoz, Arbequina, Manzanilla Carrasqueña, Morisca and Picual, throughout their maturation has been studied. For this purpose, samples of olives of each variety were collected at three different stages of ripening, from a minimum of 6 locations, and processed independently to obtain the respective oils at laboratory scale. The physiological parameters of these varieties evolved differently during ripening, expressed in terms of health status and lipogenesis in the fruit, as well as in free fat availability after processing, as observed in the differences found in terms of oil extractability. Regarding parameters related to the quality of the oils obtained, it has been observed how the levels of total phenolic compounds, oxidative stability and acidity of the oils obtained vary throughout the ripening of the fruit, as well as between the varieties studied. As ripening progresses, the fat content on dry basis increases, as well as extractability, while phenolic

compounds and oxidative stability decrease. On the other hand, possibly related to the health status of the fruit, the free acidity of the oils increases as the fruit ripens.

Keywords: Ripening, quality, virgin olive oil, phenolic compounds, extractability.

INTRODUCCIÓN

La calidad del aceite de oliva virgen (AOV) está relacionada con un gran número de factores como el cultivar, la zona geográfica de producción, el clima, las técnicas agronómicas, los sistemas de recolección y la tecnología de elaboración, para lo que habrá que tener muy en cuenta el estado de maduración del fruto, por la importancia que este parámetro tiene a la hora de decidir el momento de recolección [1-2]. La maduración se prolonga durante unos meses, y durante esta evolución se producen numerosos procesos metabólicos y transformaciones en el interior de los frutos, con cambios notables en la composición fenólica y química del aceite de oliva a lo largo del periodo [3]. Las variaciones en la composición y calidad de la aceituna, así como del aceite de oliva correspondiente, a lo largo de la maduración, han sido estudiadas por varios autores [4]. La acidez libre aumenta generalmente debido a la actividad de las enzimas lipolíticas, así como a posibles plagas y enfermedades [5], mientras que otros parámetros básicos de calidad, como compuestos fenólicos, disminuyen a medida que el fruto aumenta [3]. En este sentido, la concentración de fenoles hidrofílicos y compuestos volátiles del AOV extraído se ve afectada negativamente por el desarrollo del fruto [5-6]. La estabilidad del AOV está relacionada, además de con la relación de ácidos grasos monoinsaturados/poliinsaturados, con el contenido en antioxidantes naturales, como los compuestos fenólicos, que se comportan de forma dependiente del cultivar durante la maduración [7].

Los Grupos Operativos, elementos clave en el desarrollo de la Asociación Europea para la Innovación en materia de agricultura productiva y sostenible, son agrupaciones de actores de distintos perfiles (agricultores, ganaderos, selvicultores, industrias agroalimentarias o forestales, centros públicos o privados de I+D+i o de formación y asesoramiento, centros tecnológicos o instituciones sin fines de lucro), que se asocian para conseguir una innovación al objeto de resolver un problema o aprovechar una oportunidad, con el enfoque de acción conjunta y multisectorial.

Bajo el título de *TECNOLIVE- Nuevas tecnologías para la determinación del momento óptimo de recolección de la aceituna destinada a la producción de AOVE*, el Grupo Operativo OLEOTEC, ha puesto en marcha un proyecto innovador que integra conocimiento científico y nuevas tecnologías para mejorar la calidad del AOV extremeño. El objetivo general del proyecto TECNOLIVE es innovar integrando toda la cadena de valor de la producción del aceite de oliva virgen extra desde el campo hasta el consumidor final, buscando elaborar un aceite con unas características físico-químicas y organolépticas excepcionales, a través del desarrollo de una aplicación que utilice la inteligencia artificial para proporcionar información a lo largo de la cadena Agricultor-Cooperativa-Consumidor.

El objetivo de este estudio, dentro del proyecto TECNOLIVE, es poder determinar el efecto de la maduración en las características de la aceituna, los efectos en el proceso tecnológico de obtención de AOV junto con su calidad, medida como la estabilidad oxidativa y la composición fenólica de cuatro variedades ampliamente cultivadas en la comarca de Tierra de Barros, en la provincia de Badajoz: Arbequina, Manzanilla Carrasqueña, Morisca y Picual. El objetivo final es estimar el momento óptimo de recolección de estos cultivares de gran importancia económica en la región, para producir aceites de oliva virgen de la máxima calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo durante la campaña 2023/2024. Se recolectaron a mano los frutos de cuatro variedades principales de olivo cultivadas en Extremadura, concretamente, en la comarca de Tierra de Barros, en la provincia de Badajoz: Arbequina, Manzanilla Carrasqueña, Morisca y Picual. Los cultivares se eligieron por ser las variedades predominantes de su zona de cultivo y por sus elevadas cantidades de producción. Las muestras de aceituna se recogieron de varios árboles cercanos entre sí, de diferentes parcelas para cada cultivar individual y en tres épocas diferentes, cada 40 días aproximadamente, a partir del 1 de octubre hasta el 15 de diciembre y se codificaron según el índice de madurez como V (verde), E (envero) y M (maduro) para cada variedad.

Para la obtención del aceite, se hizo uso de un sistema Abencor (MC2) [8], para lo cual se procesaron unos 8 kg de aceituna de cada variedad en cada estado de maduración. Las muestras se almacenaron en botellas de vidrio oscuro refrigeradas a 4°C hasta su análisis.

Análisis de aceitunas.

El índice de madurez de las aceitunas se determinó de acuerdo al procedimiento propuesto por Uceda-Frías [9], mediante evaluación del color de la piel y la pulpa de 100 frutos.

Para la determinación del estado sanitario, se evaluaron 100 frutos para registrar los defectos encontrados debidos a plagas y/o enfermedades. Se evaluó cada fruto asignando el estado sanitario SANO o NO SANO, identificando la plaga/enfermedad.

Para determinar los contenidos grasos, tanto en base húmeda y base seca, así como la humedad de la materia prima, se utilizó un espectrómetro NIR previamente calibrado, disponible en nuestro laboratorio (Foss Olivescan). Las medidas de extractabilidad se hicieron en base a los rendimientos obtenidos en el Abencor respecto a los que potencialmente tendrían en base al contenido graso en base húmeda.

Análisis de aceites.

La determinación del contenido en compuestos fenólicos totales se hizo usando el reactivo de Folin Ciocalteau [10] utilizando ácido cafeico como patrón.

La medida de estabilidad oxidativa se hizo con un equipo Rancimat (Metrohm Co., Basel, Switzerland), a 100°C y un flujo de aire de 10 L/h. La estabilidad oxidativa se expresó como tiempo de inducción de la oxidación (horas).

El contenido en ácidos grasos libres se determinó conforme al método oficial descrito por el COI para este parámetro [11], expresándose los resultados en % ác. oleico.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se ha llevado a cabo con el software XLSTAT ver 2024.4.0.1424 (Addinsoft, New York, NY). Los datos de cada muestra se han evaluado con un análisis ANOVA de una vía, usando el test de Tukey para determinar si había diferencias significativas entre las variedades y el momento de recolección. Se consideró significativo un valor de $p < 0.05$.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En las Tablas 1-4, y en las Figuras 1-4, se recogen los parámetros relacionados tanto con el estado sanitario del fruto como aquellos relacionados con la cantidad de aceite (contenido graso en base seca y extractabilidad) como con la calidad de los aceites de oliva virgen obtenidos (contenido en compuestos fenólicos totales, expresados como equivalentes de ácido cafeico, estabilidad oxidativa y acidez), de las cuatro variedades estudiadas, en cada uno de los estados de maduración. Estos estados de maduración fueron tres, coincidiendo con el momento inicial de la campaña (verde); en el punto medio de la misma (envero) y al final (maduro).

Según se observa en la Tabla 1, para la variedad Arbequina se encuentran diferencias significativas entre los diferentes estados de maduración estudiados en los parámetros relacionados con el estado sanitario de los frutos y con el contenido graso. En el primer caso, se observa cómo a medida que aumenta la maduración, el porcentaje de frutos sanos disminuye, lo que puede explicar las diferencias significativas encontradas en la acidez de los aceites obtenidos. Respecto al contenido en aceite, se observa un aumento del estado de maduración verde al envero, el cual se mantiene. No ocurre lo mismo con la extractabilidad, que no experimenta cambios significativos con la maduración del fruto. Respecto a parámetros de calidad del aceite de la variedad arbequina, se observa una disminución significativa al pasar de verde a maduro. No obstante, este cambio no se observa en lo relativo a la estabilidad oxidativa.

En el caso de la Manzanilla Carrasqueña, como se observa en la Tabla 2, se encuentran diferencias significativas entre los diferentes estados de maduración estudiados en los parámetros relacionados con el estado sanitario de los frutos y con el contenido graso. A medida que aumenta la maduración, el porcentaje de frutos sanos disminuye al pasar de envero a maduro. En este caso, esta disminución del número de frutos sanos no ve reflejo en el parámetro de calidad acidez, en el que no se encuentran diferencias significativas con el avance de la maduración. Respecto al contenido en aceite, se observa un aumento del estado de maduración verde al envero, el cual se mantiene en el estado de maduración más tardío. Al igual que ocurría con la arbequina, para esta variedad no se observan cambios significativos en la extractabilidad a medida que avanza la maduración. Si nos detenemos en los parámetros relacionados con la calidad de los aceites, esto es, con los compuestos fenólicos totales, se observa una disminución significativa al pasar de verde a envero, que se mantiene en maduro. En esta ocasión, esta variación del contenido de

compuestos fenólicos se ve trasladado a la estabilidad oxidativa, que se comporta en el mismo sentido.

Del estudio de la variedad Morisca se desprende, según los datos recogidos en la Tabla 3, que la merma que se produce en la calidad del fruto a medida que aumenta la maduración es notable, pasando de aproximadamente un 99% de frutos sanos cuando el fruto está verde a poco más del 50% cuando el fruto está maduro. En este caso, este mismo hecho se puede relacionar con la acidez de los aceites, que es significativamente mayor en el caso de los aceites maduros que en los verdes. El resto de los parámetros de calidad, tanto compuestos fenólicos como estabilidad oxidativa, no varían a lo largo de maduración.

Por último, si observamos la evolución del contenido en grasa sobre seco, podemos observar cómo aumenta del estado de maduración verde al envero, permaneciendo estadísticamente constante hasta el estado maduro. En esta variedad, no se experimenta un aumento notable de la extractabilidad con la maduración de la aceituna.

Respecto a la última de las variedades estudiadas, se observa a lo largo de la maduración de las aceitunas de la variedad Picual (Tabla 4) cómo también se produce merma en la calidad de las aceitunas, al pasar de envero a maduro. No obstante, como ocurre con la morisca, en este caso se produce una disminución de la acidez de los aceites de envero respecto a los verdes, si bien este parámetro en maduro no difiere estadísticamente de los otros dos estados de maduración. Respecto a extractabilidad, no se observa un aumento significativo de este parámetro con la maduración, si bien si aumenta el contenido graso sobre seco al evolucionar el fruto desde el estado de maduración verde al envero. Respecto a compuestos fenólicos totales y estabilidad oxidativa, no hay diferencias significativas entre los distintos estados de maduración estudiados.

CONCLUSIONES

Este trabajo describe los cambios en la calidad, cantidad y parámetros de composición de las aceitunas y los aceites obtenidos de cuatro variedades ampliamente distribuidas en la provincia de Badajoz, más concretamente, en la comarca de Tierra de Barros, a lo largo de la maduración del fruto desde un estado fenológico verde de la aceituna hasta un estado maduro, en el que ha cambiado la coloración tanto de la pulpa como de la piel.

El estado sanitario de los frutos, el contenido en aceite -calculado en base seca- así como la extractabilidad de las pastas obtenidas de las variedades estudiadas fueron parámetros dependientes de la maduración del fruto. Por otro lado, parámetros relacionados con la calidad de los aceites obtenidos, tales como contenido en compuestos fenólicos totales, estabilidad oxidativa o acidez, fluctuaron a lo largo de la maduración.

Sin embargo, existen parámetros que son dependientes de la variedad y del estado de maduración. Tal es el caso de los compuestos fenólicos totales y la estabilidad oxidativa, que muestran valores mayores en las variedades Picual y Manzanilla Carrasqueña. Es reseñable cómo en la variedad Picual, los fenoles totales aumentan conforme lo hace el estado de maduración, al contrario que las otras variedades. Respecto al estado sanitario de los frutos, se observa que la mayor integridad de las aceitunas se produce en el caso de la maduración de la variedad arbequina, mientras que en el extremo opuesto se encuentra la variedad Morisca.

Los datos obtenidos pueden ser útiles para proporcionar información y poder determinar el momento óptimo de recolección. A partir de los resultados de los análisis realizados en este trabajo, se concluye que el momento de recolección de las aceitunas depende de la variedad, y podrían realizarse cuando los índices de madurez estuvieran en torno a 2,50, con la salvedad de la variedad Manzanilla Carrasqueña, que presenta mejor relación

calidad/cantidad de aceite cuanto IM está sobre 2,20. Por otro lado, para las variedades Morisca y Picual hay que tener muy en cuenta la integridad del fruto, pues se observan grandes mermas en el estado sanitario a partir de índices de madurez superiores a 2,5.

En cualquier caso, faltan por realizar más estudios sobre las rutas metabólicas (tanto anabólicas como catabólicas) de los distintos cultivares de aceite durante la maduración, así como la influencia de condiciones abióticas sobre las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al GO OLEOTEC la puesta a disposición de las muestras de aceituna, así como al proyecto TECNOLIVE, Proyecto con ayuda cofinanciada por el Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) en un 85,00%, dentro del Programa de Desarrollo Rural (PDR) de Extremadura 2014-2022, en la medida 16 “Cooperación”, submedida 16.1 “Ayuda para la creación y el funcionamiento de grupos operativos de la AEI en materia de productividad y sostenibilidad agrícolas”, siendo el resto cofinanciado por la Junta de Extremadura en un 11,28% y por el Estado, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, en un 3,72%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Garcia, JM; Seller, S; Pérez-Camino, MC. “Influence of fruit ripening on olive oil quality”. *J Agric Food Chem*, 44, 1996, 3516–3520.
- [2] Manai-Djebali, H.; Trabelsi, N.; Medfai, W; Hessini, K; Mohamed, SN; Madrigal-Martínez, M; Martínez-Cañas, MA; Sánchez Casas, J; Youssef, NB; Oueslati, I. “Chemical Composition of Monovarietal Extra Virgin Olive Oils Obtained from Tunisian Mills: Influence of Geographical Origin”. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*73(4), 2023, 354-366.
- [3] Damak, N; Bouaziz, M; Ayadi, M; Sayadi, S; Damak, M. “Effect of the maturation process on the phenolic fractions, fatty acids, and antioxidant activity of the chétoui olive fruit cultivar”. *J Agric Food Chem* 56, 2008, 1560–1566.
- [4] Matos, LC; Cunha, SC; Amaral, JS; Pereira, JA; Andrade, PB; Seabra, RM; Oliveira, BPP. “Chemometric characterization of three varietals olive oils (Cvs. Cobrancosa, Madural and Verdeal Transmontana) extracted from olives with different maturation indices”. *Food Chem* 102, 2007, 406–414.
- [5] Salvador, MD; Aranda, F; Fregapane, G. “Influence of fruit ripening on “cornicabra” virgin olive oil quality. A study of four successive crop seasons”. *Food Chem* 73, 2001, 45–53.
- [6] Brenes, M; Garcia, A; Garcia, P; Rios, JJ; Garrido, A. “Phenolic compounds in Spanish olive oils”. *J Agric Food Chem* 47, 1999, 3535–3540.
- [7] Gutiérrez, F; Jiménez, B; Ruiz, A; Albi, MA. “Effect of olive ripeness on the oxidative stability of virgin olive oil extracted from the varieties Picual and Hojiblanca and on the different components involved”. *J Agric Food Chem* 47, 1999, 121–127.

[8] Martínez, F; Moyano, MJ; Alba, J; Ruiz, MA; Hidalgo, F; Heredia, FJ. “Método rápido de obtención de aceite de oliva virgen para determinación de acidez”. *Grasas y Aceites* 50(2), 1999, 122-126.

[9] Uceda, M; Frías L. “Épocas de recolección. Evolución del contenido graso del fruto y de la composición y calidad del aceite”. En: *La mecanización de la recolección*. 37-68 Córdoba, FAO-PNUD, 1985.

[10] Gutfinger, T. “Polyphenols in olive oils”. *J Am Oil Chem Soc* 58, 1981, 966–968

[11] Organización Oleícola Internacional. “Determinación de los ácidos grasos libres, método de análisis en frío”. COI/T.20/Doc. N° 34 (2017).

Tabla 1. Evolución de la variedad ARBEQUINA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido

IM	0,21 (verde)	2,54 (envero)	3,69 (maduro)
Estado Sanitario % frutos sanos	99,83 ^a	98,17 ^a	80,17 ^b
CGS (%)	36,84 ^a	47,44 ^b	49,51 ^b
Extractabilidad (%)	59,82 ^a	49,04 ^a	48,42 ^a
Comp. Fenólicos Totales mg/L	322,84 ^a	207,62 ^{ab}	149,66 ^b
Estabilidad Oxidativa h	54,85 ^a	48,03 ^a	41,39 ^a
Acidez (% ac. Oleico)	0,10 ^a	0,11 ^a	0,21 ^b

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias significativas entre los valores medios ($p < 0.05$)

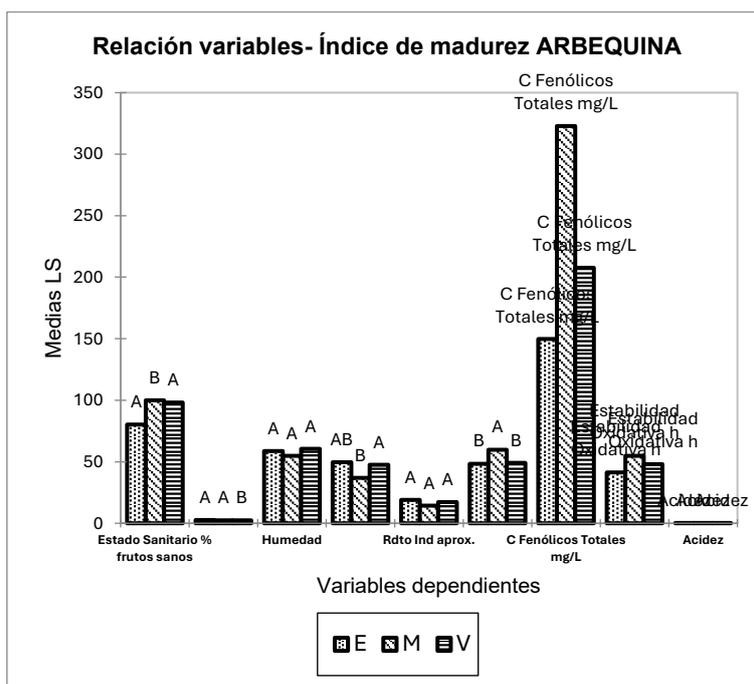


Figura 1. Evolución de la variedad ARBEQUINA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido (Diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas entre los valores medios para cada parámetro; $p < 0.05$).

Tabla 2. Evolución de la variedad MANZANILLA CARRASQUEÑA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido

IM	0,14 (verde)	2,23 (envero)	3,94 (maduro)
Estado Sanitario % frutos sanos	97,44 ^a	99,00 ^a	65,00 ^b
CGS (%)	35,10 ^a	41,31 ^b	44,26 ^b
Extractabilidad (%)	64,10 ^a	59,97 ^a	67,97 ^a
Comp. Fenólicos Totales mg/L	708,61 ^a	530,88 ^b	526,35 ^b
Estabilidad Oxidativa h	137,64 ^a	100,78 ^b	90,28 ^b
Acidez (% ac. Oleico)	0,14 ^a	0,13 ^a	0,21 ^a

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias significativas entre los valores medios

($p < 0.05$)

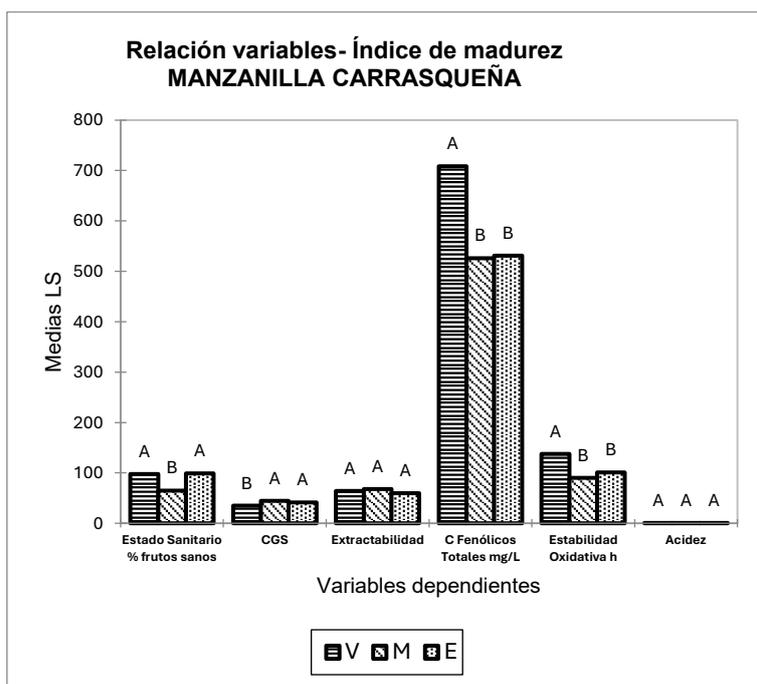


Figura 2. Evolución de la variedad MANZANILLA CARRASQUEÑA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido (Diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas entre los valores medios para cada parámetro; $p < 0.05$).

Tabla 3. Evolución de la variedad MORISCA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido

IM	0,1 (verde)	2,45 (envero)	4,14 (maduro)
Estado Sanitario % frutos sanos	99,33 ^a	75,22 ^b	51,11 ^c
CGS (%)	37,25 ^a	47,51 ^b	49,36 ^b
Extractabilidad (%)	66,02 ^a	66,88 ^a	71,72 ^a
Comp. Fenólicos Totales mg/L	304,67 ^a	268,73 ^a	248,98 ^a
Estabilidad Oxidativa h	40,04 ^a	42,99 ^a	42,02 ^a
Acidez (% ac. Oleico)	0,11 ^{ab}	0,09 ^a	0,16 ^b

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias significativas entre los valores medios

($p < 0.05$)

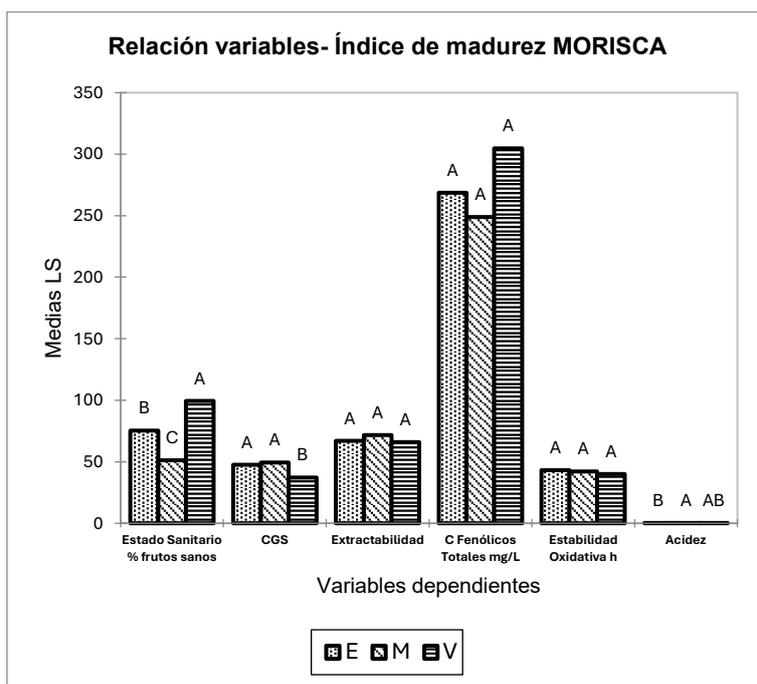


Figura 3. Evolución de la variedad MORISCA respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido (Diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas entre los valores medios para cada parámetro; $p < 0.05$).

Tabla 4. Evolución de la variedad PICUAL respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido

IM	0,11 (verde)	2,57 (envero)	4,44 (maduro)
Estado Sanitario % frutos sanos	98,56 ^a	99,67 ^a	69,78 ^b
CGS (%)	35,48 ^a	44,64 ^b	47,45 ^b
Extractabilidad (%)	70,73 ^a	70,13 ^a	72,32 ^a
Comp. Fenólicos Totales mg/L	408,62 ^a	440,07 ^a	475,59 ^a
Estabilidad Oxidativa h	100,67 ^a	109,35 ^a	109,37 ^a
Acidez (% ac. Oleico)	0,13 ^a	0,10 ^b	0,12 ^{ab}

Diferentes superíndices en la misma fila indican diferencias significativas entre los valores medios

($p < 0.05$)

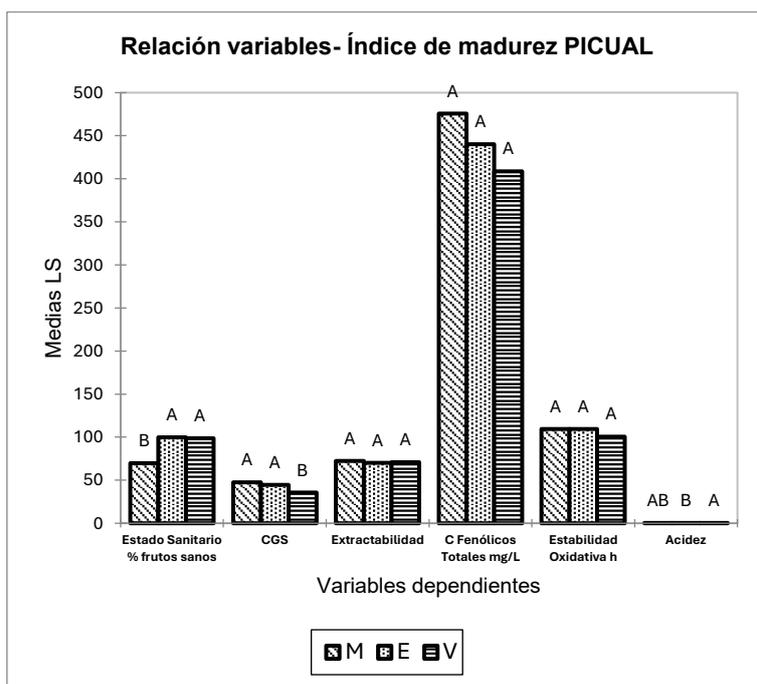


Figura 4. Evolución de la variedad PICUAL respecto a parámetros tecnológicos como de calidad del aceite obtenido (Diferentes letras en las columnas indican diferencias significativas entre los valores medios para cada parámetro; $p < 0.05$).