



G
O
I
B
/

CONSELLERIA
AGRICULTURA,
PESCA I ALIMENTACIÓ
FONS GARANTIA
AGRÀRIA I PESQUERA
ILLES BALEARS



Universitat
de les Illes Balears

[Justificació tècnica projecte BIA15/21](#)

Título: *Influencia de las condiciones edafoclimáticas sobre la calidad nutricional y sensorial de nuevas variedades de almendra bajo sistemas de producción sostenibles*

Nombre y apellidos del investigador principal: *José Mariano Escalona Lorenzo, DNI: 05413427D*

Entidad solicitante: *Universitat dels Illes Balears (UIB)*



1. Resumen del proyecto:

En los últimos años se ha expandido en España el cultivo de almendro en regadío y la utilización de variedades de floración tardía y auto fértiles más productivas y rentables. En Mallorca, estas variedades han comenzado a plantarse en diversas plantaciones bajo condiciones de riego. Sin embargo, se desconoce cómo responde estas nuevas variedades en las condiciones edafoclimáticas específicas de Mallorca, tanto desde el punto de vista fisiológico, agronómico y de la calidad de la almendra. El presente proyecto consiste en estudiar la influencia de la zona de producción en la respuesta fisiológica y agronómica de tres variedades de almendro cultivadas bajo riego deficitario, así como en su composición nutricional y sensorial de la almendra producida. Así mismo, se pretende establecer si las características evaluadas se ajustan al pliego de condiciones *de la Indicación Geográfica Protegida "Almendra de Mallorca"/"Almendra mallorquina"/"Ametlla de Mallorca"/"Ametlla* que establece la *Orden del Consejero de Agricultura, Medio Ambiente y Territorio* de 3 de julio de 2014, por la que se aprueba el pliego de condiciones Mallorquina". Para ello se seleccionaron tres fincas ubicadas en zonas edafoclimáticas contrastadas y se evaluaron tres variedades de almendra: Marinada, Vairo y Marta. La respuesta de cada variedad al manejo en regadío ha permitido identificar la variedad mejor adaptada a estrategias de riego deficitario monitorizando su estado hídrico a lo largo de la campaña de crecimiento y evaluando parámetros productivos y de productividad del agua. Además, la caracterización fisicoquímica y sensorial realizado ha permitido establecer el perfil de cada variedad, con el fin de valorizar las variedades de almendra cultivadas en Mallorca, así como para establecer si las variedades estudiadas cumplen los requisitos del pliego de condiciones de IGP "Almendra de Mallorca", y si las condiciones edafoclimáticas y de manejo del riego han podido alterar la composición química y sensorial de la almendra.



2. Objetivos del proyecto:

El objetivo principal del proyecto es evaluar la influencia de las condiciones edafoclimáticas contrastadas de Mallorca en el comportamiento agronómico, productivo y de calidad del fruto de nuevas variedades de almendro (Vairo, Marta y Marinada) bajo condiciones de cultivo sostenibles.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Identificar la variedad que presenta un mejor comportamiento fisiológico y agronómico bajo condiciones de riego deficitario
- Establecer las condiciones de cultivo y los genotipos mas eficientes en el uso del agua
- Estudiar el efecto parcela en las características morfométricas , la composición química y sensorial de la almendra.
- Determinar si las características químicas y sensoriales de las variedades estudiadas se ajustan a lo establecido en el Pliego de condiciones de la IGP Almendra de Mallorca

3. Equipo investigador:

SCL DEL CAMP MALLORQUÍ, la única Cooperativa de segundo grado existente en las Islas Baleares.

Los investigadores del INAGEA:

- Dr. José Mariano Escalona Lorenzo, Director del INAGEA y miembro del Grupo de investigación en biología de las plantas en condiciones mediterráneas PlantMed.
- Dr. Miquel Àngel Conesa: Miembro del Grupo de investigación en biología de las plantas en condiciones mediterráneas PlantMed.
- Sr. Íñigo Gómez González, técnico contratado para el proyecto.

Los investigadores que pertenecen al Fruitcentre de Lleida, que es parte del IRTA:

- Dr. Xavier Miarnau, jefe de la sección de transferencia tecnológica y asesoría en fruticultura.



- Dra. Leontina Lipan.

4. Actuaciones y metodología:

El estudio de la interacción variedad-ambiente se realizó con almendras cultivadas en 3 parcelas experimentales ubicadas en Mallorca, Son Pou (Vilafranca de Bonany), Son Vivot (Consell) y Sa Tanca (polígono de Inca). Para dicho estudio se analizaron 3 nuevas variedades de almendro: Vairo, Marta y Marinada.

Variedades utilizadas

En lo que respecta las **variedades** de almendras analizadas en este estudio, todas son de nueva creación, es decir, todas proceden de cruces entre variedades de almendras con el objetivo de aumentar su adaptación a diversos problemas como la Filoxera, cambios en las temperaturas y en las precipitaciones o el aumento de fenómenos naturales que alteran el medioambiente.

- La variedad *Marta* es un cultivar obtenido por el CEBAS, que procede de un cruce entre Ferragnes y Tuono. El árbol es de vigor elevado y porte erecto, con una producción elevada y de muy buena calidad. La época de floración tardía les proporciona una muy buena resistencia a las heladas, y es de maduración temprana. Cultivar auto fértil y auto compatible. Facilidad para la recolección. Almendra de cascara dura y con un rendimiento en semilla de entorno al 32% (CEBAS-CSIC, 2019).
- *Marinada* es un cultivar obtenido por el IRTA, que produce un árbol de vigor medio, con porte medio-erecto, con poca ramificación, con una producción muy elevada y de alta calidad. Época de floración tardía que se aleja de la época de heladas, época de recolección media. Es una cultivar auto fértil y auto compatible. Buen desprendimiento del fruto en recolección. Almendra de cascara dura y con un rendimiento en semilla del 31% (IRTA, 2019).
- Por último, *Vairo* es un cultivar obtenido por el IRTA, procedente del cruce entre “4-665” x “Lauranne”. Produce un árbol con un vigor muy alto, pero de ramificación media muy fácil de formar, con excelente producción y de muy buena calidad. Época de floración tardía para alejarse de la época de heladas, y recolección temprana. Cultivar



auto fértil y auto compatible, con facilidad de desprendimiento del fruto en recolección.
Almendra de cascara dura y con un rendimiento medio de semilla del 29% (IRTA, 2019).

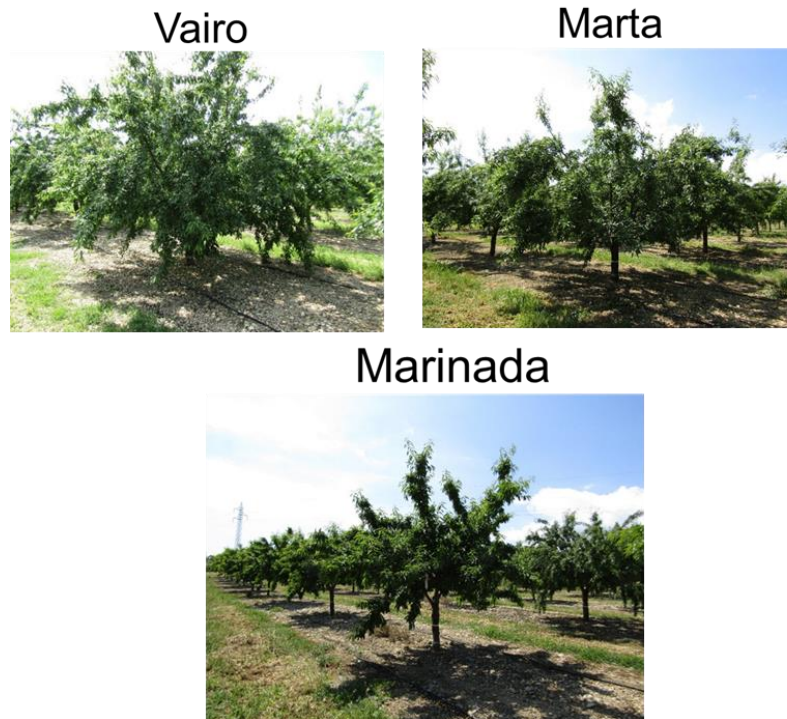


Figura 1. Fotografías ilustrativas del porte de las tres variedades de estudio

- *Características de las fincas*

Son Pou es una finca comercial ubicada en Vilafranca de Bonay (39°32'58.4"N 3°07'31.1"E; polígono 3, parcela 1386) con plantaciones del año 2016, en sistema de formación en vaso. Cuenta con un marco de plantación de 6 m x 6 m y con un suelo margoso con alto contenido de arcilla.

Son Vivot, en cambio, es una finca comercial ubicada en Consell (39°39'44.2"N 2°49'00.6"E) con 3,8ha de extensión, de las cuales 2,3ha ya están sembradas de almendros. La finca, que pertenece a Toni Sans, se encuentra a 140m de altura con respecto al nivel del mar. Plantada en 2015 en un marco de 6 x 6 mm, las condiciones edáficas de esta finca se corresponden a suelos calcáreos típicos de la zona, con un nivel de fertilidad moderado, abundancia de elementos gruesos y poca profundidad útil.



Por último, *Sa Tanca* es una finca comercial ubicada en el polígono Inca (39°43'47.3"N, 2°59'22.7"E; polígono 7, parcela 260) y pertenece a Miquel Mas Nigorra. La plantación data del año 2015, mediante un sistema de formación en vaso. El marco de plantación es de 6 m x 7 m, con un suelo de la parcela con fertilidad media-alta, profundo y bajo en carbonatos y caliza activa.



Figura 2. Ubicación de las tres parcelas de estudio.

Diseño experimental

En cada parcela, se establecieron 3 bloques con 3 repeticiones por bloque y por variedad, en los que se llevaron a cabo todas las mediciones y muestreos de forma individualizada.

Caracterización climática de las parcelas: Los datos climáticos fueron obtenidos de la página web [Balears Meteo](#), una Red de Estaciones Meteorológicas de aficionados ubicada a lo largo de todas las Islas Baleares. Por ello, para obtener los datos meteorológicos del año 2023 de cada una de las fincas, obtuvimos los datos de diferentes estaciones. Para la finca de Son Pou se utilizaron datos de la estación de Villafranca de Bonany, mientras que para Son Vivot se empleó la estación de Inca y en el caso de Sa Tanca, la estación de Santa Maria del Camí.

Tabla 1. Datos climáticos de referencia para la finca de Son Pou, Villafranca

Son Pou						
2023	Temperatura (°C)			viento (Km/h)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
Mes	Máxima	Mínima	Media	Media	Mes	Máxima
Enero	21,7	1	10,4	7,9	42	76,7
Febrero	22,4	0	9,5	6	136,2	78,8
Marzo	28,7	1,3	14	6,5	2,8	74,1
Abril	30,6	2,9	15,8	5,8	12,2	70,8
Mayo	27,7	8,3	18,2	6	44	73,8
Junio	36,4	13,7	23,8	3,9	53,6	71,8
Julio	41,4	17,4	27,6	5,6	2,4	71,3
Agosto	38	15,2	26,2	5,5	33	71,2
Septiembre	36,3	13,1	23,3	5,1	20	77,1
Octubre	32,7	9,2	20,6	6,7	55,2	78,1
Noviembre	24,8	4,9	15,2	8,4	7,4	76,3
Diciembre	20,1	2,4	12,1	9	0	78,5
					408,8 (anual)	

Tabla 2. Datos climáticos de referencia para la finca de Son Vivot, Inca

Son Vivot						
2023	Temperatura (°C)			viento (Km/h)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
Mes	Máxima	Mínima	Media	Media	Acumulada	Media
Enero	14,4	0,9	10,1	6,7	0,0	71,7
Febrero	14,7	-0,1	9,4	4,5	87,4	73,5
Marzo	18,9	0,8	13,9	6	2,2	69,5
Abril	21,3	4,1	15,9	5,6	11,6	65,3
Mayo	22,9	10,6	18,3	5,7	48,0	69,1
Junio	29	14,5	23,7	3,7	58,8	69,7
Julio	33	18,8	27,5	5,3	3,6	70,1
Agosto	31,9	16,2	26,4	4,8	39,4	66,9
Septiembre	28,4	13,3	23,3	4,1	44,2	72,5
Octubre	25,5	9,3	20,8	4,6	23,0	74,1
Noviembre	19,7	6,1	15,6	6,4	20,0	71,8
Diciembre	14,5	4,4	12,8	7,4	0,2	74,2
					338,4 (anual)	

Tabla 3. Datos climáticos de referencia para la finca de Sa tanca, Consell

Sa Tanca						
2023	Temperatura (°C)			viento (Km/h)	Precipitación (mm)	Humedad relativa (%)
Mes	Máxima	Mínima	Media	Media	Acumulada	Media
Enero	21,4	4,1	11,7	10,4	28,4	78,8
Febrero	20,9	2,5	11	6,8	100,2	81,6
Marzo	27,1	5,1	15,1	11,5	0	75,6
Abril	27,7	8,6	16,9	9	7,6	70,8
Mayo	27,2	11,6	18,9	8,8	15,6	71,5
Junio	34,7	16,5	24,5	6,4	58,8	74,1
Julio	41,9	19,9	28	7,9	0,4	72,8
Agosto	37,2	16,9	27,3	6,8	71,6	69,7
Septiembre	34,8	17,8	24,4	6,6	52,2	77,1
Octubre	31,7	15,7	22,9	5	31	79,2
Noviembre	24	9,4	15,9	9,9	21,4	78,4
Diciembre	19,7	6,6	13,8	13,3	0,2	79,5
					387,4 (anual)	

Características edáficas de las parcelas: El análisis del suelo para cada una de las fincas fue llevado a cabo por los servicios de análisis del Institut de Recerca i Formació Agroalimentària i Pesquera de les Illes Balears (IRFAP). Para ello, analizaron de forma exhaustiva la textura, la materia orgánica, las propiedades químicas y los nutrientes del suelo.

Tabla 4. Características físico-químicas de los suelos de las tres fincas colaboradoras del proyecto

Parámetros analizados	Sa Tanca	Son Vivot	Son Pou
Arenas (%)	33	17	18
Limos (%)	37	34	36
Arcillas (%)	30	49	45
Textura	Franco arcillosa	Arcillosa	Arcillosa
Materia orgánica (%)	1,75	2,91	2,41
Capacidad de Intercambio Catiónico (meq/100 g)	16,5	26,8	22,7
Carbonatos (%)	58,5	10,1	20,9
Caliza activa (%)	12,7	2,2	6,0
pH	8,3	7,9	8,0
Conductividad eléctrica (dS/m, 25°C)	0,17	2,38	0,15
Nitrógeno total (%)	0,14	0,25	0,20
Relación C/N	7,25	6,74	-
Fósforo asimilable (ppm)	16,6	40,8	9,9
Potasio intercambiable (ppm)	185,0	704,0	671,0
Magnesio intercambiable (meq/100 g)	1,2	4,1	1,21



Calcio intercambiable (meq/100 g)	121,0	14,5	18,3
Sodio intercambiable (ppm)	121,0	125,0	82,8

Determinaciones

Estado hídrico: se emplearon sondas de monitorización Hidrostat para obtener el estado hídrico de los almendros. Este sensor hídrico proporciona un monitoreo en tiempo real de las necesidades hídricas de la planta, produciendo información en continuo del valor de potencial hídrico de la planta. Para la validación de estos sensores se realizaron medidas de potencial hídrico foliar medido al mediodía mediante una cámara de Scholander.

Crecimiento y vigor de los árboles: el volumen de copa se estableció en julio 2023, y se tomaron las medidas (m³) determinando el diámetro de la copa de la siguiente manera: se efectuaron mediciones en dos orientaciones, tanto en la dirección Norte-Sur como en la dirección Este-Oeste. Como punto de referencia se utilizó la proyección de los extremos de la copa sobre el suelo, midiendo con una cinta métrica la distancia entre estos puntos extremos.

Caracterización morfométrica: se midió el peso y el tamaño (longitud, anchura y grosor) de 75 almendras para cada repetición y parcela. Las mediciones se realizaron en la almendra grano utilizando un calibre digital. Mientras que la textura instrumental se realizó tanto en almendra entera como en grano (675 unidades) mediante un texturómetro INSTRON (modelo 3344, Norwrd, MA, EE.UU) Se obtuvieron los datos morfométricos (longitud, anchura y grosor) tanto de la cáscara como de las semillas de 18 almendras para cada variedad en cada finca, para un total de 162 almendras, seleccionadas al azar.

Composición química: se realizaron los análisis químicos relacionados con el contenido en humedad y fracción lipídica. Para ello, se prepararon 250 gramos de semilla de almendra envasadas al vacío. El contenido total de grasa se realizó utilizando el método Soxhlet Selecta Mo.6003286 (J.O Selecta S.A Abrera, Barcelona, España). Los resultados se expresaron en % de grasa. La identificación y cuantificación de ácidos grasos consistió en la preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos. Para ello se emplearon 40 mg de almendra triturada y se saponificaron con 100 mL de diclorometano y 1 mL de sodio solución de metóxido y se mantuvo a 90°C durante 10 minutos. A continuación, se añadió 1 ml de BF₃ y se guardó 30 minutos en oscuridad para que se llevara a cabo la reacción. Transcurrido este tiempo se extrajeron los ésteres metílicos de ácidos grasos utilizando 1.5 mL de hexano y se separaron en un



cromatógrafo de gases Shimadzu GC17 A junto con un detector de ionización de llama y una columna capilar DB-23 (30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno, 0,25 µm de película) J&W Scientific, Agilent Technologies. La identificación de los ácidos grasos metilados se llevó a cabo comparando los tiempos de retención con los estándares FAME Supelco MIX-37. Los resultados se expresaron en %.

Análisis sensorial descriptivo: la realización del análisis sensorial descriptivo se llevó a cabo por un panel de cata entrenado del IRTA. Las muestras se codificaron con números de 3 cifras, para evitar así el error de sugestión. La recogida de datos se realizó empleando hojas de cata especialmente desarrolladas para la almendra, donde los panelistas utilizaron una escala numérica de 0 a 10 para cuantificar la intensidad de los atributos de la almendra, donde 0 representó una intensidad no perceptible y 10 una intensidad extremadamente elevada.

Análisis estadístico: para el análisis de resultados se realizó un tratamiento estadístico, empleando el análisis de varianza (ANOVA) para verificar si hay diferencias significativas entre las muestras estudiadas y el test de rangos múltiples de Tukey para ver cómo se agruparon las muestras mediante el programa SAS/STAT version 9.2 (SAS Institute, Cary, NC).

5. Descripción de los resultados y difusión del proyecto:

5.1. Estado hídrico

En general, la evolución del potencial hídrico foliar a lo largo del verano fue similar para las tres variedades estudiadas. Sin embargo, si que se observan diferencias significativas entre las tres parcelas. La aplicación de dosificaciones de riego mayores en la parcela de Sa tanca permite mantener un estado hídrico mas favorable. Bajo condiciones de riego deficitario con dotaciones que no superan los 2000m³/ha se alcanza un estado de estrés moderado de los árboles a mediados de julio, recuperándose posteriormente (figura 3).

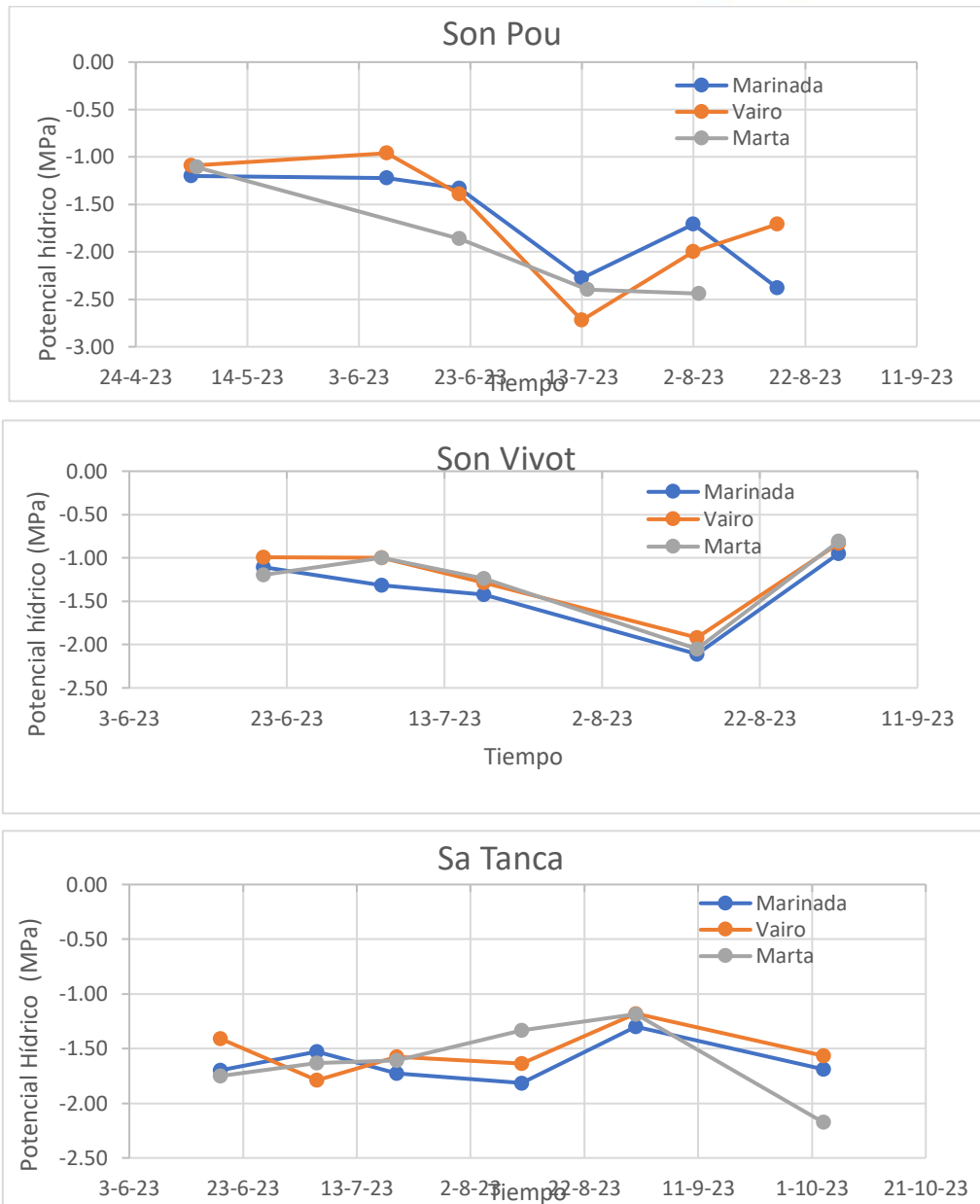


Figura 3. Evolución del estado hídrico de los árboles de cada variedad y parcela. Año 2023

Como se puede observar en la figura 3, en las parcelas de Son Pou y Son Vivot, las tres variedades muestran un progresivo estrés hídrico a lo largo del verano, recuperándose a partir de finales de agosto. Sin embargo, los árboles de la parcela de Sa tanca mantienen un estado hídrico más favorable, debido a una dotación de riego superior.

En general, no se observan diferencias significativas entre variedades en su estado hídrico promedio (tabla 5).

Tabla 5. Valores medios de potencial Hídrico de cada variedad y finca. Datos 2023

Variedad	Finca	Potencial Hídrico (MPa)
Marinada	Son Pou	-1,68 ± 0,22a
	Son Vivot	-1,62 ± 0,09a
	Sa Tanca	-1,4 ± 0,20b
<i>Promedio</i>		-1,56a
Vairo	Son Pou	-1,64 ± 0,27a
	Son Vivot	-1,52 ± 0,15a
	Sa Tanca	-1,20 ± 0,20b
<i>Promedio</i>		-1,45a
Marta	Son Pou	-1,95 ± 0,31a
	Son Vivot	-1,61 ± 0,15b
	Sa Tanca	-1,34 ± 0,26a
<i>Promedio</i>		-1,63a

5.3 Vigor de los árboles

Los árboles seleccionados mostraron un vigor muy similar, tanto en diámetro de tronco como en volumen de copa en las tres parcelas de estudio (tabla 6), cosa esperable ya que el marco de plantación y edad de los árboles es idéntica para las tres parcelas. De las tres variedades, la que mostró un vigor menor fue Marta, aunque las diferencias no fueron significativas.

Tabla 6. Volumen de copa medio de los árboles de cada variedad y parcela. Los valores son media de tres árboles por variedad y parcela

		Volumen de copa (m³)
Marinada	Son Pou	97,5 ± 2,3
	Tanca	77,3 ± 2,6
	Vivot	80,1 ± 3,9
Vairo	Son Pou	95,6 ± 2,5
	Tanca	72,6 ± 1,9
	Vivot	74,3 ± 2,3
Marta	Son Pou	67,3 ± 1,19
	Tanca	69,8 ± 2,2
	Vivot	72,0 ± 1,8

5.4. Producción y productividad del agua

La tabla 7 muestra los datos de producción media de las parcelas de estudio. No se observan diferencias significativas entre parcelas, a pesar de que las dotaciones de riego fueron muy diferentes. La parcela de mayor producción corresponde a Sa tanca, debido principalmente a una mayor dotación de riego. Sin embargo, en 2023, se produjo una caída de fruto muy importante en todas las parcelas asociado a accidentes climatológicos, que no permiten evaluar correctamente este parámetro productivo. Un aspecto a destacar es que un incremento del 100% de la dotación de riego implica una reducción de la productividad del agua del 50% respecto a una estrategia de riego deficitario (tabla 7).

Tabla 7. Producción media y productividad del agua de cada variedad

	Son Pou	Son Vivot	Sa Tanca
Dotación de riego(m3/ha)	1830	1836	4293
Producción (Kg/ha)	3183	3200	3455
Productividad agua (Kg/m3)	1,74	1,74	0,80

5.4 Características morfológicas y morfométricas de la almendra

La morfología del fruto es una característica esencial para la clasificación de las variedades, de importante valor comercial, siendo el calibre una operación básica y un punto crítico de control en las normas de recepción y muestreo de la almendra. La clasificación comercial por tamaño se refiere exclusivamente a las almendras grano y se puede hacer en función del tamaño (teniendo en cuenta el eje transversal máximo del grano) y del peso. El Pliego de Condiciones de la IGP “Almendra de Mallorca” exige (Tabla 8) que las almendras amparadas por esta IGP sean “enteras, sanas, secas y limpias, y de un calibre superior a 12 mm en el eje transversal máximo de la sección ecuatorial. Sin lesiones de hongos, parásitos o insectos y sin enranciamiento u olores o sabores extraños” y establece unos valores de tolerancias máximas que se especifican en la tabla 8.

Todas las variedades estudiadas cumplen con las especificaciones morfométricas del Pliego de condiciones de la IGP Almendra de Mallorca (Tabla 9). La variedad Vairo presenta un mayor peso de grano respecto a las otras dos variedades, debido principalmente a una mayor anchura.

Además, presenta un grado de dureza superior. También se observa un efecto significativo de la parcela en los parámetros analizando, destacando la dureza del grano que se incrementa significativamente bajo condiciones de mayor restricción hídrica (tabla 9).

Tabla 8. Tolerancias máximas admisibles en la morfología y apariencia general del fruto

Características	Tolerancias máximas (%)
Trozos (almendras a las que le falta más de un tercio del fruto)	1
Rotas (almendras a las que le falta menos de un tercio del fruto)	2
Calibre (almendras con calibre <12mm)	5

Tabla 9. Morfología, color y textura instrumental de las nuevas variedades de almendras cultivadas en distintas zonas de Mallorca.

		Almendra grano						Almendra en cáscara	
		Peso (g)	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Grosor (mm)	Dureza (N)	Def (mm)	Dureza (N)	Def (mm)
Variedad	ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***
	Marinada	1,11b	22,5b	13,1b	8,52a	93,6b	2,18a	157c	2,99a
	Marta	1,06c	24,0a	12,7c	7,74c	123a	2,03b	418a	2,18b
	Vairo	1,20a	24,1a	14,9a	7,97b	125a	1,92c	339b	2,07b
Parcela	ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***
	Vivot	1,29a	24,5a	14,0a	8,46a	105b	2,11a	275b	2,53a
	Pou	1,10b	23,7b	13,5b	7,84b	131a	2,06a	268b	2,39b
	Tanca	0,98c	22,4c	13,2c	7,92b	105b	1,94b	371a	2,32b
Variedad x parcela		ANOVA	***	***	***	***	***	***	***
Marinad	Son Vivot	1,30a	23,8a	13,4a	8,75a	62,6c	2,22a	151b	3,22a
	Son Pou	1,19b	23,4a	13,7a	8,69a	140a	2,01b	144b	2,85b
	Sa Tanca	0,85c	20,5b	12,2b	8,10b	78,5b	2,29a	176a	2,91b
Marta	ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***
	Son Vivot	1,22a	24,9a	13,5a	8,15a	120b	2,14a	397b	2,26a
	Son Pou	0,94c	24,0b	11,9c	7,10b	140a	2,16a	360b	2,23a
	Sa Tanca	1,02b	23,1c	12,6b	7,95a	109c	1,78b	496a	2,04b
Vairo	ANOVA†	***	***	**	***	***	***	***	NS
	Son Vivot	1,35a	24,9a	15,2a	8,48a	132a	1,97a	276b	2,11
	Son Pou	1,16b	23,7b	14,7b	7,72b	114b	2,02a	300b	2,08
	Sa Tanca	1,08c	23,7b	14,8ab	7,71b	128b	1,77b	441a	2,03

[†]NS = no significativo a $p < 0,05$; ***Diferencias significativas a $p < 0,001$. † Valores (media de 25 repeticiones) seguidos de la misma letra, dentro de una misma columna y parámetro, no fueron estadísticamente distintos ($p < 0,05$), de acuerdo con el test de Tukey de diferencias mínimas significativas.



5.6 Composición química

La humedad es la cantidad total de agua contenida en un producto. Debido a que la almendra es un alimento con bajo contenido de humedad, los estándares de la industria para las almendras crudas oscilan entre un 3 y 6 % de contenido de humedad. Estos valores se consideran óptimos para las reacciones biológicas mínimas y esenciales para preservar la calidad de la almendra y aumentar la vida útil. Valores más altos de humedad podrían dar lugar a sustancias tóxicas como las aflatoxinas producidas por el hongo *Aspergillus flavus*. Este parámetro también es importante ya que tiene una correlación indirecta con la textura; valores altos de humedad llevarán a almendras blandas que influirán en la textura del fruto y derivados y finalmente en la aceptación de los consumidores. El Pliego de Condiciones de la IGP “Almendra de Mallorca” acepta almendras con un contenido en humedad $\leq 6,5$ %.

Tanto la **morfología** como la **humedad** son factores principales en la optimización del tostado de la almendra, así almendras con un alto porcentaje de humedad o tamaño/peso tardarán más en llegar al punto óptimo de tostado; mientras que almendra con menos humedad o más pequeñas llegarán a quemarse. Por lo tanto, antes de someter las almendras a un proceso de tostado es esencial conocer estos valores para asegurar una almendra uniforme en cuanto a morfología y humedad para el proceso de tostado.

Fracción grasa

Estudios previos han demostrado que la composición química (grasa, entre otros) de la almendra depende tanto de la variedad, como de las técnicas de cultivo, zona geográfica y año de cultivo, por lo que se considera como parámetro esencial para cumplir con este objetivo. El Pliego de Condiciones de la IGP “Almendra de Mallorca” acepta almendras con un contenido en lípidos $\geq 55,0$ % (sobre sustancia seca).

En cuanto a los ácidos grasos los estudios sugieren que el contenido y la composición de los lípidos dependen principalmente del genotipo de almendra (composición genética), pero también están influenciados por factores como la región geográfica, las condiciones climáticas durante la temporada de crecimiento y el año de cosecha (García et al, 1995; Romojaro et al 1988; Soler et al 1988). Por ejemplo, el estrés hídrico conlleva una disminución del ácido oleico y un aumento del ácido linoleico y otros ácidos grasos polinsaturados (García et al., 2005). Esto, por un lado, puede afectar la estabilidad de las muestras, ya que una alta relación oleico:linoleico

es un punto de referencia importante para evaluar la estabilidad de almacenamiento del grano de almendra y el aceite debido a su efecto preventivo sobre la oxidación de lípidos durante el procesamiento, almacenamiento y transporte. Sin embargo, el estrés creado por el déficit hídrico también aumenta los compuestos antioxidantes de la muestra lo que puede ayudar a contrarrestar esa sensibilidad de los ácidos grasos polinsaturados hacia la oxidación (Romojaro et al , 1988). Los ácidos grasos también tienen un impacto en la calidad sensorial y aromática de la almendra y finalmente del turrón, ya que el ácido oleico y el ácido linoleico son precursores de aldehídos que a altas concentraciones son indicadores de la oxidación de lípidos y de la producción de sabores desagradables que dependen del grado de tostado. El Pliego de Condiciones de la IGP “Almendra de Mallorca” acepta almendras con un contenido en ácidos oleico y linoleico: $\geq 88\%$ de lípidos totales.

Los datos obtenidos en el estudio muestran que en todos los casos se cumplen los porcentajes de humedad establecidos en el Pliego de condiciones (Tabla 10). En lo que respecta a la fracción grasa, las tres variedades se encuentran muy cerca de los valores límite de contenido en fracción grasa que marca el Pliego de condiciones de la IGP, rozando el 55%. Además, no hay diferencias significativas entre ellas. Sin embargo, si hay un efecto parcela en el contenido de la fracción grasa. Las parcelas que por la dotación de riego o el tipo de suelo son capaces de mantener una mayor disponibilidad de agua en el suelo durante el verano, permiten alcanzar una mayor proporción de fracción grasa respecto a la parcela que sufre un mayor estrés hídrico (Son Pou), superándose los valores umbral que se concretan en el Pliego de Condiciones (Tabla 10).

Por otra parte, las tres variedades muestran valores superiores al 90% de la suma de oleico y linoleico respecto al contenido total de grasas, y por tanto cumplen con los requisitos establecidos en el Pliego de Condiciones de la IGP. La relación oleico/linoleico es superior en la variedad Marta lo que le otorga una mayor estabilidad e el almacenamiento y ralentiza procesos de ranciamiento (tabla 10).

5.7 Análisis sensorial

El **análisis sensorial descriptivo**, es un parámetro imprescindible a la hora de establecer el perfil sensorial de cada una de las variedades. Hasta la fecha, se han descrito los descriptores que se utilizan para caracterizar sensorialmente las almendras (Gou et al 2000; Lipan et al 2019, 2020; Vázquez- Araujo et al., 2007). El Pliego de Condiciones de la IGP “Almendra de Mallorca” exige

que la almendra cruda sin piel amparada por esta DO “*presente una superficie y una carne de color blanco o ebúrneo, de aspecto mate, una textura firme, poco adhesiva y de sensación oleosa. Sabor ligeramente dulce, no ácido ni amargo. Aroma intenso y con recuerdos a frutos secos. En la presentación “con piel”, el fruto está recubierto por su tegumento de color marrón y tacto rugoso.*”

Tabla 10. Humedad, grasa sobre materia seca y perfil de ácidos grasos principales en las almendras; todos los datos son expresados en %.

Factores		Humedad	Grasa	Oleico	Linoleico	ΣO+L	O/L	AGS	AGM	AGP
Variedad	ANOVA	***	NS	***	***	***	***	***	***	***
	Marinada	5,76a	54,6	72,0b	19,3a	91,4a	3,89b	7,73b	72,7b	19,3a
	Vairo	4,08b	54,9	71,0c	19,7a	90,6b	3,64c	8,56a	71,5c	19,7a
	Marta	4,16b	54,2	75,4a	16,0b	91,5a	4,79a	7,74b	76,0a	16,0b
parcela	ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Son Pou	4,24b	53,1b	73,1b	18,2b	91,3a	4,07b	7,86b	73,7b	18,2b
	Sa Tanca	4,10b	55,5a	70,8c	20,0a	90,8b	3,75c	8,34a	71,4c	20,0a
	Son Vivot	5,65a	55,1a	74,6a	16,8c	91,4a	4,51a	7,83b	75,2a	16,8c
Variedad x parcela										
Marinada	ANOVA†	***	NS	***	***	***	***	***	***	***
	Son Pou	4,49b	54,8	75,6a	16,4b	91,9a	4,62a	7,20c	76,2a	16,4a
	Sa Tanca	5,01b	55,1	66,1c	24,4a	90,5c	2,72c	8,52b	66,9c	24,4a
	Son Vivot	7,78a	54,0	74,4b	17,2b	91,6b	4,33b	7,46a	75,1b	17,2b
Vairo	ANOVA†	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	Son Pou	3,93b	53,7	71,0	19,7	90,7	3,67	8,43	71,6	19,7
	Sa Tanca	3,60c	55,8	69,6	20,8	90,4	3,35	8,80	70,2	20,8
	Son Vivot	4,71a	55,0	72,3	18,5	90,8	3,91	8,45	72,8	18,5
Marta	ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	Son Pou	4,30ab	50,9b	72,6b	18,6a	91,2b	3,91b	7,96a	73,1b	18,6a
	Sa Tanca	3,71b	55,7a	76,7a	14,8b	91,5a	5,17a	7,70b	77,3a	14,8b
	Son Vivot	4,47a	56,2a	77,1a	14,6b	91,7a	5,28a	7,57b	77,6a	14,6b

† NS = no significativo a $p < 0.05$; *, **, y *** significativo a $p < 0.05$, 0.01, y 0.001, respectivamente. ‡ Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma fila, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey. Grasa expresada sobre materia seca; ΣO+L= suma oleico y linoleico; AGS=Ácidos grasos saturados; AGM=ácidos grasos monoinsaturados; AGP=Ácidos grasos poliinsaturados

Tabla 11. Perfil de ácidos grasos minoritarios en las almendras; todos los datos son expresados en %.

Factores		Mirístico	Palmitico	Palmitoléico	Margárico	Margaroleico	Esteárico
Variedad	ANOVA†	NS	***	***	***	***	***
	Marinada	0,02	6,31a	0,60a	0,04c	0,10a	1,35c
	Vairo	0,02	6,43a	0,47b	0,06a	0,09b	2,06a
	Marta	0,02	5,83b	0,47b	0,05b	0,09b	1,84b
Parcela	ANOVA†	NS	***	***	NS	***	***
	Son Pou	0,02	6,05b	0,51b	0,05	0,098a	1,74b
	Sa Tanca	0,02	6,42a	0,54a	0,05	0,093b	1,85a
	Son Vivot	0,02	6,10b	0,49b	0,05	0,096ab	1,66c
Variedad × Parcela							
Marinada	ANOVA†	NS	***	***	NS	***	***
	Son Pou	0,02	5,92c	0,56c	0,04	0,11a	1,22b
	Sa Tanca	0,02	6,84a	0,66a	0,05	0,09c	1,61a
	Son Vivot	0,02	6,17b	0,59b	0,04	0,10b	1,23b
Vairo	ANOVA†	NS	***	***	NS	NS	NS
	Son Pou	0,02	6,28b	0,50a	0,06	0,10	2,07
	Sa Tanca	0,02	6,61a	0,47b	0,05	0,09	2,12
	Son Vivot	0,02	6,39ab	0,44c	0,06	0,09	1,98
Marta	ANOVA†	**	***	***	NS	***	***
	Son Pou	0,03a	5,94a	0,47b	0,05	0,090b	1,95a
	Sa Tanca	0,02b	5,83ab	0,49a	0,05	0,097a	1,81b
	Son Vivot	0,02b	5,73b	0,45b	0,05	0,093ab	1,77b

† NS = no significativo a $p < 0.05$; *, **, y *** significativo a $p < 0.05$, 0.01, y 0.001, respectivamente. ‡ Los valores (media de 3 repeticiones) seguidos de la misma letra dentro de la misma fila, no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) de acuerdo con el Test de Rangos Múltiples Tukey. Grasa expresada sobre materia seca; $\Sigma O+L$ = suma oleico y linoleico; AGS=Ácidos grasos saturados; AGM=ácidos grasos monoinsaturados; AGP=Ácidos grasos poliinsaturados

En general, las almendras de la variedad Vairo muestra una mayor intensidad de sabor y una astringencia media (tabla 12). Por otra parte, la variedad Marinada es menos crujiente y mas cohesiva que las otras dos variedades y con mayor piel residual.

Tabla 12. Análisis sensorial descriptivo

Factores		Dulzor	Sabor	Benzaldehido	Astringencia
Variedad	ANOVA	**	*	*	*
	Marinada	3,8b	3,7b	0,8b	4,2a
	Vairo	5,1a	5,1a	0,5c	3,1ab
	Marta	4,8ab	4,2b	2,1a	2,7b
Parcela	ANOVA†	**	NS	*	NS
	Son Pou	5,2a	4,4	0,5b	3,3
	Sa Tanca	4,4ab	4,4	1,7a	3,9
	Son Vivot	4,0b	4,1	1,2a	2,8
Variedad × Parcela					
Marinada	ANOVA†	NS	NS	NS	NS
	Son Pou	4,5	4,0	0,2	3,9

	Sa Tanca	4,1	4,0	0,8	4,6		
	Son Vivot	2,8	3,3	1,6	4,1		
	ANOVA†	NS	NS	NS	NS		
Vairo	Son Pou	5,4	5,5	0,1	3,2		
	Sa Tanca	5,3	5,2	1,0	3,9		
	Son Vivot	4,7	4,5	0,3	2,2		
	ANOVA†	*	NS	NS	NS		
Marta	Son Pou	5,7a	3,9	1,4	2,9		
	Sa Tanca	3,9b	4,1	3,2	3,1		
	Son Vivot	4,7ab	4,5	1,7	2,1		
Factores		Aspereza	Crujibilidad	Cohesividad	Dureza	Adherencia	Piel residual
	ANOVA†	NS	***	***	*	**	**
Variedad	Marinada	4,2	3,5b	4,9a	3,9b	5,6a	6,0a
	Vairo	4,5	5,9a	3,4b	4,6a	4,2b	4,6b
	Marta	4,5	5,0a	4,3a	3,8b	5,2a	4,2b
	ANOVA†	NS	***	*	*	**	**
Ubicaci3n	Son Pou	4,3	5,5a	3,9b	4,5a	4,8b	4,7b
	Sa Tanca	4,6	4,5b	4,3a	3,7b	5,3a	5,3a
	Son Vivot	4,3	4,4b	4,4a	4,1a	4,8b	4,8b
Variedad x Parcela							
	ANOVA	NS	***	***	***	NS	NS
Marinada	Son Pou	3,5	5,9a	2,5b	5,0a	5,4	5,8
	Sa Tanca	4,7	2,2b	6,4a	2,8b	6,4	6,7
	Son Vivot	4,4	2,5b	5,9a	4,0ab	4,8	5,3
	ANOVA†	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Vairo	Son Pou	3,3	5,6	3,7	4,3	3,9	4,8
	Sa Tanca	4,6	6,2	3,4	4,8	4,5	4,4
	Son Vivot	5,5	6,0	3,0	4,7	4,3	4,8
	ANOVA	***	NS	**	NS	NS	NS
Marta	Son Pou	6,0a	5,0	5,5a	4,3	5,1	3,6
	Sa Tanca	4,4ab	5,2	3,1b	3,6	5,1	5,0
	Son Vivot	2,9b	4,7	4,4ab	3,6	5,4	4,1

El aromagrama realizado recoge el perfil gustativo de cada variedad analizada (Figura 6). En general, la almendra Marinada es más cohesiva, áspera y astringente. La variedad Vairo es crujiente, áspera y elevado sabor. Finalmente, la variedad Marta es muy poco astringente y no destaca claramente en ningún de los parámetros gustativos analizados.

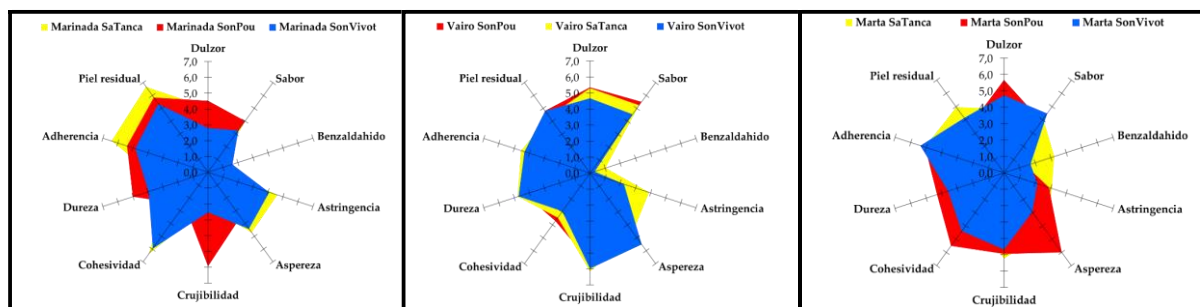


Figura 6. Aromagrama de las tres variedades estudiadas

6. Análisis de sostenibilidad económica y medioambiental de los resultados:

El sector de la almendra de Mallorca ha evolucionado en los últimos años, tanto en relación a las variedades cultivadas como al sistema de producción, que tiende a la intensificación del cultivo bajo condiciones de riego. Estos cambios han permitido incrementar la producción de 9 a 229 toneladas de almendra y un incremento de la comercialización del producto pasando de 37000€ en 2017 a 334000€ en 2022 (fuente IQUA). Estas nuevas condiciones de cultivo pueden modificar las características morfológicas de la almendra, su composición química, valor nutricional y características sensoriales. Los resultados de proyecto han permitido caracterizar las composición química y características sensoriales de la almendra de las variedades incorporadas recientemente en el sector, así como determinar si las condiciones edafoclimáticas modifican estos perfiles químicos y sensoriales. Estas características son fundamentales, ya que el Pliego de condiciones de la IGP Almendra de Mallorca determina unos mínimos de humedad y perfil graso que deben cumplir los productos amparados. Los resultados muestran como en la mayoría de los casos evaluados, se cumple con dichos requisitos, lo que avala la producción de almendra en Mallorca de las variedades evaluadas y su adecuación a las condiciones edafoclimáticas de Mallorca. Por tanto, los resultados del proyecto permiten seguir manteniendo la progresión positiva del valor económico de la almendra y su posicionamiento en el mercado global.

En un escenario de cambio global es fundamental incrementar la eficiencia y productividad del agua, recurso cada vez más escaso y limitante de la actividad agrícola en ambientes semiáridos como en Baleares. En este sentido, el proyecto valida la aplicación de estrategias de riego

deficitario para el cultivo intensivo del almendro en las condiciones edafoclimáticas de Mallorca, pudiéndose reducir las dotaciones estándar de riego un 50% sin provocar una penalización significativa de la producción y permitiendo mantener o incluso incrementar la calidad de la almendra. Estas estrategias de riego deficitario permiten una producción mas sostenible desde el punto de vista medioambiental.

7. Costes y beneficios:

Tabla 13. Desglose del presupuesto del proyecto

Concepto	Descripción	Cuantía (€)
Personal	3 meses a tiempo parcial	4.700
Fungibles:	Muestreo y análisis de suelos: apertura de calles, toma de muestras y costos analíticos de fertilidad para 8 muestras de suelo.	300
	Mantenimiento de parcelas, costes de poda, fertilizantes, labores de manejo del suelo.	1.200
	Costes de recolección y muestreo.	800
	Reactivos y material de laboratorio para el análisis químico de muestras (36).	3.000
TOTAL		10.000

Beneficios: efectos positivos

La descripción de gestos del proyecto indica que un 50% del presupuesto se ha invertido en la contratación de una profesional técnico especializado, contribuyendo a la creación de puestos de trabajo directos (4700 €).

Los resultados del proyecto permiten avanzar en el conocimiento del comportamiento de nuevas variedades de almendra que se han introducido recientemente en nuevas plantaciones de almendra bajo condiciones de riego. En general las características físico-químicas de las almendras de las tres variedades se ajustan a las condiciones descritas en el Pliego de condiciones y por tanto pueden comercializarse bajo el sello de calidad IGP de Mallorca,

contribuyendo de una manera muy significativa al valor comercial del producto y su potencial de comercialización en el futuro.

8. Diseminación de los resultados

Los resultados del proyecto han sido recogidos en una memoria que se encuentra publicada en la web del INAGEA. <https://inagea.uib.cat/2024/03/04/justificacio-tecnica-del-projecte-bia15-21/>

Por otra parte, está previsto recoger los resultados derivados del proyecto en una publicación científica-divulgativa en la revista fruticultura.

Finalmente, los resultados del proyecto serán presentados en la próxima jornada de transferencia organizada por la cooperativa SCL del Camp mallorquí.

9. Agradecimientos:

Este proyecto ha sido financiado con fondos de Garantía Agrària i Pesquera de les Illes Balears (FOGAIBA) “Convocatòria de subvencions :projectes d’investigació aplicada, 2021. Así mismo, agradezco la colaboración de Antoni Sans, Miguel Riera y Miguel Mas, propietarios de las fincas colaboradoras de dicho estudio, del personal técnico de la Cooperativa SCL del Camp Mallorca, y del personal técnico del IRTA que han colaborado en los análisis químicos y sensoriales del trabajo.

10. Bibliografía:

García, C.; Grané, N.; Berenguer, V.; García J.E.; Martín, M.L. 1995. Major Fatty Acid Composition of 19 Almond Cultivars of Different Origins. A Chemometric Approach. American Chemical Society, 5: 161-165.

Gou, P.; Díaz, I.; Guerrero, L.; Valero, A.; Arnau, J.; Romero, A.. 2000. Physico-chemical and sensory property changes in almonds of ‘Desmayo Langueta’ variety during toasting. Food Sci.Technology Int., 6 (1): 1-7.

Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Corell, M., Sendra, E., Hernández, F., Stan, L., Vodnar, D.C., Vázquez-Araújo, L., Carbonell-Barrachina, Á.A. (2019). Sensory profile and acceptability of hydrosustainable almonds. Foods, 8 (2) 64.

Lipan.F. García-Tejero.L. García-Tejero Saray Gutiérrez Saray Gutiérrez A Carbonell-Barrachina. 2020 Enhancing Nut Quality Parameters and Sensory Profile in Three Almond Cultivars by Different Irrigation Regimes. Journal of Agricultural and Food Chemistry DOI: 10.1021/acs.jafc.9b06854

Romero, A.; Vargas, F.J.; Tous, J.; Ninot, A., Miarnau, X. (2011a) New almond cultivars from IRTA's breeding program (1) chemical composition. *Acta Horticulturae* 912: 477-484

Romojaro, F.; Riquelme, F.; Jiménez, J.L.; Llorente, S. 1988. Fat content and oil characteristics of some almond varieties. *Fruit Science Reports*, vol XV, nº 2: 53-57.

Soler, L.; Cañellas, J.; Saura Calixto, F. 1988. Oil Content and Fatty Acid Composition of Developing Almond Seeds. *J.Agric.Food Chem.*, 36 (4): 695-697.

Vázquez-Araujo, L.; Enguix, L.; Verdú, A.; García-García, E.; Carbonell-Barrachina, A.A., 2007. Investigation of aromatic compounds in toasted almonds used for the manufacture of turrón. *Eur. Food Res. Technol.*, Vol. 227(1): 243-254.