



AGROALNEXT ARAGÓN

Evaluación agronómica y productiva de variedades de pistacho

Promovido y financiado por
Iniciativa impulsada por:



Creado dentro del Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

AGROALNEXT  Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



URL: <https://hdl.handle.net/10532/8037>

Año 2025

Autores: L. Castel, A. Wünsch
Departamento de Ciencia Vegetal (3.5.1, 3.5.2)

Autores: G. Estopañán, M.A. Sanz
ALAAT (3.5.3)

Promovido y financiado por
Iniciativa impulsada por:



Creado dentro del Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

AGROALNEXT  Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia





Contenido

Introducción.....	5
3.5.1. Evaluación de variedades de pistacho de la antigua colección del CITA.....	7
3.5.2. Plantación y ensayo de nuevas variedades.....	17
3.5.3. Caracterización nutricional de pistachos en variedades de colección del CITA.....	18
Conclusiones.....	28
Bibliografía.....	30





Introducción

El cultivo del pistacho es una alternativa a otros cultivos tradicionales, evidenciado por el incremento de plantaciones en los últimos años. Este cultivo es de interés debido al alto valor económico y el valor nutricional, además de su buena adaptación al cultivo de secano y el cultivo ecológico en ciertas condiciones. Uno de los principales inconvenientes es la lenta entrada en producción y su propagación. Actualmente no se conoce bien el comportamiento de las variedades de este cultivo en muchas áreas en las que su cultivo es más reciente, como Aragón, por lo que es necesario actualizar este conocimiento con el fin de identificar las variedades que mejor puedan adaptarse a este territorio.

El CITA mantiene una antigua colección de pistachos que incluye algunas variedades ampliamente cultivadas, otras menos conocidas y algunas accesiones de prospección. El objetivo de esta tarea ha sido poner al día y evaluar el comportamiento y calidad de estas variedades de pistacho de la antigua colección del CITA, y al mismo tiempo la puesta en marcha de un ensayo demostrativo con nuevas variedades para su evaluación. Para ello este trabajo se ha dividido en tres tareas diferentes:

3.5.1. Evaluación de variedades de pistacho de la antigua colección del CITA.

El objetivo de esta tarea ha sido la puesta a punto, identificación y evaluación de las variedades conservadas en la antigua colección CITA.

Identidad: Debido a la antigüedad de la colección y errores detectados en los antiguos planos de la colección existían dudas sobre la identidad de algunas variedades conservadas por ello, en colaboración con el IRIAF-IVICAM (Castilla La Mancha) se llevado a cabo un análisis de identidad varietal mediante marcadores moleculares con el fin de comprobar la identidad de estas variedades mediante comparación con la colección española de referencia. Además, se ha comprobado mediante observación en campo la identidad masculina o femenina de las distintas accesiones.

Fenología, producción y calidad: En esta tarea se ha realizado la renovación y cuidado de los árboles mediante poda y eliminación de rebrotes, cuidados fitosanitarios mediante tratamientos para hongos y la toma de datos en campo de fenología y calidad de fruto durante las campañas de los años 2023, 2024 y 2025.

3.5.2. Plantación y ensayo de nuevas variedades.

El objetivo de esta tarea ha sido el establecimiento de nuevas variedades de pistacho para su evaluación. En colaboración con Apistar (Asociación Productores Pistacho Aragón) y el proyecto PISTARA (PDR, Gobierno de Aragón se ha realizado la plantación de un ensayo de variedades de interés para evaluar su comportamiento. Las mismas variedades han sido también plantadas en otras localidades de Aragón con el objetivo de disponer de una red multilocalidad para la evaluación de su comportamiento. Debido a la larga juvenilidad las variedades no entrarán en producción hasta después de finalizado el proyecto. Por tanto, durante los años de vigencia del proyecto se ha realizado el manejo y formación de los árboles mediante poda aragonesa (Poblador & Poblador, 2023).

3.5.3. Caracterización nutricional de pistachos en variedades de colección del CITA.

En esta tarea se ha llevado a cabo la caracterización de las variedades de pistacho evaluadas en cuanto a su composición nutricional, estudiando las fracciones mayoritarias, lípidos y proteína, y la calidad del aceite, con la determinación del perfil de ácidos grasos y del contenido en vitamina E, principal antioxidante presente en esta fracción y con actividad funcional en el ser humano. Así mismo, dentro de los compuestos potencialmente beneficiosos para la salud, se ha estudiado la presencia de otros grupos de antioxidantes, como son los polifenoles totales, y como parámetro general se ha analizado la capacidad antioxidante del fruto.



Resultados

3.5.1. Evaluación variedades de pistacho de la antigua colección del CITA.

En la antigua colección CITA hay 27 árboles, de ellos 26 han sido identificados como variedades de pistacho (*Pistacia vera*) injertadas sobre patrón *P. atlantica* y uno de ellos es *P. atlántica* sin injertar.

De las 26 variedades de pistacho, 14 han sido identificadas como hembra y 12 como macho (Tabla 1). El análisis de la **identidad molecular** fue realizado por IRIAF-IVICAM mediante el análisis de SSRs o microsatélites. El análisis ha permitido confirmar la identidad de 10 variedades y no se ha podido confirmar la identidad de los 16 restantes (Tabla 1) por diferentes razones: a) en 3 de ellas su perfil genético no coincide con el perfil de la misma variedad con el mismo nombre en la colección de referencia, b) para otras 4 no existe la misma variedad en la colección de referencia por lo que su identidad no se puede confirmar, o c) para 9 accesiones el patrón genético detectado no coincide con ninguno de la colección de referencia (Tabla 1). Además, se identificaron 4 pares de variedades idénticas entre sí y un trio de variedades también idénticas entre sí para los marcadores analizados, existiendo por tanto clones duplicados y un caso triplicado en la colección. Este análisis revela por tanto la existencia de solo 20 accesiones/genotipos diferentes en las 26 variedades conservadas.

La floración de las 26 accesiones de pistacho ocurrió en las tres campañas (2023, 2024 y 2025) entre el 11 y el 26 de abril (Tabla 2). Hubo diferencias entre variedades en la duración de floración, aunque la variación interanual no fue muy grande, siendo la floración bastante constante entre años. Se observaron variedades tanto machos como hembras más tempranas que otros. Por ejemplo, la hembra floración más temprana fue Aegina mientras que las de floración más tardía fueron Joley y Kerman, y Kastel fue de floración media, confirmando su descripción bibliográfica (Couceiro et al. 2013). Entre los machos el Nº 4 y el 20 fueron los de floración más temprana y Peters el más tardío. Se observó un buen solape entre la floración Peters y Kerman que son las variedades macho y hembra más cultivadas, reflejando un solape adecuado para su cultivo en las condiciones estudiadas. Por el contrario, algunas combinaciones no serían posibles debido a la diferencia en floración no proporcionarían un buen solape (Tabla 2).

Numero	Identidad plano original	Identidad	Causa Identidad desconocida	Observaciones	♀ / ♂
1	Kerman	Kerman		Igual a 2	♀
2	Kerman	Kerman		Igual a 1	♀
3	P. vera (Pakistan)	Desconocido	c		♀
4	182	Desconocido	c		♂
6	Larnaka	Desconocido	a		♀
8	EO	Egino			♂
9	P. vera (Iran)	Desconocido	c		♂
10	Aegina	Aegina		Igual a 44	♀
11	P. vera (Iran)	Desconocido	c		♂
14	153	Desconocido	c		♂
15	Kalanguachi	Desconocido	b	Igual a 31 y 32	♀
17	El guettar	Desconocido	b		♀
20	Nazar	Desconocido	a		♂
22	Kastel	Kastel			♀
24	Askar	Askar			♂
25	Sin nombre	Desconocido	c	Igual a 39	♂
28	Sin nombre	Desconocido	c		♀
31	Lassen	Desconocido	b	Igual a 15 y 32	♀
32	Lassen	Desconocido	b	Igual a 15 y 31	♀
34	Sin nombre	Desconocido	c		♂
36	Sin nombre	Desconocido	c		♀
37	Sin nombre	Peters		Igual a 38	♂
38	Peters	Peters		Igual a 37	♂
39	Avidon/Grec G	Desconocido	a		♂
42	Joley	Joley			♀
43	P. atlantica	no analizado			♂
44	Egina/Mateur	Aegina		Igual a 10	♀

Tabla 1. Listado de variedades de antigua colección CITA e identidad mediante SSRs (IRIAF-IVICAM). a: perfil genético no coincide con el perfil de la misma variedad en la colección de referencia. b: no existe la misma variedad en la colección de referencia por lo que no se puede confirmar identidad de la variedad. c: el perfil genético no coincide con ninguna variedad de la colección de referencia.



Numero	Identidad	♀ / ♂	Floración 2023-24-25 (15 - 26 abril)	Floración																			
				11-abr	12-abr	13-abr	14-abr	15-abr	16-abr	17-abr	18-abr	19-abr	20-abr	21-abr	22-abr	23-abr	24-abr	25-abr	26-abr				
44	Aegina	♀	-																				
20	Desconocido	♂	11-15 abril																				
6	Desconocido	♀	11-18 abril																				
4	Desconocido	♂	11-18 abril																				
10	Aegina	♀	11-19 abril																				
17	Desconocido	♀	11-19 abril																				
25	Desconocido	♂	11-20 abril																				
11	Desconocido	♂	14-16 abril																				
9	Desconocido	♂	14-18 abril																				
14	Desconocido	♀	14-18 abril																				
24	Askar	♂	14-20 abril																				
3	Desconocido	♀	14-22 abril																				
31	Desconocido	♀	14-24 abril																				
22	Kastel	♀	14-25 abril																				
28	Desconocido	♀	14-26 abril																				
8	Egino	♂	16-20 abril																				
1	Kerman	♀	16-22 abril																				
42	Joley	♀	17-18 abril																				
37	Peters	♂	18-20 abril																				
39	Desconocido	♂	18-20 abril																				
34	Desconocido	♂	18-24 abril																				
36	Desconocido	♀	20-24 abril																				
38	Peters	♂	20-25 abril																				
2	Kerman	♀	22-25 abril																				
15	Desconocido	♀	24-25 abril																				
32	Desconocido	♀	24-26 abril																				

Tabla 2. Rango de fecha de floración de las variedades de antigua colección CITA en las campañas 2023, 2024 y 2025.

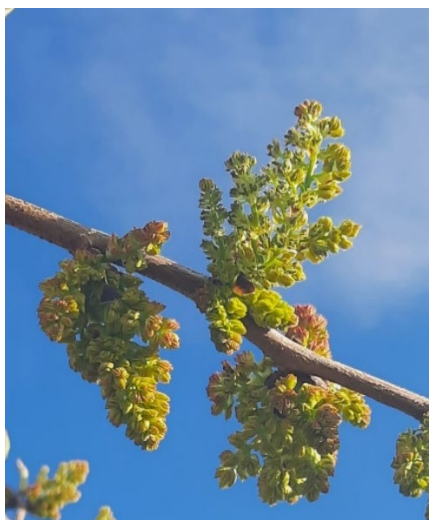


Figura 1. Floración de árbol hembra y macho.

La maduración del fruto tuvo lugar entre el 27 agosto y el 23 de septiembre en los tres años para todas las variedades hembra (Tabla 3). Se pudieron cosechar frutos de 13 árboles, correspondientes a 12 variedades ya que se cosecharon 2 clones de Kerman. Hubo diferencias entre años siendo el año 2023 en el que maduración se inició antes (27 de agosto) y el 2025 en el que se inició más tarde (2 septiembre), ambas campañas fueron extensas abarcando casi un mes. Las variedades más tempranas varios años fueron Aegina, Joley y N° 28, 31 y 36. Madurando entre finales de agosto y la primera quincena de septiembre, el resto como Kerman y Kastell se alargaron algún año hasta la segunda quincena de septiembre (Tabla 3).

Numero	Variedad	Maduración 2023	Maduración 2024	Maduración 2025
1	Kerman	12/09/2023	04/09/2024	23/09/2025
2	Kerman	12/09/2023	04/09/2024	30/09/2025
3	Desconocido		27/09/2024	30/09/2025
6	Desconocido	12/09/2023	04/09/2024	23/09/2025
10	Aegina	12/09/2023	04/09/2024	02/09/2025
15	Desconocido		27/09/2024	09/09/2025
17	Desconocido	12/09/2023	27/08/2024	02/09/2025
22	Kastel	12/09/2023	11/09/2024	23/09/2025
28	Desconocido	12/09/2023	27/08/2024	09/09/2025
31	Desconocido		04/09/2024	09/09/2025
32	Desconocido		27/08/2024	23/09/2025
36	Desconocido	19/09/2023	27/08/2024	02/09/2025
42	Joley	12/09/2023	27/08/2024	02/09/2025
44	Aegina			

Tabla 3. Fechas de maduración de las variedades de antigua colección CITA en las campañas 2023, 2024 y 2025.



Figura 2: Maduración de pistachos en el árbol. Inicio del cuajado (arriba izqda.), maduración intermedia (arriba dcha.), fruto cerca de madurez (abajo).

La **calidad de fruto** fue evaluada en las variedades cosechadas durante los tres años (2023 a 2025) aunque dos variedades, la numero 3 y 15, solo pudieron ser evaluadas el último año. En la tabla 4 quedan reflejadas los caracteres medidos de la calidad de fruto como peso, calibre, % de frutos cerrados y % frutos vacíos, mientras que en la Tabla 5 están reflejados los caracteres cualitativos. Se observó amplia diversidad en los **calibres y tamaño** de fruto. Destacando las variedades Kastel y N° 28 por ser las de mayor tamaño y alcanzar un calibre mayor (16-19). El resultado confirma lo descrito ya que Kastel está descrita como una variedad de gran calibre (Couceiro et al. 2013). Las de menor calibre menor fueron Aegina y N° 17 con calibres pequeños que llegaron a ser de 28-30. En general todas las variedades presentaron bajos porcentajes de **frutos vacíos** observándose por tanto una buena polinización en los tres años. El porcentaje de frutos cerrados también fue muy variable llegando al 90% en la variedad N°3 y siendo también altos en variedades como Kerman lo que contrasta con su descripción (Couceiro et al. 2013). Destacaron N°28 y 31 por los bajos porcentajes de frutos cerrados (2-8%).

Número	Variedad	Calibre fruto seco (pistachos/onza)	Peso medio fruto seco (gr) (Con cáscara)	Peso medio fruto seco (gr) (Sin cáscara)	Alto medio fruto seco (mm)	Ancho medio fruto seco (mm)	Grosor medio fruto seco (mm)	Frutos cerrados (%) media	Frutos vacíos (%) media
1	Kerman	20-24	1,26	0,58	17,7	9,5	8,9	74	0
2	Kerman	21-22	1,31	0,66	17,8	9,8	9,1	70	9
3*	Desconocido	22	1,30	0,66	14,9	9,7	9,7	92	8
6	Desconocido	26-30	0,99	0,52	17,0	8,3	8,6	71	0
10	Aegina	27-33	0,97	0,52	17,2	8,8	7,8	35	0
15*	Desconocido	26	1,07	0,55	17,1	8,6	9,2	58	0
17	Desconocido	25-28	1,09	0,54	17,8	8,5	8,0	58	0
22	Kastel	18-19	1,52	0,81	18,9	10,4	9,3	59	1
28	Desconocido	16-20	1,56	0,82	18,2	10,7	9,5	2	1
31	Desconocido	22-23	1,26	0,72	17,8	9,8	9,8	8	0
32	Desconocido	23-32	1,06	0,61	16,4	9,1	9,5	24	0
36	Desconocido	20-36	1,16	0,64	18,2	9,5	8,1	76	0
42	Joley	25-27	1,09	0,56	18,5	8,6	7,7	60	0
44	Aegina	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabla 4. Calidad de fruto en las campañas 2023, 2024 y 2025. *: Datos de un solo año (2025).

Todas las variedades presentaron un color similar de cáscara (blanco) y similar color verde y púrpura de fruto, siendo N° 6 la que presentaba menos verde que el resto. La apertura de la cascara varió entre años desde estrecha a ancha en algunas variedades y fue consistentemente media-ancha en la variedad N°28. La dehiscencia de la cáscara también varió entre años siendo consistentemente difícil para algunas variedades como 3, 6 15 y 17 y fácil para Kastel, 28, 31, 32 y 36.

Número	Variedad	Color cáscara	Apertura cáscara	Dehiscencia cáscara	Color fruto
1	Kerman	blanco-amarillo	estrecha-ancha	media-difícil	verde morado
2	Kerman	blanco-amarillo	estrecha-mediana	fácil-difícil	verde morado
3*	Desconocido	blanco-amarillo	mediana	difícil	verde morado
6	Desconocido	blanco-amarillo	estrecha-mediana	difícil	morado
10	Aegina	blanco-amarillo	estrecha-mediana	fácil-difícil	verde morado
15*	Desconocido	blanco-amarillo	mediana	difícil	verde morado
17	Desconocido	blanco-amarillo	estrecha	difícil	verde morado
22	Kastel	blanco-amarillo	estrecha-ancha	facil-media	verde morado
28	Desconocido	blanco-amarillo	mediana-ancha	fácil	verde morado
31	Desconocido	blanco-amarillo	estrecha-ancha	fácil	verde morado
32	Desconocido	blanco-amarillo	estrecha-ancha	fácil	verde morado
36	Desconocido	blanco-amarillo	estrecha-mediana	fácil	verde morado
42	Joley	blanco-amarillo	estrecha-ancha	fácil-difícil	verde morado
44	Aegina	—	—	—	—

Tabla 5. Características de fruto en las campañas 2023, 2024 y 2025. *: Datos de un solo año (2025).



Figura 3: Fotografía de fruto con cascara (izqda.) y grano (dcha.) de Kerman.



Figura 4: Fotografía de fruto con cascara (izqda.) y grano (dcha.) de variedad N° 28.



Figura 5. Detalle de variabilidad de las variedades evaluadas. Fruto con pellejo en verde de las variedades Kerman (N°2), Aegina (N°10), N°17, Kastel (N°22), N°28 y Joley (N°42) recogidas el 12/9/2023.

Se observó una alta incidencia de infección por hongos y micosis aéreas en la plantación en los diferentes años, especialmente a partir de julio hasta septiembre y con el avance de la maduración del fruto. Estas infecciones se observaron tanto en hojas como en frutos (Figura 6), llegando a afectar la cosecha en un alto porcentaje en algún año. Todas las variedades estudiadas fueron afectadas por estas infecciones en mayor o menor medida dependiendo del año, sin poder establecer una diferenciación clara de cuales se podrían considerar más tolerantes o susceptibles. Se detectó la presencia de *Mycosphaella pistacium* y *Botriosfera* por el Departamento SAFMA del CITA de Aragón (Dr. Vicente González). Estas infecciones fueron altamente negativas para el desarrollo del árbol y el fruto y pueden suponer una amenaza para el apropiado desarrollo del cultivo (Ruano et al. 2025). El entorno de cultivo de esta colección en la finca Soto Lezcano, en la rivera del río Gállego puede ser un entorno con excesiva humedad que favorezca estas infecciones. De cualquier forma, son necesarios tratamientos de control de hongos que permitan mejorar la producción y vida del árbol.



Figura 6. Afeción por hongos en hojas y frutos de árboles de pistachio de la colección del CITA.



Figura 7: Árbol de la variedad Nº28.

3.5.2. Plantación y ensayo de nuevas variedades.

La plantación de 27 árboles, que corresponden 11 variedades (8 hembras y 3 machos) se realizó en la finca Soto Lezcano del CITA de Aragón, en abril de 2023, incluyendo 3 clones de cada hembra y uno de cada macho. Las variedades plantadas son las siguientes:

Hembras: Aegina, Ashoury, Batoury, Joley, Kerman, Muntaz, Ohadi, Siirt

Machos: C-Especial, Guerrero, Peters

La lenta entrada en producción y de los árboles no ha permitido tomar datos de producción o agronómicos relevantes durante estos dos años. Dos variedades no han sobrevivido debido al mal estado del plantón a su llegada.



Figura 8. Plantación de pistachos (arriba) y árboles recibidos (abajo izqda.), plantados (abajo centro) en abril 2023 y estado actual en noviembre 2025 (abajo dcha.)

3.5.3. Caracterización nutricional de pistachos en variedades de colección del CITA.

Durante el proyecto se ha estudiado la composición nutricional en muestras de variedades de pistacho correspondientes a las cosechas 2022, 2023 y 2024. Las muestras se conservaron descascaradas, al vacío y en congelación hasta el momento de los ensayos. Se analizaron por triplicado, excepto cuando había poca cantidad en cuyo caso se hizo por duplicado. En algunos casos no se ha realizado el estudio completo por escasez de muestra. Se han cuantificado por un lado las fracciones nutricionales mayoritarias del fruto, aceite y proteína. Como indicadores de la composición del aceite, el perfil de ácidos grasos, en el que son mayoritarios los ácidos insaturados, ácido oleico (C18:1) y ácido alfa-linoleico (C18:2), y la concentración de isómeros de vitamina E, los tocoferoles (delta-tocoferol, gamma-tocoferol y alfa-tocoferol) y el alfa-tocotrienol. Estas moléculas fenólicas presentan gran actividad antioxidante protegiendo el aceite del fruto y aportan en la dieta propiedades saludables. Finalmente, se han analizado los polifenoles totales y la capacidad antioxidante total del fruto.

Material y métodos

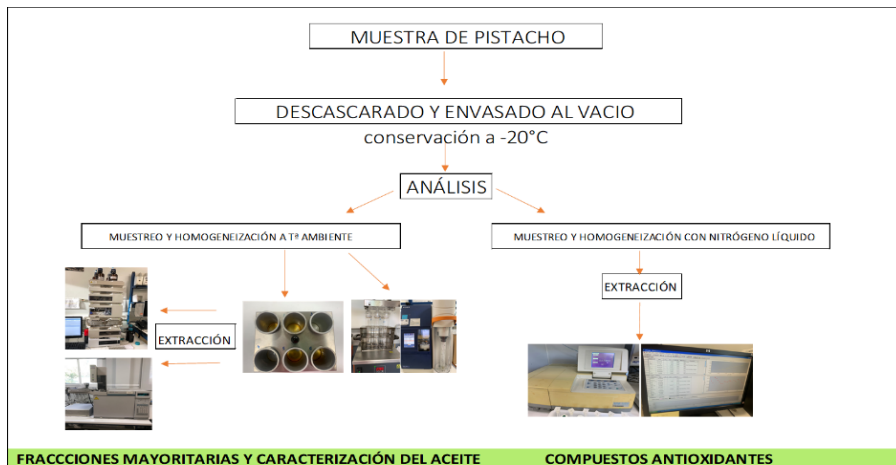
Esta Tarea se ha llevado a cabo en conjunto entre el Laboratorio de ensayos fisicoquímicos e instrumentales y el Laboratorio de residuos, contaminantes y metabolitos, ambos del Área de Laboratorios de Análisis y Asistencia Tecnológica.

Para la caracterización de los frutos se han aplicado diversos métodos analíticos, basados en bibliografía científica, normas, métodos oficiales de análisis o métodos recomendados.



Figura 9. Preparación y extracción para análisis

El esquema del procesado analítico de las muestras ha sido el siguiente:



Una porción representativa de las muestras se ha homogeneizado en molino de laboratorio obteniendo la alícuota para los ensayos, y en el caso de la preparación para el grupo de compuestos antioxidantes se ha utilizado en el muestreo nitrógeno líquido.

El aceite se ha obtenido de forma directa, en extractor *Foss Soxtec Avanti 2055* utilizando como solvente éter de petróleo y posterior gravimetría. Para cuantificar la proteína se ha utilizado el método clásico Kjeldahl que determina el nitrógeno orgánico total de la muestra y al aplicar un factor empírico se transforma en proteína; en el caso de los pistachos se usa el factor 6,25. Los equipos empleados para digestión, destilación y valoración son, respectivamente, *Foss Digestor BD6* y analizador *Foss Kjeltec 8400*.

Los ácidos grasos son los constituyentes en un 99% de los lípidos de un alimento, forman los triglicéridos, y el perfil es característico de cada matriz. En el aceite de pistachos se han obtenido los ésteres metílicos de los ácidos grasos (*FAMES*) mediante transesterificación en frío con potasa metanólica. Se han separado e identificado por cromatografía de gases FID, usando cromatógrafo de gases Agilent Technologies HP-6890, equipado con columna HP-88 de 100 m de longitud, y con Helio como gas portador. La identificación de los *FAMES* en las muestras se ha realizado comparando los tiempos de retención cromatográficos con los patrones comerciales de ésteres metílicos y se cuantifican en porcentaje relativo al total identificado.

El contenido de los isómeros de tocoferol (α , γ y δ) y el de α -tocotrienol del aceite se ha determinado por cromatografía de líquidos en fase reversa con detectores de fluorescencia y diodo array, HPLC-DAD-FLD, con equipo *Agilent Technologies Serie 1000 y 1200*. La identificación de los picos cromatográficos se ha basado en la comparación de los tiempos de retención de los estándares comerciales (Sigma-Aldrich) y sus espectros. La detección de fluorescencia se ha referenciado a estas longitudes de onda: excitación de 295 nm y emisión de 325 nm. La detección con matriz de diodos ha sido a 295 nm. La cuantificación se realizó aplicando una curva de calibración externa para cada compuesto y se expresó el resultado como mg/kg o mg/100g de aceite.

Por espectrofotometría se ha estudiado el contenido total de polifenoles (Singleton et al. 1999) y la capacidad antioxidante como el poder reductor del hierro (Ensayo FRAP) (Benzie et al, 1996). Previamente se realizó una extracción utilizando una mezcla de ácido clorhídrico: agua Milli-Q: metanol (3,7:46,3:50, v/v/v) (Moreno Gracia et al., 2021).

Fraciones nutricionales mayoritarias y caracterización del aceite

En la página siguiente, en la **Tabla 6**, se reflejan tabulados los resultados de los parámetros nutricionales estudiados en cada muestra por cada cosecha con su media y desviación estándar y además los valores promedio obtenidos en los frutos que se han analizado en varias anualidades.



RESULTADOS COMPOSICIÓN POR COSECHA			Aceite	Proteína	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1 n7)	Estéarico (C18:0)	Oléico (C18:1 n7nt1)	Linoleico (C18:2 c-c)	Linoléico (C18:3 n3)	Ác. Gadoleico (C20:1 nt1)	Total Insaturados	Tocoferoles (Σ γ, δ)	αTocoferol
COSECHA	IDENTIFICACIÓN ÁRBOL	N° REPETICIONES ANALÍTICAS	g/100g	g/100g	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	mg/Kg aceite	mg/Kg aceite
2022	15	2	44.620±0.20	23.245±0.81	11.02±0.01	1.43±0.01	0.81±0.00	47.533±0.04	37.788±0.05	0.568±0.01	0.349±0.00	87.785	678.929±0.33	14.362±0.03
	22	2	43.975±0.28	24.905±0.05	10.86±0.04	1.15±0.00	0.99±0.00	50.742±0.02	34.768±0.06	0.536±0.01	0.362±0.01	87.647	562.163±1.18	9.072±0.12
	28	2	37.056±0.05	26.665±0.01	11.68±0.00	1.52±0.01	0.80±0.01	43.076±0.05	40.777±0.05	0.768±0.03	0.338±0.01	86.964	757.802±2.26	22.077±0.20
	31	2	46.660±0.11	20.335±0.29	12.01±0.04	1.59±0.02	0.94±0.02	46.705±0.18	37.301±0.16	0.563±0.03	0.298±0.01	86.617	618.559±1.40	10.48±0.37
	32	2	56.200±0.06	17.470±0.38	11.03±0.02	1.11±0.01	0.970±0.00	54.485±0.08	31.139±0.12	0.465±0.02	0.394±0.01	87.677	560.244±8.70	9.355±0.44
	42	2	37.170±0.04	29.255±0.80	10.90±0.08	1.63±0.04	1.40±0.01	58.155±0.02	26.200±0.12	0.590±0.08	0.348±0.02	87.024	707.288±2.09	11.947±0.19
2023	1	3	47.091±0.23	23.613±0.48	11.82±0.16	1.34±0.03	0.82±0.07	50.805±0.28	33.499±0.10	0.555±0.01	0.355±0.03	86.659	631.351±12.22	10.040±0.66
	2	3	47.526±0.47	23.363±0.39	11.29±0.07	1.28±0.01	1.11±0.02	53.215±0.08	31.535±0.05	0.528±0.02	0.366±0.05	87.012	536.155±47.49	7.777±0.90
	6	3	45.873±0.48	23.280±0.80	10.20±0.02	1.03±0.02	1.86±0.04	64.980±0.33	20.560±0.32	0.357±0.01	0.343±0.00	87.350	456.418±20.41	8.465±0.43
	10	3	47.347±0.17	24.387±0.21	10.10±0.03	1.13±0.01	2.25±0.02	69.932±0.06	15.150±0.05	0.365±0.00	0.317±0.02	86.977	396.469±19.19	9.668±0.90
	17	3	52.877±0.55	20.860±0.33	9.64±0.02	0.98±0.23	1.65±0.02	71.374±0.10	14.855±0.04	0.387±0.02	0.393±0.01	88.072	463.816±6.71	7.532±0.34
	22	3	51.080±0.22	22.843±0.37	10.66±0.02	1.01±0.01	0.901±0.03	53.077±0.03	32.823±0.04	0.429±0.00	0.417±0.01	87.849	498.082±13.63	6.228±0.23
2024	1	3	52.920±0.18	20.037±0.66	11.27±0.02	1.10±0.00	0.89±0.01	53.115±0.05	32.211±0.02	0.448±0.01	0.399±0.00	87.334	658.326±5.48	6.165±0.16
	2	3	51.791±0.15	21.260±0.11	11.25±0.01	1.17±0.00	0.99±0.00	54.804±0.06	30.334±0.02	0.448±0.00	0.406±0.01	87.200	712.908±0.17	5.44±1.62
	6	3	53.473±1.85	26.927±0.98	9.267±0.02	0.85±0.00	1.62±0.01	69.591±0.11	17.305±0.03	0.299±0.00	0.417±0.04	88.540	463.852±12.82	4.234±0.35
	10	3	57.840±2.62	20.870±1.22	9.25±0.06	0.85±0.02	1.75±0.08	69.996±0.47	16.874±0.45	0.314±0.01	0.409±0.01	88.554	473.004±8.08	11.730±0.74
	17	3	54.973±0.85	18.930±0.21	9.39±0.03	0.79±0.02	1.35±0.01	68.567±0.10	18.479±0.04	0.378±0.00	0.477±0.01	88.773	574.159±3.17	4.394±0.50
	22	3	53.217±0.84	22.401±1.32	10.887±0.02	1.11±0.02	0.88±0.00	54.936±0.06	30.807±0.08	0.412±0.01	0.515±0.04	87.817	530.378±7.69	2.398±0.51
PROMEDIOS COMPOSICIÓN POR FRUTOS	1	3	52.020±0.51	20.547±0.17	10.461±0.03	1.11±0.01	0.92±0.00	58.674±0.07	27.438±0.11	0.371±0.00	0.416±0.01	88.097	594.701±9.99	3.93±0.19
	2	3	51.150±1.10	18.720±0.24	10.48±0.01	1.03±0.00	0.95±0.00	57.452±0.03	28.728±0.03	0.377±0.01	0.400±0.04	88.190	591.082±6.67	0.64±0.10
	3	3	47.373±0.60	21.980±0.38	11.33±0.01	1.12±0.09	0.98±0.01	52.220±0.27	32.781±0.21	0.559±0.01	0.394±0.00	87.196	700.631±14.80	9.322±0.77
	36	3	47.373±0.60	21.980±0.38	11.33±0.01	1.12±0.09	0.98±0.01	52.220±0.27	32.781±0.21	0.559±0.01	0.394±0.00	87.196	700.631±14.80	9.322±0.77
	42	3	54.620±0.03	19.680±0.33	9.97±0.01	0.91±0.01	1.32±0.00	64.912±0.08	21.540±0.05	0.334±0.00	0.415±0.00	88.194	591.816±5.24	0.40±0.26
	PROMEDIOS COMPOSICIÓN POR FRUTOS			Aceite	Proteína	Palmitico (C16:0)	Palmitoleico (C16:1 n7)	Estéarico (C18:0)	Oléico (C18:1 n7nt1)	Linoleico (C18:2 c-c)	Linoléico (C18:3 n3)	Ác. Gadoleico (C20:1 nt1)	Total Insaturados	Tocoferoles (Σ γ, δ)
IDENTIFICACIÓN ÁRBOL	N° DATOS	g/100g	g/100g	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	% relativo	mg/Kg aceite	mg/Kg aceite
1	6	50.008	21.825	11.549	1.227	0.886	51.960	32.666	0.502	0.377	87.012	664.840	8.105	
2	6	49.660	22.312	11.272	1.196	1.054	54.009	30.997	0.487	0.381	87.106	624.032	6.605	
6	6	49.673	24.603	9.735	0.947	1.759	67.286	18.933	0.327	0.380	87.945	480.135	6.350	
10	6	52.593	22.628	9.682	0.999	2.003	69.994	16.012	0.339	0.408	87.786	434.735	10.710	
17	6	53.925	19.895	9.520	0.893	1.503	69.970	16.687	0.382	0.435	88.422	518.988	5.960	
22	8	49.424	23.363	10.805	1.094	0.658	52.918	32.799	0.459	0.431	87.771	530.208	5.900	
28	8	45.444	23.409	11.012	1.289	0.866	52.601	33.822	0.538	0.396	87.585	627.442	10.817	
31	5	51.405	19.528	11.248	1.315	0.948	52.109	33.014	0.470	0.394	87.389	605.280	5.555	
42	8	47.901	23.012	10.427	1.219	1.270	60.732	24.883	0.443	0.377	87.737	630.541	8.043	

Tabla 6. Resultados caracterización nutricional en las muestras de pistachos

Discusión de resultados

En las siguientes figuras se comparan los parámetros agrupando los resultados como promedios de las anualidades por cada muestra, con el objetivo de visualizar la influencia de ambos factores en la composición del fruto. Se indica el nombre de la variedad en las muestras en las que se ha identificado la misma. Las muestras 1 y 2 son de la variedad Kerman, de gran cultivo a nivel mundial.

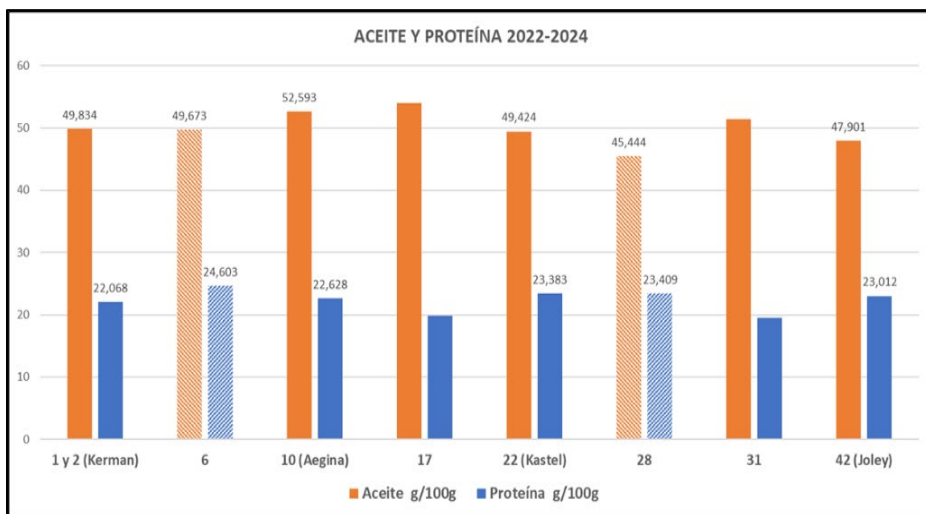


Figura 10: Valores promedio de composición de frutos: aceite y proteína

Los resultados indican que las dos fracciones mayoritarias, aceite y proteína, se correlacionan de forma inversa con coeficientes superiores a 0.94. Los intervalos de concentración obtenidos se sitúan entre 44 y 56.5 g/100g de aceite y entre 17 y 25 g/100g de proteína. Estos rangos de aceite son amplios dado que las muestras corresponden a una colección con diversidad genética. En la bibliografía estudiada (Ouni et al, 2022; Polari et al, 2020) se obtienen rangos más pequeños, ya que todo depende del objeto de estudio, si bien los resultados obtenidos en la colección son coherentes con lo referenciado.

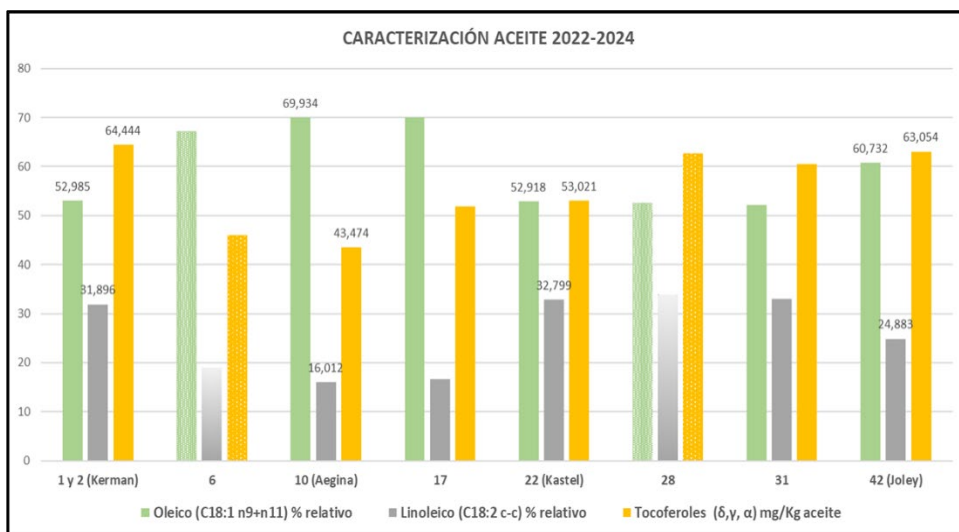


Figura 11. Valores promedio de composición de frutos: caracterización del aceite

Se observa que las muestras con mayor contenido en aceite presentan, en general, un porcentaje superior de ácido oleico C18:1, ácido graso mayoritario en el aceite de pistacho, su correlación positiva supera el 0.96 y el intervalo obtenido es de 47.5 al 70 en %relativo. En la bibliografía citada se indican intervalos más pequeños, 68.94% a 69.22% y 52% a 58% respectivamente, en todo caso niveles incluidos en el de este estudio. El ácido oleico muestra una correlación inversa del orden de 0.99 con el ácido linoleico C18:2, segundo en importancia. Este ácido polinsaturado, presente en las muestras del estudio en rangos del 16% al 38% relativo, se correlaciona junto al ácido linoléico C18:3, con la concentración de los isómeros α , β y γ de tocoferol y el α tocotrienol en sentido positivo y superior a 0.95. En las muestras donde hay mayor nivel de ácido linoleico hay también más antioxidantes liposolubles. Estos compuestos tienen como misión principal proteger a los *PUFAs* frente a agentes de oxidación. El total de isómeros de tocoferoles y tocotrienol obtenidos se encuentra en un rango de valores de 45 a 71.5 mg/100g de aceite, y el γ tocoferol es el mayoritario con gran diferencia respecto al resto. En las muestras que presentan mayor rendimiento en aceite es el ácido oleico C18:1 el que colabora en su estabilidad, al aumentar la ratio OL/L se incrementa la vida útil del fruto en almacenamiento.

Al comparar las cosechas, se observa que en las muestras 22, 28 y 42, analizadas en las tres anualidades 2022, 2023 y 2024, se aprecia incremento en el contenido de aceite en 2024, en detrimento de la proteína, obteniendo una diferencia considerable al compararla con la cosecha de 2022 en la que los frutos recolectados presentan menor cantidad de aceite y mayor contenido de proteína. Así mismo coincide el hecho anterior con un aumento del contenido en ácido oleico C18:1, y disminución de ácido linoleico C18:2 y de los antioxidantes liposolubles. Las muestras codificadas como 1, 2, 6, 10, 17 y 31 se han analizado en dos cosechas 2023 y 2024, y aportan un comportamiento similar en la evolución de la composición nutricional, es decir, la fracción lipídica y por tanto el ácido oleico son superiores en 2024.

Tras el análisis estadístico ANOVA ($p < 0,05$) se observa que las muestras presentan diferencias significativas para las tres anualidades de recolección en los parámetros de composición nutricional estudiados, salvo para el parámetro proteína. En cuanto al contenido de proteína la estadística muestra que en la anualidad 2023 las medias no difieren significativamente, por tanto, pueden considerarse muestras similares.

La prueba estadística muestra que, con respecto a variedad Kerman, la muestra desconocida identificada como m28 presenta en aceite diferencias significativas en los dos años estudiados, sin embargo, la m6 sólo en 2024. Para la proteína tanto en m6 como en m28 las medias difieren de forma significativa en 2024. En cuanto a la caracterización del aceite la m6 y m28 difieren significativamente de la variedad Kerman.



Compuestos antioxidantes

Los resultados de polifenoles totales obtenidos se han expresado en equivalentes de ácido gálico (EAG) en 100g y se presentan en la siguiente tabla.

POLIFENOLES TOTALES (mg EAG/100g)									
Identificación del árbol	2022			2023			2024		
	media	SD	CV	media	SD	CV	media	SD	CV
1				823,8	42,7	5,2	963,6	6,8	0,7
2				859,5	36,1	4,2	914,3	52,6	5,8
6				1153,7	59,0	5,1	1255,0	56,4	4,5
10				1381,8	80,8	5,8	1408,9	16,2	1,1
15	1042,0	18,4	1,8						
17				1045,3	116,9	11,2	1081,4	72,9	6,7
22	1171,6	32,2	2,7	654,0	12,7	1,9	858,3	15,4	1,8
28	1413,9	46,9	3,3	695,9	41,8	6,0	934,4	20,8	2,2
31	1027,9	39,8	3,9				829,1	8,2	1,0
32	926,3	18,4	2,0				928,7	80,1	8,6
36				873,7	47,8	5,5	1099,7	89,8	8,2
42	1630,9	99,3	6,1	670,8	47,0	7,0	1104,6	27,4	2,5

Tabla 7. Contenido de polifenoles totales en las muestras de pistacho

La capacidad antioxidante se ha expresado como $\mu\text{mol Fe (II)}/100\text{g}$ muestra y los resultados de las muestras analizadas se muestran en esta tabla.

ENSAYO FRAP ($\mu\text{mol Fe (II)}/100\text{g}$)									
Identificación del árbol	2022			2023			2024		
	media	SD	CV	media	SD	CV	media	SD	CV
1				5843,1	701,0	12,0	6348,9	147,1	2,3
2				6242,1	425,1	6,8	6336,6	461,1	7,3
6				9899,3	765,3	7,7	9233,8	448,1	4,9
10				11164,5	377,6	3,4	10554,4	250,0	2,4
15	7980,5	274,8	3,4						
17				8989,0	1178,4	13,1	9181,8	826,0	9,0
22	8639,5	247,5	2,9	4024,8	330,0	8,2	5928,2	150,6	2,5
28	11400,2	669,0	5,9	3969,9	106,8	2,7	7043,1	304,0	4,3
31	8001,4	204,7	2,6				6438,0	325,5	5,1
32	6094,1	115,6	1,9				8479,3	826,6	9,7
36				6702,4	702,2	10,5	9037,6	404,9	4,5
42	13025,6	768,6	5,9	3193,6	296,3	9,3	8408,6	337,2	4,0

Tabla 8. Capacidad antioxidante en las muestras de pistachos

Discusión de resultados

En las siguientes gráficas se comparan los resultados de polifenoles totales (Figura 12) y capacidad antioxidante (Figura 13) y se marcan con asterisco los que muestran diferencias significativas.

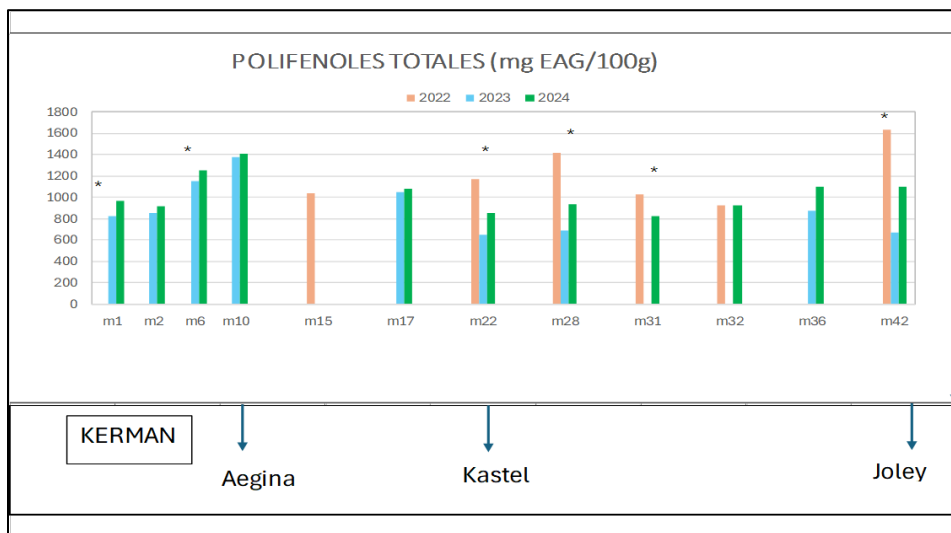


Figura 12. Polifenoles totales en las muestras de pistachos de distintas cosechas

Los valores de polifenoles totales se encuentran en un rango amplio entre 654 y 1414 mg EAG-100g⁻¹, situándose el mínimo en el año 2023 (m 22) y el máximo en 2022 (m 28). Cuando se han podido recoger muestras del mismo árbol en los tres años del proyecto, se ha obtenido que los valores de 2022 han sido los más elevados, con la excepción del árbol m32 que no ha variado.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos en los distintos años muestra diferencias significativas (p<0,05) en las muestras 1, 6, 22, 28, 31 y 42 para polifenoles totales.

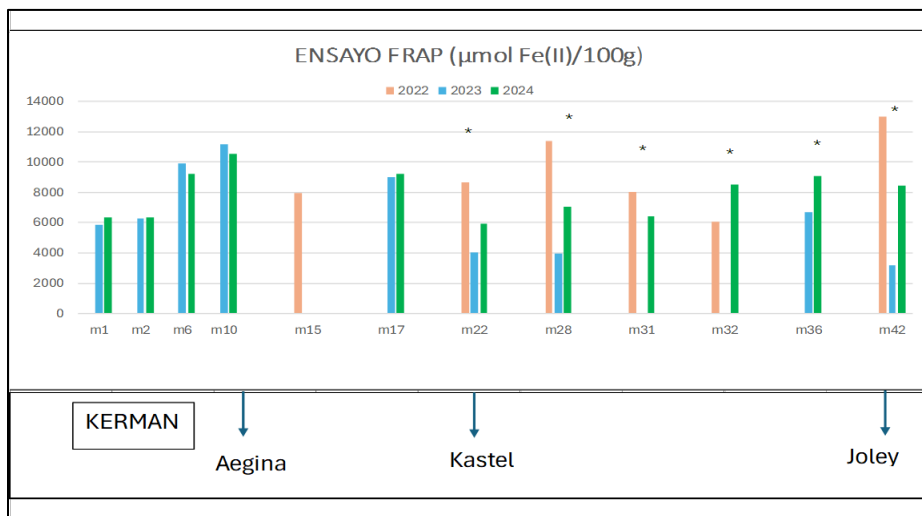


Figura 13. Capacidad antioxidante en las muestras de pistachos de distintas cosechas.

La capacidad antioxidante también presenta valores en un rango muy amplio, entre 3194 y 13026 $\mu\text{moles Fe (II) / 100g}$, y se obtienen las mismas variaciones que en los polifenoles totales con los valores más altos en 2022. El análisis estadístico de los resultados obtenidos en los distintos años muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en todos los árboles a partir de la numeración 22 en el ensayo FRAP.

Las publicaciones de pistachos también muestran valores con rangos diferentes de polifenoles. Así en estudios de pistachos consumidos en EE. UU., Wu et al. (2004) obtuvieron un valor medio de 1657mgEAG/100g, y Chen and Blumberg (2008) en una revisión de varios frutos secos con orígenes diferentes situaron a los pistachos entre los de mayor contenido en polifenoles totales con valores entre 870 y 1660 mg EAG/100g. En pistachos adquiridos en Austria y Grecia, Korsteiner et al (2006), obtuvieron una media de 867mgEAG/100g con un mínimo de 492 y un máximo de 1442. Valores más bajos se citan en la base de datos de antioxidantes con un valor medio de 760 y un rango que oscila entre 355 y 983 mgEAG/100g (<https://portalantioxidantes.com>).

Conclusiones

3.5.1. Evaluación de variedades de pistacho de la antigua colección del CITA **y 3.5.2. Plantación y ensayo de nuevas variedades.**

El interés por el cultivo del pistacho en Aragón ha aumentado significativamente en los últimos años. La relativa novedad del cultivo y la falta de conocimiento sobre la adaptación de variedades en la región suponen un obstáculo para su expansión y desarrollo. El sector requiere del desarrollo de líneas de investigación y transferencia que ayuden a avanzar y conocer este cultivo para mejorar su expansión, su manejo y producción. Aragón es una región muy extensa con una gran diversidad de climas y orografía que complican hacer generalizaciones sobre la adecuación o fenología de determinadas variedades si no son ensayadas en las diferentes áreas de cultivo. El objetivo de este trabajo ha sido mejorar nuestro conocimiento del comportamiento de algunas variedades de pistacho en las condiciones del entorno de Zaragoza, donde se encuentra el CITA de Aragón, aprovechando una antigua colección del centro. Debido a la antigüedad y falta de información ha sido necesario realizar previamente un estudio de su identidad que ha permitido confirmar la identidad de algunas variedades pero que no ha permitido aclarar la identidad de todas las variedades conservadas. Los datos fenológicos y de producción recogidos indican una buena polinización y solape de la floración entre determinadas variedades hembras y macho conservadas, permitiendo la producción. La evaluación de la calidad del fruto ha permitido identificar variedades significativamente mejores que el resto como son Kastel y N°28. Esta última reuniendo todas las características adecuadas de calidad de fruto y de la cual se recomienda su propagación vegetativa para una valoración más adecuada y su ensayo en producción. También se ha detectado la alta incidencia de micosis aéreas que deben ser controladas para evitar problemas de producción. Se trabaja en la propagación y renovación de estas antiguas variedades conservadas. El establecimiento de nuevas variedades en una nueva colección para su evaluación permitirá su evaluación en los próximos años, lo que ayudará a avanzar en el conocimiento de las variedades y su adaptación al territorio.



3.5.3. Caracterización nutricional de pistachos en variedades de colección del CITA.

Al comparar las cosechas 2022, 2023 y 2024, se aprecia incremento en el contenido de aceite desde 2022 a 2024, acompañando de un detrimento de la proteína. Así mismo coincide el hecho anterior con un aumento del contenido en ácido oleico C18:1, y disminución de ácido linoleico C18:2.

Los rangos de aceite obtenidos en las muestras analizadas son amplios dado que las muestras corresponden a una colección genética. En la bibliografía estudiada (Ouni et al, 2022; Polari et al, 2020) se obtienen rangos más pequeños, ya que todo depende del objeto de estudio, si bien los resultados obtenidos en la colección son coherentes con lo referenciado.

En cuanto al perfil de ácidos grasos en esta bibliografía se indican intervalos más pequeños para el ácido mayoritario, en concreto para el ácido oleico (C18:1) datos de 68.94% a 69.22% y 52% a 58%, en todo caso niveles incluidos en este estudio.

Las publicaciones de pistachos también muestran valores en rangos diferentes de polifenoles. Así en estudios de pistachos consumidos en EE. UU., Wu et al. (2004) obtuvieron un valor medio de 1657mgEAG/100g, y Chen and Blumberg (2008) en una revisión de varios frutos secos con orígenes diferentes situaron a los pistachos entre los de mayor contenido en polifenoles totales con valores entre 870 y 1660 mg EAG/100g. En pistachos adquiridos en Austria y Grecia, Korsteiner et al (2006), obtuvieron una media de 867mgEAG/100g con un mínimo de 492 y un máximo de 1442. Valores más bajos se citan en la base de datos de antioxidantes con un valor medio de 760 y un rango que oscila entre 355 y 983 mgEAG/100g (<https://portalantioxidantes.com>).

Bibliografía

Couceiro JF, Guerrero J, Gijón MC, Moriana A, Pérez D, Rodríguez M. (2013). *El cultivo del Pistacho*. Ediciones Mundi Prensa, Madrid.

Benzie, I.F. and Strain, J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “Antioxidant power”: The FRAP assay. *Anal. Biochem.* 1996, 239, 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.02.92>

Chen, CYO. and Blumberg, J.B. (2008) Phytochemical composition of nuts. *Asia Pac J Clin Nutr*17 (S1):329-332.

Kornsteiner, M.; Wagner, K-H. and Elmadfa, I. (2006) Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry* 98, 381-387. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.033>

Moreno Gracia, B.; Laya Reig, D.; Rubio-Cabetas, M.J. and Sanz García, M.Á. Study of Phenolic Compounds and Antioxidant Capacity of Spanish Almonds. *Foods* 2021, 10, 2334. <https://doi.org/10.3390/foods1010.2334>

Ouni, S.; Noguera-Artiaga, L.; Carbonell-Barrachina, A.; Ouerghui, I.; Jendoubi, F.; Rhouma, A. and Chelli-Chaabouni, A. (2022) Cultivar and rootstock effects on growth, yield and nut quality of pistachio under semi-arid conditions of South Mediterranean. *Horticulturae* 8,606. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8070606>.

Poblador A, Poblador R. (2023). La poda aragonesa en pistachero. *Revista de Fruticultura. Pistachero. Especial* 2023.

Polari, J.J.; Ferguson, L. and Wang, S.C. (2020) Pistachio kernel composition of “Kaleghouchi”, “Pete 1”, and “Lost Hills” in California. *HortScience*. <https://doi.org/10.21273/hortsci14893-20>

Portal <https://portalantioxidantes.com/base-de-datos-de-actividad-antioxidante-orac-y-de-contenido-de-polifenoles-totales-pft-en-frutas/> (consulta 18 de marzo de 2025)



Ruano D, García-Estrinaga P, Rodrigo-Gómez S, Alegre J, Ramírez-Martín N. 2025. *Enfermedades en el cultivo del pistacho: Situación Actual*. Agricultura 52,

Singleton, V.L.; Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999, 299, 152–178.

Wu, X.; Beecher, G.R.; Holden, J.M.; Haytpwitz, D.V.; Gebhardt, S.E.; and Prior, R.L. (2004) Lipophilic and Hydrophilic Antioxidant Capacities of Common Foods in the United States. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 4026-4037. Doi:10.1021/jf049696w



Creado dentro del Plan Complementario de Agroalimentación AGROALNEXT en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia y financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU

