

ACTIVIDAD 1. IDENTIFICACIÓN DE LAS POTENCIALIDADES PAM

ACCIÓN 2.- AGRONOMÍA Y PROCESOS

ADAPTACIÓN DE CULTIVOS Y OBTENCIÓN EN LABORATORIO Y A ESCALA PILOTO DE ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS VEGETALES DE PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES



1.	ADAPTACIÓN DE CULTIVOS DE PAM.....	2
1.1.	MATERIAL Y MÉTODOS	2
1.1.1.	Diseño del ensayo	2
1.1.2.	Datos climáticos	4
1.1.3.	Realización del ensayo	6
1.1.4.	Recolección	14
1.1.5.	Secado	15
1.1.6.	Parámetros evaluados en cosecha.....	15
1.2.	RESULTADOS	16
1.2.1.	Resultados durante el cultivo.....	16
1.2.2.	Fenología y estado de las plantas durante el cultivo	16
1.2.3.	Desarrollo de las plantas.....	49
1.2.4.	Rendimiento agronómico.....	58
2.	OBTENCIÓN EN LABORATORIO Y A ESCALA PILOTO DE ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS VEGETALES DE PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES	62
2.1.	MATERIAL Y MÉTODOS	62
2.1.1.	Obtención de aceites y extractos.....	62
2.1.2.	Cuantificación de los principios activos	65
2.2.	RESULTADOS EN LABORATORIO	67
2.2.1.	Aceites esenciales.....	67
2.2.2.	Extractos vegetales.....	74
2.3.	RESULTADOS A ESCALA PILOTO	76
2.3.1.	Aceite esencial de romero.....	76
2.3.2.	Extracto vegetal de olivardilla	78
3.	CONCLUSIONES	80
	STEVIA	80
	SIEMPREVIVA.....	80
	OLIVARDILLA.....	80
	HINOJO	81
	ROMERO.....	81
	ORÉGANO.....	81



1. ADAPTACIÓN DE CULTIVOS DE PAM

Las acciones realizadas por CTAEX para la **adaptación de cultivos de especies de PAM**, se detallan a continuación:

1.1. MATERIAL Y MÉTODOS

1.1.1. Diseño del ensayo

El ensayo se ha desarrollado en la finca experimental de CTAEX, en el polígono 182 y parcela 1 según el SIGPAC (6:900:0:0:182:1), en la zona destinada al cultivo ecológico. En la *Ilustración 1* se muestra la ubicación y dimensión del mismo respecto a la superficie total de la parcela.

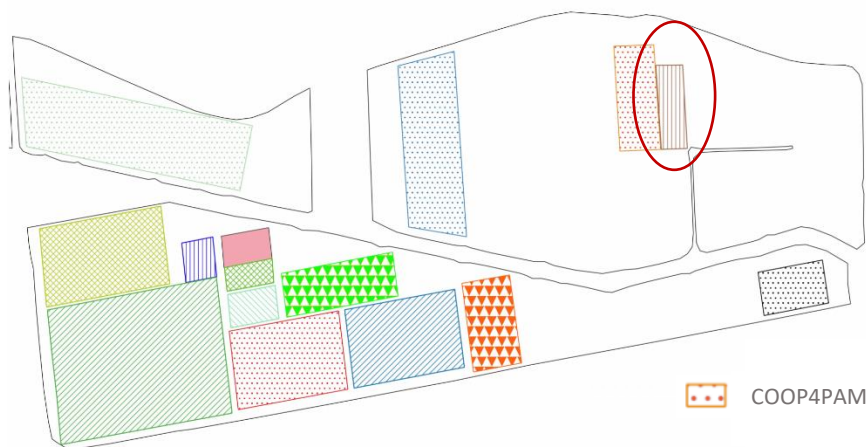


Ilustración 1. Parcela ocupada por el ensayo

El diseño del ensayo fue en bloques dirigidos de 90 m², siendo las parcelas de 4 camas de 15 metros de largo. Durante el 2020 se diseñaron para cada una de las especies ensayos de abonado, densidad de plantación y riego, empleando dos tesis en cada uno de ellos, de modo que se implantaron seis parcelas de 90 m² por especie siguiendo el croquis de la Ilustración 2. En total por especie se implantó 540 m², siendo la superficie total del ensayo de 3240 m², contando con los pasillos dejados entre especies de 1,5 m de largo y los marginales a ambos lados del ensayo que se cubrieron de Olivardilla, finalmente el ensayo ocupó más de 3800 m².

El croquis del ensayo se muestra a continuación:

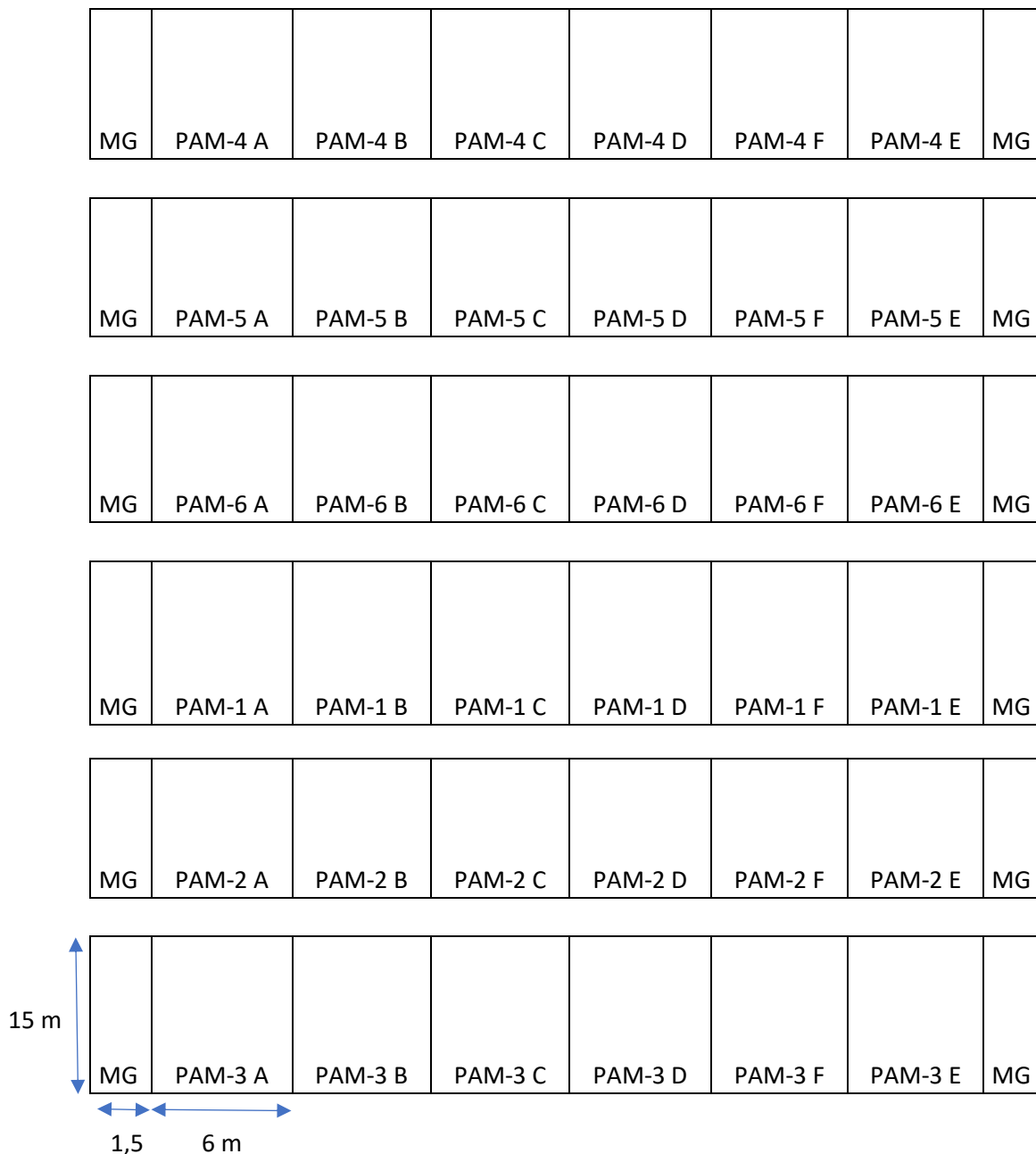


Ilustración 2. Croquis del ensayo

En el croquis las parcelas A y B corresponden al ensayo de fertilización, las C y D al de densidad de plantación y el E y F al de riego.

En la Tabla 1 se muestran las especies estudiadas, la procedencia de las semillas y la superficie ocupada en el ensayo por cada una ellas.

Tabla 1. Especies estudiadas

CÓDIGO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CENTÍFICO	PROCEDENCIA	SUPERFICIE
PAM-1	Stevia	<i>Stevia rebaudiana</i>	CTAEX	540
PAM-2	Siempreviva	<i>Helichrysum italicum picardii</i>	Semillas Silvestres	540
PAM-3	Olivardilla	<i>Ditrichia viscosa</i>	Semillas Silvestres	1100
PAM-4	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>	Semillas Silvestres	540
PAM-5	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	CTAEX	540
PAM-6	Orégano	<i>Origanum virens</i>	Puebla de la Calzada (multiplicación cultivo)	540

Durante el 2021 se prolongaron los ensayos en las seis especies, sin aporte de abonado.

1.1.2. Datos climáticos

Los datos climáticos constituyen una fuente de información fundamental debido a que condicionan el desarrollo del cultivo, influyendo, en función de la especie, en el estado fenológico y en la incidencia de plagas y enfermedades al favorecer o perjudicar el incremento de la población.

Los datos de temperatura máxima, media y mínima, y precipitación diaria, recogidos en la Tabla 2 han sido descargados de la página web de la Junta de Extremadura, procedentes de la red de estaciones meteorológicas distribuidas por toda la región, aunque en este caso corresponde a la Estación meteorológica del Bercial, la más cercana a los campos de ensayos.

Tabla 2. Resumen datos climáticos recogidos en la zona

Mes	Tª máxima (°C)		Tª media (°C)	Tª mínima (°C)		Precipitación diaria (mm)	Precipitación efectiva (P-M) (mm)
	Absoluta	Media		Absoluta	Media		
<i>Enero</i>	17,09	12,08	6,68	-4,79	2,55	40,81	16,71
<i>Febrero</i>	21,29	16,42	11,19	1,46	6,78	86,78	45,06
<i>Marzo</i>	30,64	19,91	12,00	-1,54	4,44	6,37	2,62
<i>Abril</i>	25,48	21,48	15,55	5,48	10,14	85,37	43,07
<i>Mayo</i>	32,56	25,46	18,15	4,28	10,19	14,46	7,24
<i>Junio</i>	33,96	29,19	21,24	7,62	13,24	42,77	21,63
<i>Julio</i>	38,69	32,54	23,74	11,49	14,59	0	0
<i>Agosto</i>	42,3	34,09	25,09	10,42	15,69	0,2	0
<i>Septiembre</i>	37,02	28,40	21,05	9,09	14,62	79,6	45,25

Octubre	29,88	25,52	16,90	3,74	10,05	47,53	25,58
---------	-------	-------	-------	------	-------	-------	-------

Las temperaturas registradas en la tabla se refieren a temperaturas máximas (tanto absolutas, que hace referencia a la más alta del mes, como medias mensuales), medias y mínimas (tanto absolutas, que hace referencia a la más baja del mes, como medias mensuales). Los datos de precipitación efectiva son la suma de las precipitaciones caídas a lo largo de cada mes.

A continuación, en la Ilustración 3 se representa la evolución de las temperaturas máximas, medias y mínimas y de la precipitación a lo largo del ciclo de los cultivos desde el 1 de enero hasta el 31 de octubre, ya finalizada la recolección.

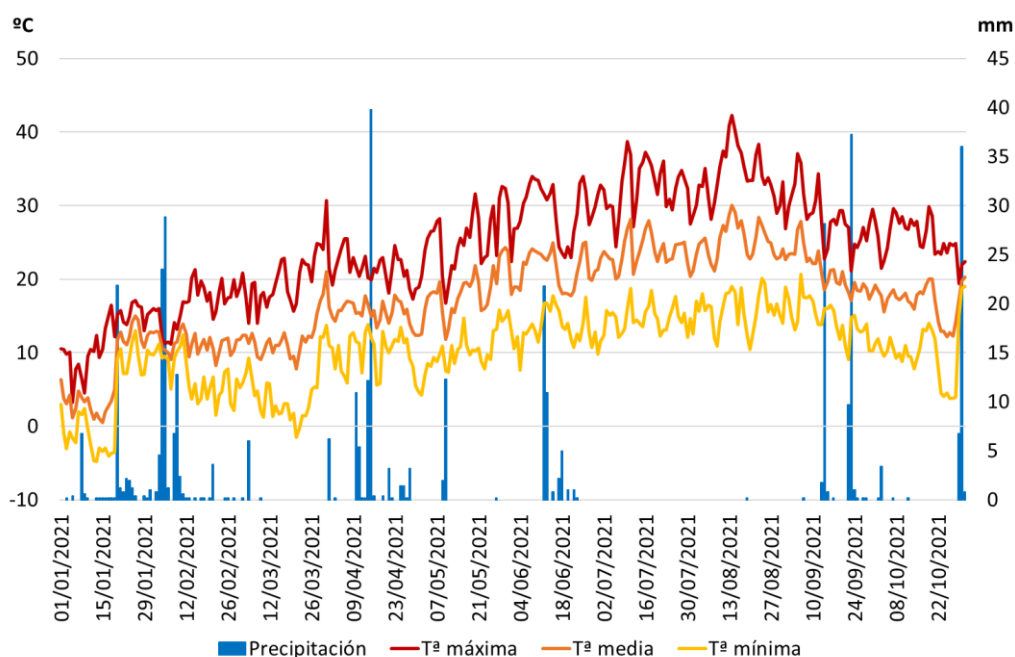


Ilustración 3. Evolución de las temperaturas y de las precipitaciones en la zona

Tanto el 2020 como el 2021 se caracterizaron por intensas precipitaciones y numerosas olas de calor, en mayor medida durante el 2021. Los periodos estivales estuvieron marcados por temperaturas cálidas, medias y temperaturas mínimas elevadas respecto a los históricos de la zona.

Estas temperaturas se prolongaron hasta el final del ensayo, alcanzando máximas de 30°C en octubre. Además, los veranos en la zona son secos, registrándose importantes precipitaciones ya en otoño, próximo al final del cultivo.

1.1.3. Realización del ensayo

a. Siembra

La siembra o esquejado de las especies se realizaron entre diciembre del 2019 y el 22 de enero de 2020 según la Tabla 3 sobre bandejas de poliuretano rellenas de sustrato compuesto por una mezcla de turba rubia y turba negra. Una vez sembrado, los alveolos se cubrieron con vermiculita y las bandejas fueron trasladadas al invernadero de CTAEX donde se regaron y permanecieron hasta el momento del trasplante.

Tabla 3. Fecha de siembra o esquejado de las especies

CÓDIGO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA	SIEMBRA O ESQUEJADO
PAM-1	Stevia	<i>Stevia rebaudiana</i>	CTAEX	21/01/2020
PAM-2	Siempreviva	<i>Helichrysum italicum picardii</i>	Semillas Silvestres	13/01/2020
PAM-3	Olivardilla	<i>Ditrichia viscosa</i>	Semillas Silvestres	14/01/2020
PAM-4	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>	Semillas Silvestres	15/01/2020
PAM-5	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	CTAEX	dic-19
PAM-6	Orégano	<i>Origanum virens</i>	Puebla de la Calzada (multiplicación cultivo)	22/01/2020

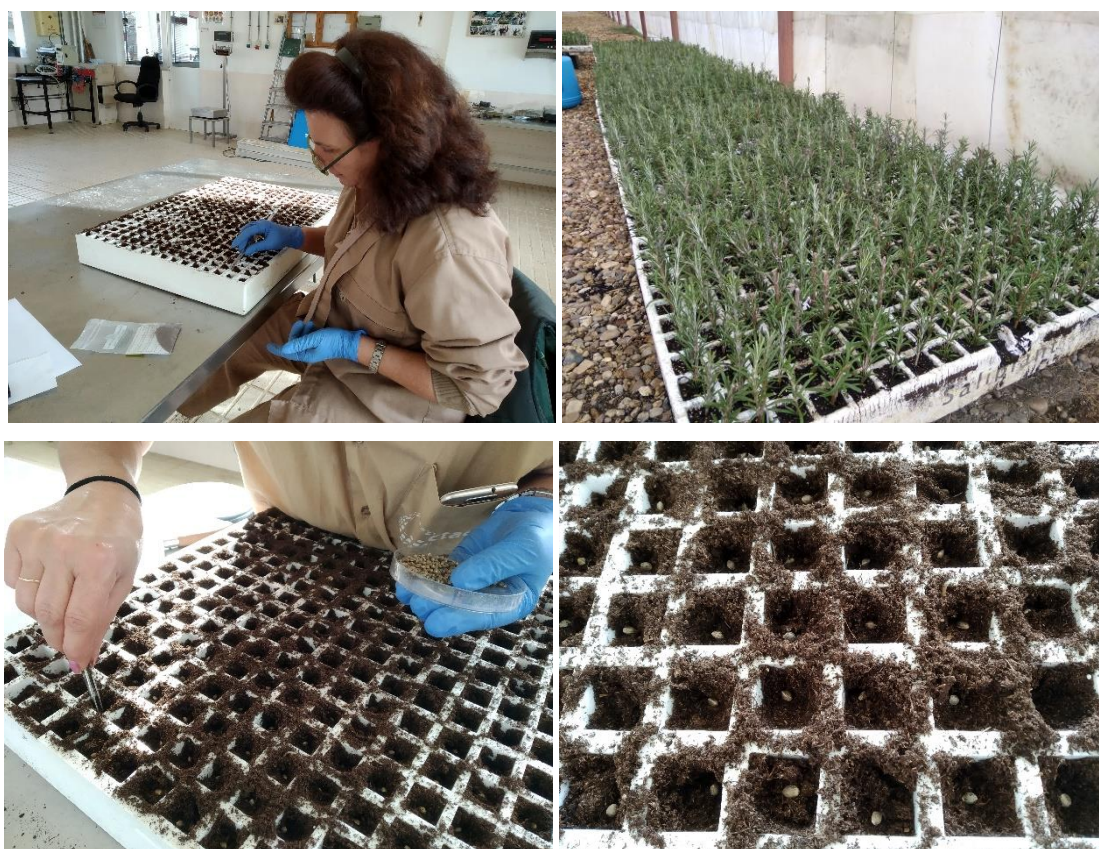


Ilustración 4. Siembra de las especies

b. Preparación del terreno e implantación del ensayo

Antes de la implantación del ensayo, se recogió una muestra de suelos compuesta por diferentes submuestras tomadas en distintos puntos en la zona para su análisis fisicoquímico, a partir del cual se programó el abonado, suministrando mediante la aplicación de 800 kg/ha de Nitroplus y 800 kg/ha de estiércol, 84,64 unidades fertilizantes (UF) nitrogenadas, 8,45 UF de fósforo y 10 UF de potasio, más 49,2 UF de calcio y 8,60 UF de magnesio. Para evaluar distintos planes de fertilización, en las parcelas A de todas las especies se disminuyó la fertilización a 400 kg/ha de Nitroplus, dejando la cantidad de estiércol en la misma proporción, 800 kg/ha. En total las unidades aportadas en las parcelas A fueron de 44,64 unidades fertilizantes (UF) nitrogenadas, 4,45 UF de fósforo y 6 UF de potasio, más 25,2 UF de calcio y 4,60 UF de magnesio.

El suelo de la parcela del ensayo presentaba una textura franco-arenosa, caracterizada por su buen drenaje y capacidad de retener agua y nutrientes. Igualmente, cuenta con un pH ligeramente ácido, adecuado para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes y una conductividad eléctrica baja, no presentando problemas de salinidad. El contenido en nitrógeno es bajo y el de fósforo (P2O5) alto, como es habitual en esta zona. La relación Carbono/Nitrógeno es media, mientras que la Materia Orgánica Total es baja.

Una vez marcado el ensayo, mezclados los abonos orgánicos y aplicados sobre el terreno (Ilustración 4), conformadas las camas, colocadas las cintas de riego y el plástico de 90 galgas para el control de especies adventicias, los trasplantes se realizaron de forma manual desde el 18 de mayo hasta el 2 de junio del 2020 a las densidades marcadas en la Tabla 4.

Exactamente los trasplantes de cada una de las especies fueron:

Tabla 4. Fecha de trasplante y densidad de plantación

CÓDIGO	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO	PROCEDENCIA	FECHA TRASPLANTE	DENSIDAD DE PLANTACIÓN (plantas/ha)	
					PARCELAS A, B, D, E y F	PARCELA C
PAM-1	Stevia	<i>Stevia rebaudiana</i>	CTAEX	18-05-20	26.666	33.333
PAM-2	Siempreviva	<i>Helichrysum italicum picardii</i>	Semillas Silvestres	28-05-20	26.666	33.333
PAM-3	Olivardilla	<i>Ditrichia viscosa</i>	Semillas Silvestres	19-05-20	26.666	44.444
PAM-4	Hinojo	<i>Foeniculum vulgare</i>	Semillas Silvestres	18-05-20	26.666	44.444
PAM-5	Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i>	CTAEX	20-05-20	16.666	26.667
PAM-6	Orégano	<i>Origanum virens</i>	Puebla de la Calzada (multiplicación cultivo)	02-06-20	22.222	33.333



Ilustración 5. Aplicación de los abonos orgánicos



Ilustración 6. Trasplante de hinojo el 18 de mayo

c. Riego

El sistema de riego para este ensayo fue riego por goteo, utilizando líneas portagoteros de P.E. con una distancia de 0,3 m entre goteros y un caudal de 1,324 l/h por gotero.

Se diseñaron dos planes de riego, los cuales se diferenciaron a partir del desarrollo de las especies.

La determinación de las necesidades de riego de un cultivo se calcula a partir de la ETo o evapotranspiración de referencia y el coeficiente del cultivo, k_c , según la fórmula de la evapotranspiración del cultivo, que expresa el agua utilizada por el cultivo:

La ETo se puede estimar por varios métodos, siendo el más preciso realizar los cálculos a partir de los valores recogidos diariamente de las estaciones meteorológicas. En este caso los datos climáticos se descargan de la página web de la Junta de Extremadura, de la red de estaciones meteorológicas distribuidas por toda la región, siendo la Estación “El Bercial” la que corresponde a la finca experimental de CTAEX.

El aspecto más importante que condiciona las necesidades de agua de un cultivo es su estado de desarrollo. El valor de kc varía a lo largo del ciclo de cultivo, y en función del cultivo de que se trate. Debido a la falta de información sobre la kc de estas especies, se ha empleado una kc media para todas las especies y se ha ido variando en función del desarrollo de las mismas.

Las tesis establecidas han sido:

- PARCELAS A, B, C, D y F: Riego al 100 % de la ETc
- PARCELA E: Riego al 75 % de la ETc

Con estos datos y estimando la ETo y la kc del cultivo se calculó la dosis de riego a aportar cada día y el tiempo que debía estar regando el sistema a cada parcela del ensayo a partir de julio del 2020 y de mayo del 2021.

d. Controles durante el cultivo

Durante la evolución del cultivo, se ha llevado a cabo el seguimiento del desarrollo y fenología de las plantas, además del estado sanitario.

- Fenología

Se ha registrado el estado fenológico de las especies durante todo el ensayo, anotando si las especies se encontraban en crecimiento vegetativo, floración o fructificación según la siguiente clasificación:

Tabla 5. Clasificación fenológica de las plantas

ESTADO FENOLÓGICO	CLASIFICACIÓN
TRASPLANTE	0
DESARROLLO VEGETATIVO	1_4
FLORACIÓN	5_8
FRUCTIFICACIÓN	9_12



- Estado sanitario

Durante el ensayo se hizo un seguimiento de la sanidad de las plantas para planificar los métodos de control a emplear.

Durante el 2020 únicamente se detectaron dos plagas a mediados de julio: *Papilio machaon* sobre el hinojo (*Foeniculum vulgare*) y *Helicoverpa armígera* en olivardilla (*Ditrichia viscosa*). Fue necesario un tratamiento con cañón en cada uno de los cultivos con Oleato potásico al 40%.



Ilustración 7. Larva de *Papilio machaon* en hinojo



Ilustración 8. Larva de *Helicoverpa armígera* en olivardilla



Durante el 2021, en cambio, en julio se detectaron colonias de pulgones en hinojo (*Foeniculum vulgare*) que fueron tratadas y controladas con Oleato potásico al 40%. Próximo al momento de la recolección en romero (*Rosmarinus officinalis*) aparecieron individuos aislados de *Chrysolina americana*, sin alcanzar la población suficiente para causar daños económicos, de modo que no fue necesario tratar, controlándose la población con las condiciones climáticas.



Ilustración 9. Pulgones en el segundo año de hinojo



Ilustración 10. *Chrysolina americana* en romero



En cuanto a enfermedades, se detectaron daños ocasionados por el patógeno *Phytophthora spp* produciendo el secado de las plantas de romero (*Rosmarinus officinalis*), siempreviva (*Helichrysum italicum picardii*), stevia (*Stevia rebaudiana*) y olivardilla (*Ditrichia viscosa*).



Ilustración 11. *Phytophthora* en olivardilla (superior izquierda), stevia (superior derecha), siempreviva (inferior izquierda) y romero (inferior derecha)



- Altura (cm)

Medición mediante medidor láser de la altura de 12 plantas elegidas al azar por repetición (cuatro repeticiones por parcela) el 10 de julio del 2020 en hinojo y olivardilla en los ensayos de densidad de plantación y abonado puesto que las tesis diseñadas en el ensayo de riego se comenzaron a llevar a cabo en este momento, y durante el segundo año de la plantación el 2 de julio del 2021 en romero, stevia y orégano y el 25 de agosto del 2021 en olivardilla, hinojo y siempreviva.

El crecimiento desorbitado e irregular del hinojo impidió la medición de la altura de las plantas de una forma fiable, aun así se muestran los resultados.

- Cobertura sobre la cama (%)

Este parámetro fue medido a través de la aplicación Canopeo durante el 2020: el 26 de junio en olivardilla y el 10 de julio en Stevia en los ensayos de densidad de plantación y abonado puesto que las tesis diseñadas en el ensayo de riego se comenzaron a llevar a cabo en este momento.

Canopeo es una herramienta de análisis de imágenes de umbral de color automático, desarrollada por la Universidad Estatal de Oklahoma (EEUU), que utiliza valores de color en el sistema rojo-verde-azul (RVA).

Canopeo analiza y clasifica todos los píxeles de la imagen, y este análisis se basa en la selección de píxeles según las proporciones de R/V y el índice de exceso de verde. El resultado del análisis es una imagen binaria en la que los píxeles blancos corresponden a los píxeles que cumplen los criterios de selección (dosel verde) y los píxeles negros corresponden a los píxeles que no cumplen los criterios de selección (dosel no verde).

Durante el 2021 este parámetro fue medido mediante medidor láser: el 2 de julio en romero, stevia, orégano y siempreviva.

El crecimiento desorbitado e irregular del hinojo impidió la medición de la cobertura de las plantas de una forma fiable. Igualmente, dificultó la medición en el caso de la olivardilla debido a su gran desarrollo, entrecruzándose las ramas entre líneas en todas las tesis estudiadas.



1.1.4. Recolección

La toma de muestras se realizó manualmente, cosechándose 10-15 plantas por repetición, tesis y especie. Durante el primer año del cultivo, con el objeto de estudiar el momento balsámico de las especies, se tomaron muestras en distintos momentos en una misma parcela (la D). En el 2021, una vez cogidas las muestras, se ha aprovechado para hacer cosechas en mayor superficie y, a continuación, extracciones y destilaciones industriales.

El 31 de mayo se cosecharon orégano, siempreviva y stevia y el 1 de octubre olivardilla y romero.



Ilustración 12. Cosecha manual de olivardilla



Ilustración 13. Cosecha manual de romero

1.1.5. Secado

Antes del procesado, el material vegetal se extendió sobre el suelo de plástico del invernadero para su secado durante al menos 72 horas.



Ilustración 14. Secado del romero en invernadero

1.1.6. Parámetros evaluados en cosecha

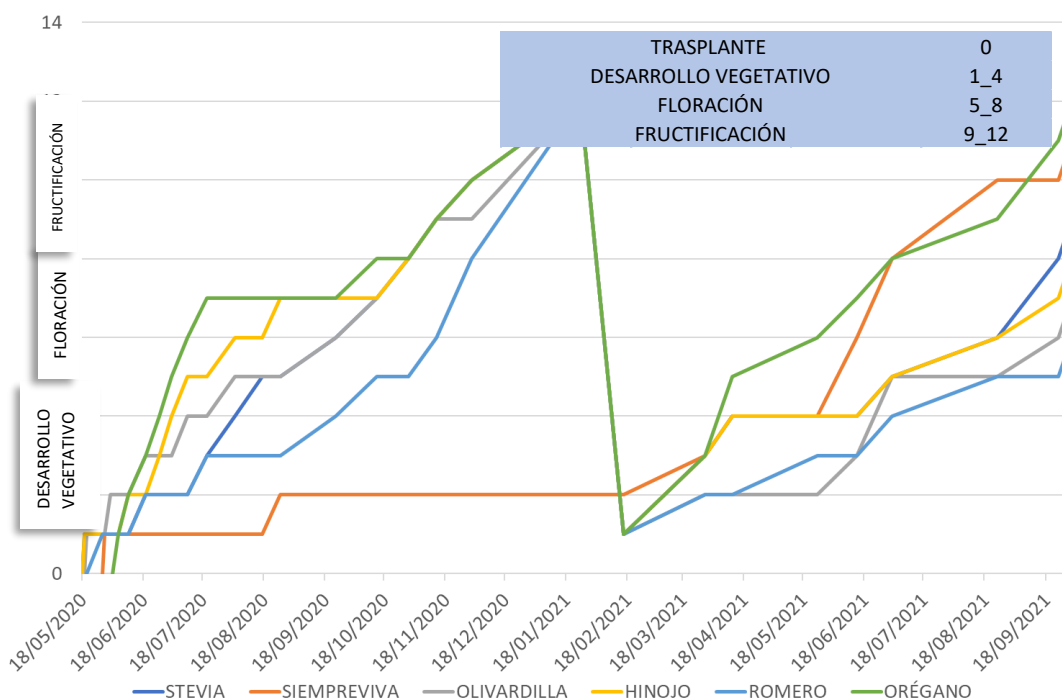
Una vez cosechadas las muestras, fueron pesadas determinándose el rendimiento agronómico por hectárea.

1.2. RESULTADOS

En el análisis de varianza se ha empleado el test de comparación múltiple según Tukey para un nivel de significación α igual al 0,05.

1.2.1. Resultados durante el cultivo

1.2.2. Fenología y estado de las plantas durante el cultivo



Sobre la fenología de las especies cabe señalar que durante el segundo año de cultivo todas las especies han alcanzado su máximo desarrollo en cualquiera de las tesis estudiadas. En stevia, romero y orégano se ha adelantado la floración respecto al primer año, en especial en el orégano, el cual se encontraba en plena floración durante el 2021 a finales de mayo-principio de junio mientras que en el 2020 llegó a plena floración con escasa vegetación a principios de agosto. En cambio, en olivardilla e hinojo la sucesión de estados fenológicos no ha variado de forma importante entre las dos campañas.

Siempreviva no llegó a desarrollarse al completo durante el primer año, comportándose en las condiciones edafoclimáticas de la zona con un crecimiento lento sin llegar a florecer. En cambio, durante el siguiente año ha alcanzado un buen tamaño superando cada una de las fases de su fenología.



El hinojo, al igual que durante el primer año de cultivo, se ha desarrollado de forma muy irregular, con largas ramas y pequeñas hojas. La floración se ha sucedido de forma escalonada, y por tanto, también la fructificación y secado de las semillas, pero además ha sido escasa, de modo que ha sido imposible la recolección de las semillas. Igualmente la escasez de hojas ha hecho inviable la recolección de esta especie. Por experiencia, CTAEX reconoce dos fenotipos de hinojo perfectamente diferenciados y que se hallan de manera silvestre en nuestra región, sin embargo, a la hora de comprar las semillas no son diferenciadas, comprándose ambas como *Foeniculum vulgare*.

A continuación se muestra el estado de las plantas durante su desarrollo desde su germinación hasta el máximo desarrollo alcanzado.



Ilustración 15. Estado de las plantas de stevia el 4 de febrero de 2020



Ilustración 16. Estado de las plantas de siempreviva el 4 de febrero de 2020



Ilustración 17. Estado de las plantas de olivardilla el 4 de febrero



Ilustración 18. Estado de las plantas de hinojo el 4 de febrero de 2020



Ilustración 19. Estado de las plantas de romero el 4 de febrero de 2020



Ilustración 20. Estado de las plantas de orégano el 4 de febrero de 2020

El cuatro de febrero de 2020 se encontraban en bandeja en invernadero en el caso de la stevia, siempreviva, olivardilla, hinojo y orégano, y en el umbráculo al aire libre el romero puesto que los esquejes se empezaron a hacer en diciembre. Destacar el lento desarrollo del orégano.

Las siguientes imágenes corresponden a días después del trasplante.



Ilustración 21. Estado de las plantas de stevia el 29 de mayo de 2020



Ilustración 22. Estado de las plantas de siempreviva el 29 de mayo de 2020



Ilustración 23. Estado de las plantas de olivardilla el 29 de mayo de 2020



Ilustración 24. Estado de las plantas de hinojo el 29 de mayo de 2020



Ilustración 25. Estado de las plantas de romero el 5 de junio de 2020



Ilustración 26. Estado de las plantas de orégano el 29 de mayo de 2020

El 10 de julio de 2020 se apreciaba el lento desarrollo del orégano, romero y especialmente, de siempreviva.



Ilustración 27. Estado de las plantas de stevia el 29 de mayo de 2020



Ilustración 28. Estado de las plantas de siempreviva el 10 de julio de 2020



Ilustración 29. Estado de las plantas de olivardilla el 10 de julio de 2020



Ilustración 30. Estado de las plantas de hinojo el 10 de julio de 2020



Ilustración 31. Estado de las plantas de romero el 10 de julio de 2020



Ilustración 32. Estado de las plantas de orégano el 10 de julio de 2020



Ilustración 33. Vista general del ensayo el 10 de julio de 2020



El 17 de agosto de 2020 stevia y olivardilla se encontraban fundamentalmente en estado de botón floral, hinojo y orégano en floración, y romero y siempreviva en desarrollo vegetativo.

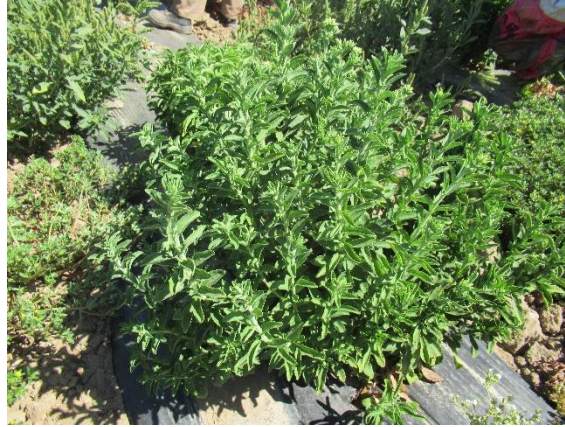


Ilustración 34. *Estado de las plantas de stevia el 17 de agosto de 2020*



Ilustración 35. Estado de las plantas de siempreviva el 17 de agosto de 2020



Ilustración 36. Estado de las plantas de olivardilla el 17 de agosto de 2020



Ilustración 37. Estado de las plantas de hinojo el 17 de agosto de 2020



Ilustración 38. Estado de las plantas de romero el 17 de agosto de 2020



Ilustración 39. Estado de las plantas de orégano el 17 de agosto de 2020



El 23 de septiembre de 2020 stevia y orégano se encontraban a final de la floración, hinojo y olivardilla en plena floración, y siempreviva y romero continuaban en desarrollo vegetativo.



Ilustración 40. Estado de las plantas de stevia el 23 de septiembre de 2020



Ilustración 41. Estado de las plantas de siempreviva el 23 de septiembre de 2020



Ilustración 42. Estado de las plantas de olivardilla el 23 de septiembre de 2020



Ilustración 43. Estado de las plantas de hinojo el 23 de septiembre de 2020



Ilustración 44. Estado de las plantas de romero el 23 de septiembre de 2020



Ilustración 45. Estado de las plantas de orégano el 10 de septiembre de 2020



Ilustración 46. Estado de las plantas de stevia el 30 de octubre de 2020



Ilustración 47. Estado de las plantas de siempreviva el 30 de octubre de 2020



Ilustración 48. Estado de las plantas de olivardilla el 30 de octubre de 2020



Ilustración 49. Estado de las plantas de hinojo el 30 de octubre de 2020



Ilustración 50. Estado de las plantas de romero el 30 de octubre de 2020



Ilustración 51. Estado de las plantas de orégano el 30 de octubre de 2020



En la primavera del 2021 se dio una explosión en el desarrollo de todas las especies como se observa en las siguientes imágenes.



Ilustración 52. Estado de las plantas de olivardilla el 25 de mayo del 2021



Ilustración 53. Estado de las plantas de siempreviva el 25 de mayo del 2021



Ilustración 54. Estado de las plantas de stevia el 25 de mayo del 2021



Ilustración 55. Estado de las plantas de orégano el 25 de mayo del 2021



Ilustración 56. Estado de las plantas de romero el 25 de mayo del 2021



Ilustración 57. Estado de las plantas de hinojo el 25 de mayo del 2021

El 25 de mayo destacaban principalmente las plantas de siempreviva que se encontraban con gran cantidad de botones florales y las de orégano que estaban en floración. El resto de las especies se encontraban en desarrollo vegetativo.



Ilustración 58. Estado de las plantas de olivardilla el 2 de julio del 2021



Ilustración 59. Estado de las plantas de siempreviva el 2 de julio del 2021

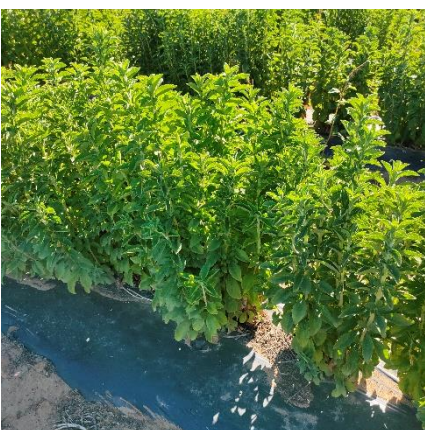


Ilustración 60. Estado de las plantas de stevia el 2 de julio del 2021



Ilustración 61. Estado de las plantas de orégano el 2 de julio del 2021



Ilustración 62. Estado de las plantas de romero el 2 de julio del 2021



Ilustración 63. Estado de las plantas de hinojo el 2 de julio del 2021

El 2 de julio de 2021 se aprecia un aumento significativo del desarrollo de las especies como el romero, olivardilla y stevia. Así mismo orégano y siempreviva se encontraban en floración y stevia en inicio de floración, realizándose la toma de muestras en cada una de las tesis establecidas para determinar tanto rendimiento agronómico como el de la especie tras la extracción o destilación de la materia prima.



Ilustración 64. Estado de las plantas de olivardilla el 24 de agosto del 2021



Ilustración 65. Estado de las plantas de siempreviva el 24 de agosto del 2021



Ilustración 66. Estado de las plantas de stevia el 24 de agosto del 2021



Ilustración 67. Estado de las plantas de orégano el 24 de agosto del 2021



Ilustración 68. Estado de las plantas de romero el 24 de agosto del 2021



Ilustración 69. Estado de las plantas de hinojo el 24 de agosto del 2021

El 25 de agosto de 2021 la olivardilla se encontraba cargada de botones florales, y romero e hinojo comenzando a florecer. Las especies ya cosechadas, stevia en floración y, orégano y especialmente siempreviva, en fructificación o secado de las semillas.



Ilustración 70. Estado de las plantas de olivardilla el 24 de septiembre del 2021



Ilustración 71. Estado de las plantas de romero el 24 de septiembre del 2021



Ilustración 72. Estado de las plantas de hinojo el 24 de septiembre del 2021

El 24 de septiembre de 2021 tanto el romero como la olivardilla se encontraban en floración, siendo cosechadas días después. En cambio, en el hinojo se encontraban unas umbrellas con botones florales, otras en floración, otras con las semillas secas, como se aprecia en la ilustración 69, y en el peor de los casos, las semillas se habían desprendido y caído al suelo, imposibilitando agrupar la recolección de las semillas.

1.2.3. Desarrollo de las plantas

STEVIA

En las tablas 6 y 7 se registran la cobertura alcanzada por las plantas de stevia durante el primer año de la plantación en el ensayo de abonado y de densidad de plantación medida el 10 de julio.

Tabla 6. Cobertura de las plantas de stevia el 10 de julio de 2020 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	COBERTURA %
PAM-4A	44,64 N-4,45 P-6 K	29,74 ± 1,09
PAM-4B	84,64 N-8,45 P-10 K	28,93 ± 2,28
Significación		ns

Tabla 7. Cobertura de las plantas de stevia el 10 de julio de 2020 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	COBERTURA %
PAM-4B	26.666	28,93 ± 2,28
PAM-4C	44.444	34,19 ± 1,84
Significación		**

En las tablas 8, 9 y 10 se registran la altura y la cobertura alcanzada por las plantas de stevia en los ensayos de abonado, de densidad de plantación y de riego medidas el segundo año.

Tabla 8. Altura y cobertura de las plantas de stevia el 2 de julio de 2021 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-1A	44,64 N-4,45 P-6 K	0,62 ± 0,03	0,53 ± 0,05
PAM-1B	84,64 N-8,45 P-10 K	0,63 ± 0,03	0,53 ± 0,01
Significación		ns	ns

Tabla 9. Altura y cobertura de las plantas de stevia el 2 de julio de 2021 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-1B	26.666	0,63 ± 0,03	0,53 ± 0,01
PAM-1C	44.444	0,64 ± 0,03	0,74 ± 0,07
Significación		ns	**

Tabla 10. Altura y cobertura de las plantas de stevia el 2 de julio de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-1F	100% ETC	0,62 ± 0,04	0,55 ± 0,02
PAM-1E	75% ETC	0,65 ± 0,02	0,52 ± 0,04
Significación		ns	ns

En stevia, al igual que durante el primer año, la densidad de plantación ha incrementado de forma significativa ($P < 0,01$) la cobertura de la cama al implantarla a 44.444 plantas/ha. Sin embargo, el aumento de las unidades fertilizantes en el plan de abonado y la reducción del riego no han supuesto diferencias importantes ($P > 0,05$).

SIEMPREVIVA

En las tablas 11, 12 y 13 se registra la altura alcanzada por las plantas de siempreviva en los ensayos de abonado, de densidad de plantación y de riego medidas el 2 de julio de 2021.

Tabla 11. Altura de las plantas de siempreviva el 2 de julio de 2021 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m
PAM-2A	44,64 N-4,45 P-6 K	0,37 ± 0,01
PAM-2B	84,64 N-8,45 P-10 K	0,37 ± 0,05
Significación		ns

Tabla 12. Altura de las plantas de siempreviva el 2 de julio de 2021 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA m
PAM-2B	26.666	0,37 ± 0,05
PAM-2C	33.333	0,40 ± 0,05
Significación		ns

Tabla 13. Altura de las plantas de siempreviva el 2 de julio de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA m
PAM-2F	100% ETC	0,39 ± 0,03
PAM-2E	75% ETC	0,43 ± 0,06
Significación		ns

El desarrollo de las plantas de siempreviva durante la segunda campaña no se ha visto influida significativamente ($P > 0,05$) por el plan de abonado, la densidad de plantación ni la dosis de riego.

OLIVARDILLA

En las tablas 14 y 15 se registra la cobertura y altura alcanzada por las plantas de olivardilla el primer año del cultivo en el ensayo de abonado y de densidad de plantación. La cobertura se midió el 26 de junio y la altura el 10 de Julio.

Tabla 14. Cobertura y altura de las plantas de olivardilla el 26 de junio de 2020 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	COBERTURA %	ALTURA cm
PAM-3A	44,64 N-4,45 P-6 K	44,92 ± 7,50 b	62,08 ± 2,01
PAM-3B	84,64 N-8,45 P-10 K	54,29 ± 1,31 a	58,36 ± 1,52
Significación		***	*

Tabla 15. Cobertura y altura de las plantas de olivardilla el 10 de julio de 2020 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	COBERTURA %	ALTURA cm
PAM-3B	26.666	54,29 ± 1,31 b	58,36 ± 1,52
PAM-3C	44.444	68,92 ± 2,59 a	63,08 ± 3,04
Significación		***	*

En las tablas 16 y 17 se registra únicamente la altura alcanzada por las plantas de olivardilla en el ensayo de abonado, de densidad de plantación y riego medidas el 25 de agosto de 2021 (segundo año de la plantación), puesto que la cobertura no tenía sentido medirla ya que las ramas se entrelazan cubriendo toda la superficie de las camas en todas las tesis.

Tabla 16. Altura de las plantas de olivardilla en el ensayo de abonado el 25 de agosto de 2021. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m
PAM-3A	44,64 N-4,45 P-6 K	1,75 ± 0,08
PAM-3B	84,64 N-8,45 P-10 K	1,70 ± 0,03
Significación		ns

Tabla 17. Altura de las plantas de olivardilla el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA m
PAM-3B	26.666	1,70 ± 0,03
PAM-3C	44.444	1,78 ± 0,07
Significación		ns

Tabla 18. Altura de las plantas de olivardilla el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA m
PAM-3F	100% ETC	1,74 ± 0,03
PAM-3E	75 % ETC	1,71 ± 0,05
Significación		ns

El desarrollo de las plantas de Olivardilla durante el segundo año de plantación no se vio influido significativamente por el plan de abonado, por la densidad de plantación ni por la reducción del riego.

HINOJO

En las tablas 19 y 20 se registra la altura alcanzada por las plantas de hinojo durante el primer año de la plantación en el ensayo de abonado y de densidad de plantación medida el 10 de julio.

Tabla 19. Altura de las plantas de hinojo el 10 de julio de 2020 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA cm
PAM-4A	44,64 N-4,45 P-6 K	47,11 \pm 0,73
PAM-4B	84,64 N-8,45 P-10 K	45,03 \pm 4,37
Significación		ns

Tabla 20. Altura de las plantas de hinojo el 10 de julio de 2020 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA cm
PAM-4B	26.666	45,03 \pm 4,37
PAM-4C	44.444	47,79 \pm 3,73
Significación		ns

En las tablas 21, 22 y 23 se registra la altura alcanzada por las plantas de hinojo en el ensayo de abonado, de densidad de plantación y riego medidas el 25 de agosto de 2021.

Tabla 21. Altura de las plantas de hinojo el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m
PAM-4A	44,64 N-4,45 P-6 K	1,52 \pm 0,43
PAM-4B	84,64 N-8,45 P-10 K	1,68 \pm 0,37
Significación		ns

Tabla 22. Altura de las plantas de hinojo el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de densidad de plantación.
 Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA cm
PAM-4B	26.666	1,68 ± 0,37
PAM-4C	44.444	1,71 ± 0,28
Significación		ns

Tabla 23. Altura de las plantas de hinojo el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA cm
PAM-4F	100% ETC	1,61 ± 0,44
PAM-4E	75% ETC	1,68 ± 0,31
Significación		ns

El desarrollo de las plantas de hinojo durante la segunda campaña tampoco se vio influido significativamente ($P > 0,05$) por el plan de abonado, la densidad de plantación ni la dosis de riego.

ROMERO

En las tablas 24, 25 y 26 se registran la altura y la cobertura alcanzada por las plantas de romero en los ensayos de abonado, de densidad de plantación y de riego medidas el 25 de agosto.

Tabla 24. Altura y cobertura de las plantas de romero el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-5A	44,64 N-4,45 P-6 K	0,87 ± 0,05	0,77 ± 0,06
PAM-5B	84,64 N-8,45 P-10 K	0,84 ± 0,01	0,80 ± 0,01
Significación		ns	ns

Tabla 25. Altura y cobertura de las plantas de romero el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-5B	12.666	0,84 ± 0,01	0,80 ± 0,01
PAM-5C	26.666	0,81 ± 0,01	0,77 ± 0,04
Significación		ns	**

Tabla 26. Altura y cobertura de las plantas de romero el 25 de agosto de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA m	COBERTURA m
PAM-5F	100% ETC	0,84 ± 0,04	0,76 ± 0,03
PAM-5E	75% ETC	0,82 ± 0,01	0,79 ± 0,02
Significación		ns	ns

El desarrollo de las plantas de romero durante la segunda campaña tampoco se vio influido significativamente ($P > 0,05$) por el plan de abonado, la densidad de plantación ni la dosis de riego.

ORÉGANO

En las tablas 27, 28 y 29 se registra la altura alcanzada por las plantas de orégano en los ensayos de abonado, de densidad de plantación y de riego medidas el 2 de julio.

Tabla 27. Altura de las plantas de orégano el 2 de julio de 2021 en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	ALTURA m
PAM-6A	44,64 N-4,45 P-6 K	0,56 ± 0,07
PAM-6B	84,64 N-8,45 P-10 K	0,52 ± 0,03
Significación		ns

Tabla 28. Altura de las plantas de orégano el 2 de julio de 2021 en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	ALTURA m
PAM-6B	22.222	0,54 ± 0,05
PAM-6C	33.333	0,58 ± 0,04
Significación		ns

Tabla 29. Altura de las plantas de orégano el 2 de julio de 2021 en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

TESIS	RIEGO	ALTURA m
PAM-6F	100% ETC	0,51 ± 0,06
PAM-6E	75% ETC	0,56 ± 0,04
Significación		ns

El desarrollo de las plantas de orégano durante la segunda campaña tampoco se vio influido significativamente ($P > 0,05$) por el plan de abonado, la densidad de plantación ni la dosis de riego.

1.2.4. Rendimiento agronómico

Cerca del momento balsámico de las especies, se empezaron a coger muestras para determinar el momento óptimo de recolección, en el cual el rendimiento industrial de las especies era máximo. Puesto que la parcela denominada D tenía las mismas condiciones que la B y la F, se decidió emplearla para coger las muestras en el estudio del momento balsámico

En el caso de stevia, los rendimientos agronómicos no variaron apenas en veinte días, decidiéndose llevar a cabo la cosecha de las parcelas el 28 de agosto de 2020, más próximo a la floración.

Tabla 30. Rendimiento agronómico según el momento de recolección en Stevia en el 2020

Momento de recolección	Rendimiento agronómico kg/ha
07/08/2020	9920
28/08/2020	9695

Los resultados obtenidos del rendimiento agronómico fueron los siguientes:

Tabla 31. Rendimiento agronómico según el momento de recolección en olivardilla en el 2020

Momento de recolección	Rendimiento agronómico kg/ha
13/07/2020	16800
22/07/2020	22399
07/08/2020	34239
17/08/2020	35588
02/09/2020	38506
23/09/2020	34698

Debido al desconocimiento de la olivardilla durante el primer año de la plantación en la zona se decidió coger mayor número de muestras para obtener el mayor número de datos. El criterio seguido inicialmente fue cuando las hojas empezaron a estar pringosas y el olor de las mismas se apreciaba sin necesidad de acercarse a ellas. A principios de septiembre la especie resultó ser más productiva, por ello se decidió recolectar las parcelas de los ensayos el 2 de septiembre de 2020.

En el orégano durante el primer año de la plantación, debido al escaso desarrollo de las plantas, se decidió coger muestras en las parcelas con las dos densidades de plantación. En ambas, los rendimientos fueron mayores a finales de agosto, decidiendo recolectar en este momento todas las parcelas (26 de agosto de 2020).

Tabla 32. Rendimiento agronómico según el momento de recolección y la densidad de plantación en orégano en el 2020

Momento de recolección	Rendimiento agronómico kg/ha	
	22.222 plantas/ha	33.333 plantas/ha
07/08/2020	344 ± 128	650 ± 100
26/08/2020	651 ± 261	1286 ± 286

En el momento balsámico de las especies, se tomaron muestras en cuatro repeticiones de diez plantas por parcela, mostrando a continuación los **resultados agronómicos** en cada una de las tesis diseñadas en las siguientes tablas.

Tabla 33. Rendimiento agronómico de stevia, olivardilla y orégano en el ensayo de abonado en el 2020. Significación: * P<0,05; ** P<0,01 y *** P<0,001

UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	RENDIMIENTO AGRONÓMICO		
	STEVIA	OLIVARDILLA	ORÉGANO
44,64 N-4,45 P-6 K	9162 ± 571	37466 ± 2178	635 ± 187
84,64 N-8,45 P-10 K	9695 ± 1254	38506 ± 3946	651 ± 261
Significación	ns	ns	ns

Tabla 34. Rendimiento agronómico de stevia, olivardilla y orégano en el ensayo de densidad de plantación en el 2020. Significación: * P<0,05; ** P<0,01 y *** P<0,001

DENSIDAD DE PLANTACIÓN plantas/ha	RENDIMIENTO AGRONÓMICO		
	STEVIA	OLIVARDILLA	ORÉGANO
26.666 STEVIA Y OLIVARDILLA 22.222 ORÉGANO	9695 ± 1254	38506 ± 3946 b	651 ± 261 b
33.333 STEVIA Y ORÉGANO 44.444 OLIVARDILLA	11548 ± 2683	49333 ± 2440 a	1286 ± 286 a
Significación	ns	**	***

Tabla 35. Rendimiento agronómico de stevia, olivardilla y orégano en el ensayo de riego en el 2020. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

RIEGO % de ETC	RENDIMIENTO AGRONÓMICO		
	STEVIA	OLIVARDILLA	ORÉGANO
100 %	8609 ± 2951	43066 ± 5154	587 ± 210
75 %	6838 ± 1019	36719 ± 2535	349 ± 132
Significación	ns	ns	ns

El primer año de la plantación únicamente influyó la densidad de plantación en las especies de olivardilla y orégano, incrementándose el rendimiento agronómico de forma significativa al aumentarla densidad a 33.333 plantas por hectárea en orégano y a 44.444 plantas por hectárea en la olivardilla.

Seguidamente, se muestran los rendimientos agronómicos del segundo año alcanzados en cada una de las tesis diseñadas.

Tabla 36. Rendimiento agronómico de Stevia, Olivardilla, Orégano, Romero y Siempreviva en el ensayo de abonado. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

UNIDADES FERTILIZANTES N-P-K	RENDIMIENTO AGRONÓMICO				
	STEVIA	SIEMPREVIVA	OLIVARDILLA	ROMERO	ORÉGANO
44,64 N-4,45 P-6 K	6.320 ± 1.481	4.560 ± 1.210	21.844 ± 7.760	22.777 ± 3.454 a	278 ± 56
84,64 N-8,45 P-10 K	6.213 ± 1.681	3.773 ± 1.022	28.533 ± 11.632	12.500 ± 2.103 b	344 ± 128
Significación	ns	ns	ns	**	ns

La única especie que se ha visto influida por las dosis de abonado ha sido el romero, incrementando significativamente su producción al reducir las cantidades de abonado.

Tabla 37. Rendimiento agronómico de Stevia, Olivardilla, Orégano, Romero y Siempreviva en el ensayo de densidad de plantación. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

DENSIDAD DE PLANTACIÓN	RENDIMIENTO AGRONÓMICO				
	STEVIA	SIEMPREVIVA	OLIVARDILLA	ROMERO	ORÉGANO
Baja densidad	6.213 ± 1.681	3.773 ± 1022	28.533 ± 11.632	12.500 ± 2103 b	344 ± 128 b
Alta densidad	6.017 ± 934	5.017 ± 1699	39.000 ± 15.790	16.000 ± 2514 a	650 ± 100 a
Significación	ns	ns	ns	**	**

Tanto el romero como el orégano han incrementado significativamente ($P < 0,01$) su rendimiento agronómico al aumentar la densidad de plantación. Sin embargo, aunque no se han detectado diferencias desde el punto de vista estadístico en la olivardilla debido a la gran variabilidad en el crecimiento de las plantas, ha aumentado más de 10 toneladas su rendimiento al subir la densidad, lo que supondría un beneficio económico bastante importante a tener en cuenta.

Tabla 38. Rendimiento agronómico de Stevia, Olivardilla, Orégano, Romero y Siempreviva en el ensayo de riego. Significación: * $P < 0,05$; ** $P < 0,01$ y *** $P < 0,001$

RIEGO % de ETC	RENDIMIENTO AGRONÓMICO				
	STEVIA	SIEMPREVIVA	OLIVARDILLA	ROMERO	ORÉGANO
100 %	6.354 ± 1.215	4.452 ± 1.413	27.687 ± 10.279	12.703 ± 1.350 b	590 ± 126
75 %	5.874 ± 1.123	3.985 ± 1.684	25.417 ± 12.578	16.496 ± 2.200 a	487 ± 112
Significación	ns	ns	ns	**	ns

Finalmente, la reducción de un 25 % de las necesidades teóricas de riego únicamente ha influido en el romero, incrementando eso sí significativamente ($P < 0,01$) los rendimientos agronómicos.



2. OBTENCIÓN EN LABORATORIO Y A ESCALA PILOTO DE ACEITES ESENCIALES Y EXTRACTOS VEGETALES DE PLANTAS AROMÁTICAS Y MEDICINALES

Las acciones realizadas por CTAEX para la **obtención de aceites esenciales y extractos de plantas aromáticas y medicinales**, se han llevado a cabo tras la cosecha que han realizado los técnicos del área de agricultura del Centro durante los años 2020 y 2021.

- Stevia: *Stevia rebaudiana* – campañas 2020 y 2021
- Siempreviva: *Helichrysum italicum picardii* – campaña 2021
- Olivardilla: *Ditrichia viscosa* – campañas 2020 y 2021
- Romero: *Rosmarinus officinalis* – campaña 2021
- Orégano: *Origanum virens* – campañas 2020 y 2021

2.1. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1.1. Obtención de aceites y extractos

a. Secado y preparación de las muestras

Las plantas medicinales, al ser arrancadas de su medio natural, ven alterado su equilibrio metabólico y proliferan reacciones y fenómenos que deterioran la parte de la planta recolectada que contiene el principio activo.

El principal responsable de la alteración de la planta, una vez recolectada, es la elevada presencia de agua. Al descender el agua, las enzimas detienen su actividad, quedan inhibidas y la parte de la planta medicinal recolectada se conserva.

Los procedimientos utilizados para eliminar el agua son:

1. Secado Natural: procedimiento más lento, más económico y menos efectivo.
2. Secado Artificial: es adecuado porque permite controlar la temperatura, la humedad ambiental y el tiempo que dura el proceso.
3. Liofilización: es un método eficiente para reducir el agua de la planta. Es un método caro.

Para la conservación y estudio de las PAM es necesario poder conservarlas en condiciones óptimas, es decir que una vez secas tengan el mismo aspecto que cuando están frescas sin que se hayan producido transformaciones de color que impliquen el “quemado” de la planta.

El secado en realidad es un proceso de deshidratación, es decir, dejar que las flores, hojas o raíces pierdan la humedad. Así se evita que se descompongan y conserven los principios activos en las plantas.

El secado de las plantas se ha llevado a cabo mediante la utilización de estufas de aire forzado, para la estabilización del material vegetal fresco a una temperatura de 40-50 °C.

Durante el desarrollo del proyecto, el material vegetal recolectado se desecó hasta alcanzar un estado de humedad de 5-15%, para el ralentizar el proceso de degradación de los distintos principios activos. Si el tiempo de secado es excesivo se corre el riesgo de que la planta se reduzca a polvo, perdiendo las sustancias activas; por el contrario, un tiempo escaso, puede provocar que la humedad que aún contienen las haga enmohecer, pudrirse y favorecer reacciones de hidrólisis dentro de la planta.



Figura 1- Secado del material vegetal recolectado

El producto ya seco, perfectamente rotulado con el código correspondiente a la especie vegetal en el ensayo, se mantiene al abrigo de la luz y en lugar seco hasta la extracción del principio activo correspondiente.

b. Extracción y destilación

Después de recolectar y secar las plantas medicinales, hay que aislar el principio activo de la parte de la planta que tiene efectos fitoterápicos y terapéuticos.

Hay varios métodos extractivos para obtener los principios activos de las plantas aromáticas y medicinales.

Los principios activos existentes en las plantas cultivadas en este proyecto poseen naturaleza química muy diferente: flavonoides, derivados terpenoides, glicósidos del esteviol, etc., por lo que para su extracción y cuantificación han tenido que aplicarse técnicas de muy diferente naturaleza.

c. Extracción por arrastre de vapor

Para las especies odoríferas como son: Olivardilla, Siempreviva, Orégano y Romero, la obtención del aceite esencial se realizó mediante la técnica de destilación por arrastre de vapor de la parte del vegetal dónde se encuentra contenida la esencia (hojas, sumidades floridas, etc.), mediante la formación de la micela aceite/vapor, que se separa posteriormente tras la refrigeración.

Estas destilaciones se efectuaron a nivel de laboratorio. El proceso de extracción se desarrolló durante 2-3 horas, realizándose la separación en una escala graduada, dónde puede cuantificarse en volumen la cantidad de aceite esencial obtenido.

Se ha utilizado un destilador de acero inoxidable, de 12 litros de capacidad para la extracción de aceites esenciales.



Figura 2. Destilador por arrastre de vapor (12 l) y detalle de bureta con aceite esencial e hidrolato

El aceite esencial depositado sobre la bureta graduada del destilador se recoge sobre un recipiente que contiene una pequeña cantidad de sulfato de sodio anhidro para eliminar los residuos de agua y se calcula el rendimiento de la destilación. El aceite, ya deshidratado y limpio, se trasvasa a un vial ámbar que se guarda al abrigo de la luz y en lugar fresco hasta su posterior análisis cromatográfico.

d. Extracción sólido-líquido

Cuando el principio de interés de la especie vegetal no es el aceite esencial se realiza una extracción con el disolvente de polaridad más adecuada (desde hexano, el más apolar, hasta etanol, acetona, mezclas hidro-alcohólicas y agua). En el caso de la Olivardilla y la Stevia, la obtención de extracto vegetal ha sido realizada con etanol y agua respectivamente.

A nivel laboratorio, este proceso se llevó a cabo en un extractor sólido-líquido Depurex NM LAB/M-S que combina fases dinámicas y estáticas, diseñado para la extracción de matrices sólidas de plantas *officinalis*, y que permite un trabajo combinado a baja presión y temperatura.



Figura 3. Extractor sólido-líquido Depurex

Este extractor trabaja a presiones moderadas (<10 bar) y a temperatura ambiente; y combina el movimiento del líquido extractivo bajo presión y la idea de la máxima concentración del solvente, lo que proporciona un contacto más íntimo entre las moléculas presentes en el líquido y la matriz vegetal. Durante el estadio dinámico, o de depresión, la concentración de la solución agua-solvente es mayor en el interior de la célula, lo que ocasiona que esta solución enriquecida con las sustancias diluidas en la célula salga de ella. En el estático, o de compresión, la solución agua-solvente es más concentrada en el exterior de la célula por lo que penetra en la célula.

El extracto obtenido se concentra con evaporador rotatorio, eliminando el exceso de solvente y se calcula el rendimiento en base al peso inicial de materia vegetal.

2.1.2. Cuantificación de los principios activos

a. *Composición de los aceites esenciales*

La técnica más comúnmente utilizada para el análisis de los componentes de los aceites esenciales es la cromatografía gaseosa capilar con detector de masas (GC/MS).

En ella una pequeña muestra del aceite es calentada hasta su vaporización y a su paso por la columna se separan los constituyentes moleculares individuales, que en el espectrómetro de masas son ionizados y detectados. Cada constituyente produce un pico en el cromatograma, y su espectro de masas es comparado con una librería de espectros para identificar la sustancia, creando una “huella dactilar” de la esencia.

Las muestras se analizaron con un cromatógrafo Agilent modelo 7820 A acoplado a un detector de masas modelo 5977 E, dotado de programador de temperatura y muestreador automático.

Se utilizó una columna capilar de DB WAXETR (60 m × 0,25 mm i.d; 0,25 mm de espesor de película). Se usó helio como gas portador (1 mL/min). El programa de temperatura utilizado y condiciones fueron: programa de temperatura del horno 70°C (durante 5 minutos) rampa a 1°C/min hasta 95°C (durante 10 minutos) y posteriormente rampa a 2°C/min hasta 200 °C (durante 40 minutos); temperatura inyector y detector a 250 y 280°C, respectivamente.

El detector de impacto electrónico (EI) a 70 eV se utilizó el modo scan (1 scan/s) en el rango de 20 a 450 m/z. La temperatura de la fuente fue de 178 °C. Se inyectó 1 µL de muestra en modo splitless.

Los compuestos se han identificado tentativamente por comparación de espectros respecto a la base de datos de la espectroteca Wiley A.

b. *Principios activos de extractos sólido-líquido*

La distinta naturaleza química de los principios activos contenidos en el elenco de especies incluidas en el proyecto hace que sean necesarias diversas técnicas analíticas para su cuantificación como son la espectrofotometría UV-VIS y la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC).

En el caso del extracto de Stevia se ha utilizado un equipo de cromatografía líquida de alta resolución, HPLC- Agilent 1200, provisto de una columna (Agilent) modelo Zorbax XDB-C18 de 5 µm y dimensiones 4.6 *150 mm. La elución se ha llevado a cabo sócráticamente mediante fase móvil de agua acidificada con 0,1 % de ácido trifluoroacético y acetonitrilo en relación 68/32 v/v, y a

temperatura constante de 40 ° C. El flujo empleado fue de 1,0 ml/min. La detección se ha realizado mediante un detector DAD (longitud de onda variable) modelo G1315D a una longitud de onda de 200 nm. En estas condiciones cromatográficas se obtuvo una separación suficiente para poder cuantificar los distintos glucósidos como se refleja a continuación:

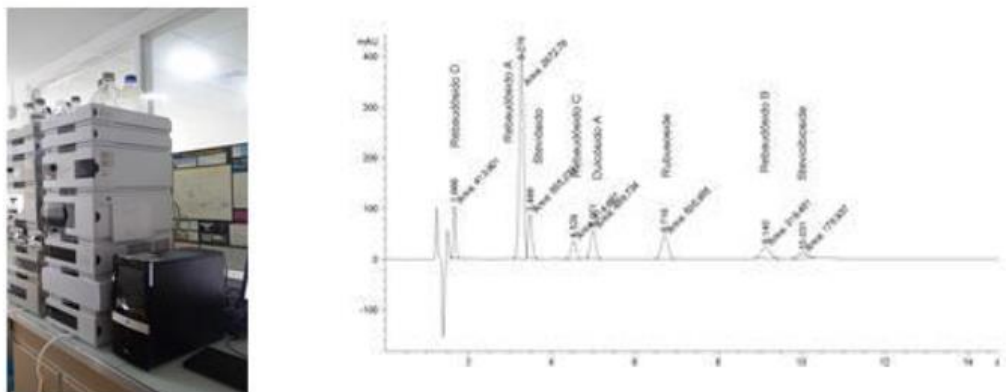


Figura 4. Cromatógrafo de líquidos y cromatograma patrón de glucósidos de Stevia.

En el caso del extracto de Olivardilla se ha empleado el espectrofotómetro UV-VIS (CARY-50)



Figura 5. Análisis de extractos vegetales mediante espectrofotometría UV-VIS

El objeto de esta determinación es la determinación de los compuestos fenólicos del extracto vegetal de la planta en estudio. Estos compuestos se oxidan por el reactivo Folin-Ciocalteu el cual está formado por una mezcla de ácido fosfotúngstico y ácido fosfomolibdico que se reduce por la acción de los fenoles, en una mezcla de óxidos azules de tungsteno y molibdeno. La coloración azul produce una absorbancia máxima de 750 nm.

2.2. RESULTADOS EN LABORATORIO

Durante el periodo del proyecto se han secado, extraído aceites esenciales y/o extractos vegetales dependiendo de cada planta en estudio, y analizado por separado las muestras de los ensayos de campo. Se ha llevado a cabo un control exhaustivo de trazabilidad y tenido en cuenta las distintas variables que se están aplicando en las prácticas culturales.

2.2.1. Aceites esenciales

En la campaña de 2020 se obtuvieron aceites esenciales de olivardilla y orégano, si bien no hubo cantidad de materia vegetal suficiente de todas las especies para determinar los datos diferenciándolos según las características de los ensayos.

En la campaña de 2021 se realizaron los análisis de las especies teniendo en cuenta las distintas variables que se están aplicando en las prácticas culturales de los ensayos de campo. Las especies cosechadas en 2021 de las que se obtuvieron aceites esenciales fueron: siempreviva, olivardilla, romero y orégano.

SIEMPREVIVA

Tabla 1. Rendimientos del aceite esencial de Siempreviva (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% Rendimiento
Muestra A	<i>Helichrysum italicum</i> L.	Sumidad florida	0.39
Muestra B			0.31
Muestra C			0.31
Muestra D			0.28
Muestra E			0.32
Muestra F			0.27



Tabla 2. Componentes principales del aceite esencial de Siempreviva (2021)

Identificación de compuesto	%	%	%	%	%	%
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D	Muestra E	Muestra F
Vitispirane	1.63	1.69	1.62	1.67	1.74	1.64
Beta-caryophyllene	19.76	20.48	19.73	20.22	21.11	19.97
Alpha-muurolene	6.39	6.62	6.38	6.54	6.82	6.46
Alfa-Cubene	1.16	1.20	1.16	1.19	1.24	1.17
Trans-beta-farnesene	4.82	4.99	4.81	4.93	5.15	4.87
Alpha-humulene	1.25	1.30	1.25	1.28	1.34	1.27
Delta-Selinene	1.05	1.09	1.05	1.07	1.12	1.06
Beta-bisabolene	7.03	7.29	7.02	7.19	7.51	7.10
Delta-cadinene	1.01	1.05	1.01	1.03	1.08	1.02
Cis-alpha-bisabolene	1.10	1.14	1.10	1.13	1.18	1.12
AR-Curcumene	0.94	0.97	0.94	0.96	1.00	0.95
Myristaldehyde	2.89	3.00	2.89	2.96	3.09	2.92
Isoestragole	1.09	1.13	1.09	1.12	1.17	1.10
(E)-Geranylacetone	1.38	1.43	1.38	1.42	1.48	1.40
Myristaldehyde	5.69	5.89	5.68	5.82	6.08	5.75
Alpha-calacorene	1.69	1.75	1.69	1.73	1.80	1.71
Caryophyllene oxide	1.70	1.77	1.70	1.74	1.82	1.72
Palmitaldehyde	2.73	2.83	2.73	2.80	2.92	2.76
Nerolidol	2.31	2.39	2.31	2.36	2.47	2.33
Hexahydrofarnesyl acetone	5.44	5.64	5.44	5.57	5.82	5.50
Bisabolol oxide B	2.56	2.66	2.56	2.62	2.74	2.59
Germacrene B	4.84	5.01	4.83	4.95	5.17	4.89
Thymol	7.31	7.58	7.30	7.49	7.81	7.39
Nerolidol	1.93	2.00	1.93	1.98	2.06	1.95
Carvacrol	8.94	9.27	8.93	9.15	9.55	9.03
Kaurene	3.34	3.46	3.34	3.42	3.57	3.38



OLIVARDILLA

Tabla 3. Rendimientos del aceite esencial de Olivardilla (2020)

Nombre	Nombre científico	Parte útil	Rendimiento % aceite esencial
OLIVARDILLA	Ditrichia viscosa L.	Sumidad florida	0,1

Tabla 4. Componentes principales del aceite esencial de Olivardilla (2020)

Componentes aceite esencial OLIVARDILLA	%
CAMPHENE	2,08
α-PINENO	0,33
CINEOLE	0,15
M-CYMENE	0,39
CAMPHOR	2,03
ISOBORNYL ACETATE	67,80
CAMPHENE HYDRATE	0,27
AROMANDRENE	2,62
BORNEOL	19,08
NAPHTALENE	1,53
VERBANOL ACETATE	0,10
OXIDE CARYOPHYLLENE	1,08
CARYOPHYLLENE	0,48
ACETAL	0,22
γ-CADINENE	0,33
ACID SALICYC	0,10
ALLOAROMADRENE OXIDE	0,41
ISOAROMANDRENE EPOXIDE	0,24

Tabla 5. Rendimientos del aceite esencial de Olivardilla (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% Rendimiento
Muestra A	<i>Ditrichia viscosa l.</i>	Sumidad florida	0.13
Muestra B			0.15
Muestra C			0.16
Muestra D			0.11
Muestra E			0.14
Muestra F			0.15



Tabla 6. Componentes principales del aceite esencial de Olivardilla (2021)

Identificación de compuesto	%	%	%	%	%	%
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D	Muestra E	Muestra F
CAMPHENE	2.18	2.26	2.18	2.23	2.33	2.20
α -PINENO	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.23
CINEOLE	0.35	0.37	0.35	0.36	0.38	0.36
M-CYMENE	0.19	0.20	0.19	0.19	0.20	0.19
CAMPHOR	1.03	1.07	1.03	1.06	1.11	1.05
ISOBORNYL ACETATE	68.80	71.31	68.70	70.41	73.50	69.53
CAMPHENE HYDRATE	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.17
AROMANDRENE	2.72	2.82	2.72	2.78	2.91	2.75
BORNEOL	20.08	20.81	20.05	20.55	21.45	20.29
NAPHTALENE	0.83	0.86	0.83	0.85	0.88	0.84
VERBANOL ACETATE	0.55	0.57	0.55	0.57	0.59	0.56
OXIDE CARYOPHYLLENE	1.38	1.43	1.38	1.41	1.48	1.40
CARYOPHYLLENE	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18
ACETAL	0.12	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12
γ -CADINENE	0.43	0.44	0.43	0.44	0.46	0.43
ACID SALICYC	0.10	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
ALLOAROMADRENE OXIDE	0.51	0.53	0.51	0.52	0.55	0.52
ISOAROMADRENE EPOXIDE	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.15

ROMERO

Tabla 7. Rendimientos del aceite esencial de Romero (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% Rendimiento
Muestra A	<i>Rosmarinus officinalis L.</i>	Sumidad florida	1.3
Muestra B			1.27
Muestra C			1.31
Muestra D			1.21
Muestra E			1.42
Muestra F			1.35



Tabla 8. Componentes principales del aceite esencial de Romero (2021)

Identificación de compuesto	%	%	%	%	%	%
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D	Muestra E	Muestra F
Tricyclene	0.26	0.27	0.26	0.27	0.28	0.26
Alpha-pinene	8.35	8.66	8.34	8.55	8.92	8.44
Alpha-Fenchene	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Camphene	7.21	7.47	7.20	7.38	7.70	7.29
Beta-pinene	0.67	0.70	0.67	0.69	0.72	0.68
Verbenene	0.40	0.41	0.40	0.41	0.43	0.40
Delta-3-Carene	0.80	0.83	0.80	0.82	0.85	0.81
Myrcene	6.59	6.83	6.58	6.74	7.04	6.66
1-Phellandrene	0.31	0.33	0.31	0.32	0.34	0.32
Alpha-terpipene	0.51	0.53	0.51	0.52	0.55	0.52
Limonene	3.97	4.12	3.96	4.06	4.24	4.01
1,8-Cineole	12.64	13.10	12.62	12.94	13.50	12.77
Gamma-Terpinene	0.54	0.56	0.54	0.55	0.58	0.55
p-Cymene	1.30	1.35	1.30	1.33	1.39	1.32
Terpinolene	0.83	0.86	0.83	0.85	0.89	0.84
1-Octen-3-ol	0.13	0.14	0.13	0.14	0.14	0.14
Alpha-Copaene	0.26	0.27	0.26	0.27	0.28	0.26
Camphor	27.59	28.59	27.55	28.23	29.47	27.88
Linalool	2.12	2.19	2.11	2.17	2.26	2.14
Isocamphopinone	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28
Pinocarvone	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.28
Bornyl acetate	3.42	3.54	3.41	3.50	3.65	3.45
trans-Caryophyllene	2.98	3.09	2.97	3.05	3.18	3.01
Terpinene-4-ol	0.76	0.79	0.76	0.78	0.81	0.77
Alpha humulene	0.93	0.96	0.92	0.95	0.99	0.94
Alpha-amorphene	0.37	0.38	0.37	0.38	0.39	0.37
Alpha-terpineol	2.33	2.41	2.33	2.38	2.49	2.35
Endo-Borneol	8.14	8.43	8.13	8.33	8.69	8.22
Verbenone	1.81	1.88	1.81	1.85	1.94	1.83
Beta-bisabolene	0.23	0.24	0.23	0.23	0.24	0.23
Delta-cadinene	0.54	0.56	0.54	0.56	0.58	0.55
Alpha-amorphene	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.22
Myrtenol	0.28	0.29	0.28	0.29	0.30	0.28
NEROLIDOL	2.02	2.09	2.01	2.06	2.15	2.04
Eugenol	0.22	0.22	0.21	0.22	0.23	0.22
Thymol	0.26	0.27	0.26	0.27	0.28	0.27
Carvacrol	0.38	0.40	0.38	0.39	0.41	0.39

ORÉGANO

Tabla 9. Rendimientos del aceite esencial de Orégano (2020)

Nombre	Nombre científico	Parte útil	Rendimiento % aceite esencial
OREGANO	Origanum virens L.	Sumidad florida	1,23

Tabla 10. Componentes principales del aceite esencial de Orégano (2020)

Componente aceite esencial	%	Componente aceite esencial OREGANO	%
Alpha-Thujene	2,43	Linalool	2,77
CAMPHENE	0,28	Beta-caryophyllene	5,30
Beta-pinene	0,37	Terpinen-4-ol	1,71
Sabinene	1,07	Caarvacrol methyl ether	0,17
3-carene	0,30	Alpha-humulene	1,55
Myrcene	3,30	Alpha-amorphene	1,26
Alpha-phellandrene	0,30	Alpha-terpineol	15,22
Alpha-terpipene	4,25	Borneol	0,29
Limonene	0,46	Germacrene-D	2,31
Sabinene	0,76	Beta-bisabolene	0,50
Cis-Ocimene	2,56	bicyclogermacrene	0,54
Gamma-terpinene	23,91	E,E-alpha-farnenese	0,86
3-octanone	0,10	Delta-cadinene	0,24
o-Cymene	4,07	Alpha-amorphene	0,24
Terpinolene	0,44	Caryophyllene oxide	0,04
Allo-Ocimene	0,32	(+) Spathulenol	0,32
1-octen-3-ol	0,97	Thymol	9,95
cis-sabinene hydrate	0,19	Carvacrol	9,98
Gamma-elemene	0,41	Beta-patchoulene	0,26

Tabla 11. Rendimientos del aceite esencial de Orégano (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% Rendimiento
Muestra A	<i>Origanum vulgare ssp virens</i>	Sumidad florida	0.31
Muestra B			0.34
Muestra C			0.36
Muestra D			0.33
Muestra E			0.37
Muestra F			0.39



Tabla 12. Componentes principales del aceite esencial de Orégano (2021)

Identificación de compuesto	%	%	%	%	%	%
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D	Muestra E	Muestra F
Alpha-Thujene	2.53	2.62	2.52	2.59	2.70	2.55
CAMPHENE	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.18
Beta-pinene	0.27	0.28	0.27	0.28	0.29	0.27
Sabinene	1.17	1.22	1.17	1.20	1.25	1.19
3-carene	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.10
Myrcene	3.50	3.63	3.49	3.58	3.74	3.54
Alpha-phellandrene	0.40	0.42	0.40	0.41	0.43	0.41
Alpha-terpinene	4.15	4.30	4.14	4.24	4.43	4.19
Limonene	0.86	0.89	0.86	0.88	0.92	0.87
Sabinene	0.36	0.37	0.36	0.37	0.38	0.36
Cis-Ocimene	4.56	4.73	4.55	4.67	4.87	4.61
Gamma-terpinene	21.91	22.71	21.88	22.42	23.40	22.14
3-octanone	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10
o-Cymene	4.27	4.43	4.27	4.37	4.57	4.32
Terpinolene	0.24	0.25	0.24	0.25	0.26	0.25
Allo-Ocimene	0.42	0.44	0.42	0.43	0.45	0.43
1-octen-3-ol	0.87	0.90	0.87	0.89	0.93	0.88
cis-sabinene hydrate	0.49	0.50	0.48	0.50	0.52	0.49
Gamma-elemene	0.11	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11
Linalool	4.77	4.94	4.76	4.88	5.09	4.82
Beta-caryophyllene	4.30	4.46	4.29	4.40	4.59	4.34
Terpinen-4-ol	0.71	0.74	0.71	0.73	0.76	0.72
Caarvacrol methyl ether	1.17	1.21	1.16	1.19	1.25	1.18
Alpha-humulene	0.55	0.57	0.55	0.56	0.59	0.55
Alpha-amorphene	0.26	0.27	0.26	0.27	0.28	0.27
Alpha-terpineol	16.22	16.81	16.20	16.60	17.33	16.39
Borneol	0.29	0.30	0.29	0.29	0.31	0.29
Germacrene-D	2.01	2.09	2.01	2.06	2.15	2.03
Beta-bisabolene	0.80	0.83	0.80	0.82	0.86	0.81
bicyclogermacrene	0.94	0.97	0.94	0.96	1.00	0.95
E,E-alpha-farnenese	0.46	0.47	0.46	0.47	0.49	0.46
Delta-cadinene	0.34	0.35	0.34	0.35	0.36	0.34
Alpha-amorphene	0.14	0.15	0.14	0.14	0.15	0.14
Caryophyllene oxide	0.14	0.15	0.14	0.15	0.15	0.14
(+) Spathulenol	0.22	0.23	0.22	0.23	0.24	0.23
Thymol	10.95	11.35	10.94	11.21	11.70	11.07
Carvacrol	8.98	9.31	8.97	9.19	9.59	9.08
Beta-patchoulene	0.26	0.27	0.26	0.27	0.28	0.26

2.2.2. Extractos vegetales

Las plantas más adecuadas para la obtención del extracto vegetal de las cosechadas han sido la Stevia y la Olivardilla.

STEVIA

Para la Stevia, las hojas trituradas se introducen en el equipo y se realiza la extracción. La proporción en la que hay que poner la stevia triturada es de stevia:agua (1:10). Esta es la proporción que fue determinada en laboratorio en estudios previos a este proyecto.

Después, se trasvasa el extracto obtenido al concentrador rotativo para la para ser retirado el exceso de disolvente y calculado el rendimiento.

En el año 2020 se han obtenido los siguientes resultados de Stevia:

Tabla 13. Rendimientos del extracto vegetal de Stevia (2020)

Nombre	Nombre científico	Parte útil	Rendimiento Extracción %
Stevia	<i>Stevia rebaudiana</i>	Hojas	7,4

Tabla 14. Principios activos edulcorantes de la Stevia (2020)

Porcentajes (%)					µg/g			Steviósidos	
Reb D	Reb A	Steviósido	Reb F	Reb C	Dulcósido A	Rubusoside	Reb B	Steviolbioside	Totales %
<0,01	0,14	0,34	0,10	0,05	0,04	<10	<10	<10	0,60

Los resultados de 2021 se exponen a continuación:

Tabla 15. Rendimientos del extracto vegetal de Stevia (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% rendimiento de extracción
Muestra A	<i>Stevia rebaudiana Bertoni</i>	Hojas	4.59
Muestra B			5.68
Muestra C			3.98
Muestra D			4.96
Muestra E			5.23
Muestra F			5.02

Tabla 16. Principios activos edulcorantes de la Stevia (2021)

Principios activos	%					
	Muestra A	Muestra B	Muestra C	Muestra D	Muestra E	Muestra F
Glucosidos de Steviol totales (%)	15.96	14.15	16.45	16.01	16.26	16.50
Rebaudiosido D	0.27	0.31	0.19	0.18	0.14	0.10
Rebaudiosido A	3.80	8.83	3.89	3.93	3.58	4.02
Steviosido	9.84	9.86	10.18	10.30	10.47	10.60
Rebaudiosido F	2.60	3.01	2.63	2.74	2.72	2.71
Rebaudiosido C	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90
Dulcasido A	0.40	0.50	0.40	0.42	0.42	0.42

OLIVARDILLA

Se ha obtenido la oleorresina mediante extracción en alcohol etílico. La sumidad florida seca es triturada para introducirla en el equipo y se realiza la extracción. La proporción en la que hay que poner la planta triturada es de olivardilla:etanol (1:10). Esta es la proporción que fue determinada en laboratorio en estudios previos a este proyecto.

Tras ese tiempo, se trasvasa el extracto obtenido al tanque de concentración para ser retirado el exceso de disolvente y calculado el rendimiento.

Se ha analizado su capacidad antioxidante mediante el cálculo del contenido en moléculas polifenólicas.

Tabla 17. Rendimientos y porcentaje de polifenoles del extracto vegetal de Olivardilla (2021)

	Nombre científico	Parte útil	% rendimiento de extracción	% Polifenoles totales
Muestra A	<i>Ditrichia viscosa L.</i>	Sumidad florida	8.75	2.60
Muestra B			9.05	2.75
Muestra C			8.16	3.02
Muestra D			9.25	2.54
Muestra E			8.43	2.95
Muestra F			8.21	2.63

2.3. RESULTADOS A ESCALA PILOTO

2.3.1. Aceite esencial de romero

Para realizar la destilación de romero por arrastre de vapor en el equipo piloto de CTAEX, primero se adecuó el material vegetal que, una vez cosechado en la finca se transportó al galpón para ser secado al aire.

Una vez seco, se llevó a la zona del destilador industrial en las instalaciones de CTAEX, donde se procedió a la carga directa de la planta seca en el mismo.

Se suministró calor al agua situada en la parte inferior y generar el vapor de la destilación, no se aplicó directamente a la masa vegetal. El tiempo requerido para alcanzar las condiciones de trabajo osciló entre 35 y 50 minutos. Una vez comenzada la destilación el caudal de vapor se mantuvo constante a 30 Kg/hora a una presión de trabajo de 0,2 bares.

Tras tres horas de destilación se cortó el suministro de vapor; el aceite esencial se limpió (filtración) y desecó, y cuando el material vegetal pudo ser manipulado se sacó del destilador “la torta” residual.



Figura 6. Instalación Piloto para aceite esencial de CTAEX

Tabla 18. Rendimiento del aceite esencial de Romero a escala piloto (2021)

Planta	Nombre científico	Parte útil	% rendimiento de extracción
Romero	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Sumidad florida	1.22



Figura 7. Aceite esencial de romero

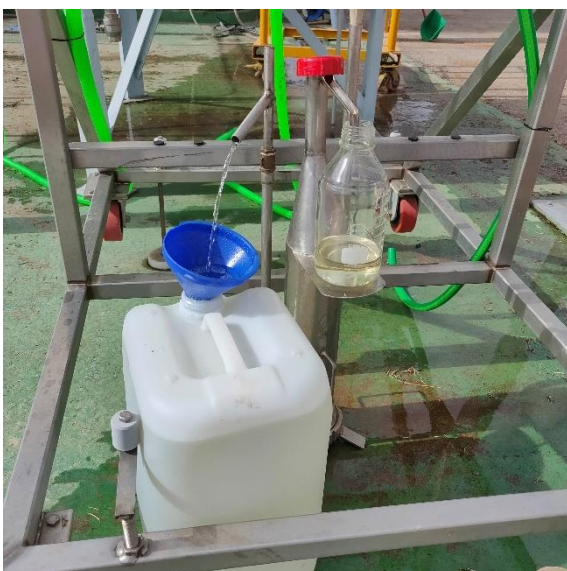


Figura 8. Aceite esencial de romero e hidrolato



Figura 9. Planta de romero después de la destilación

2.3.2. Extracto vegetal de olivardilla

Mediante el procedimiento de extracción sólido-líquido, se ha llevado a cabo la extracción a escala piloto de olivardilla. Este proceso se basa en la extracción con disolventes de un compuesto a partir de una mezcla sólida o líquida, aprovechando las diferencias de solubilidad de los componentes de la mezcla en un disolvente adecuado, y constituye una de las técnicas de separación de compuestos más utilizada en la industria para extraer componentes solubles de sólidos con ayuda de un disolvente.

La planta una vez cosechada se dispuso para conseguir un secado al aire. Una vez seca y pesada se introdujo en los cestos de la extractora y se procedió a realizar la extracción con etanol al 96%.

El proceso de extracción se llevó a cabo durante 4 horas y a una temperatura de 70°C. Una vez pasado este tiempo se evaporó el disolvente y se obtuvo el extracto de olivardilla calculando el rendimiento de la extracción.



Figura 10. Planta de Olivardilla seca y lista para la extracción con alcohol.



Figura 11. Sistema de extracción sólido líquido piloto para la extracción de Olivardilla

Tabla 19. Rendimiento del extracto vegetal de Olivardilla a escala piloto (2021)

Planta	Nombre científico	Parte útil	% rendimiento de extracción
Olivardilla	<i>Ditrichia viscosa L.</i>	Sumidad florida	6.04



3. CONCLUSIONES

STEVIA

En stevia en el segundo año de cultivo la densidad de plantación ha incrementado de forma significativa la cobertura de la cama al implantarla a 44.444 plantas/ha. Sin embargo, las diferencias en el rendimiento agronómico no han llegado a ser significativas estadísticamente.

El aumento de las unidades fertilizantes en el plan de abonado y la dosis de riego no han supuesto diferencias importantes en la productividad de la especie.

En cuanto al extracto vegetal de Stevia, los rendimientos y composición de steviosidos no han tenido diferencias significativas en los diferentes ensayos, dando en todos los casos buenos rendimientos y contenido en steviosidos característicos de esta especie.

En definitiva, aunque los rendimientos de la especie no difieren de forma importante al incrementar las unidades fertilizantes, la densidad de plantación o la dosis de riego, se aprecia una mejora de entre 37,44 y 62,80 kilos de extracto por hectárea.

SIEMPREVIVA

Lento desarrollo del cultivo, empezando a ser productiva a partir del segundo año de la plantación.

El desarrollo de las plantas y finalmente, el rendimiento agronómico durante el segundo año de plantación no se vio influenciados por la fertilización, densidad de plantación y riego. Hay que mencionar que las plantas no han llegado a cubrir la cama de siembra.

Los rendimientos de la obtención de aceite esencial han sido más altos de lo esperado para esta especie, siendo sus valores medios del 0.1-0.2%. La composición del aceite esencial es característica con un contenido alto de Beta-caryophyllene. No se han encontrado diferencias entre los distintos ensayos.

Esta especie ha incrementado el rendimiento en 6 l/ha con la dosis más baja de abonado, 2,35 l/ha al aumentar la densidad de plantación a 33.333 plantas/ha y 3,49 l/ha al subir la dosis de riego

OLIVARDILLA

Especie de rápido desarrollo, siendo productiva desde el primer año de su plantación.

El ampliar la densidad a 44.444 plantas/ha ha dado lugar a un incremento importante de los rendimientos agronómicos de la especie.

El descenso del riego al 75% de la ETC y de la fertilización no ha influido en la productividad de la especie, de modo que podría ahorrarse esa cantidad de agua y fertilizante.

En este caso se han realizado destilación de aceite esencial en ambas campañas y obtención de extracto vegetal para su contenido en polifenoles en 2021 (a escala laboratorio y a escala piloto).

En el año 2020 se obtuvo menor contenido de aceite esencial con respecto al 2021. En cuanto a la obtención de extracto vegetal, los rendimientos a escala piloto son menores, como cabría esperar.

La composición del aceite esencial es característico de esta especie y con un contenido de acetato de borneol, principal componente.

El extracto tiene un contenido interesante de polifenoles, lo que le da características antioxidantes. No se han encontrado diferencias significativas entre los distintos ensayos agronómicos.

En conclusión, el parámetro que más ha influido es el abonado, incrementando los rendimientos de la especie tanto en aceite esencial (14,40 l/ha) como en extracto (671 kg/ha) al aumentar las unidades fertilizantes. En cuanto a la densidad de plantación, mientras que la implantación de la especie a 26.666 plantas/ha elevó los rendimientos en aceite esencial a 2,75 l/ha, la densidad de 44.444 plantas/ha favoreció el incremento de 1279 kg/ha en cuanto a extracto vegetal

HINOJO

El desarrollo de las plantas de hinojo no se ha visto influido por el plan de abonado, la densidad de plantación ni el riego.

El desarrollo desproporcionado de las plantas y la falta de agrupación de la floración y maduración de las semillas ha impedido su recolección y consecuentemente su obtención posterior de aceite esencial.

ROMERO

Son interesantes los resultados obtenidos en romero, el cual ha incrementado los rendimientos agronómicos de forma importante al reducir las unidades fertilizantes y la dosis de riego.

El aceite esencial y rendimiento del romero han sido similares en todos los ensayos, obteniendo valores de rendimiento y composición característicos de la especie. En este caso, también se ha destilado el aceite esencial a escala piloto, con un rendimiento inferior respecto a la destilación en laboratorio, que es lo habitual al escalar este tipo de procesos.

Al igual que la Olivardilla, la fertilización es el factor que más ha influido en el romero, incrementando los rendimientos de aceite esencial a 137 l/ha aunque en este caso a la dosis más baja de abonado. Al ser una especie muy rústica con bajas necesidades en cuanto a insumos, al igual que ocurrió con la fertilización, la reducción del aporte de riego aumentó los rendimientos a 42 l/ha. Por otro lado, el incremento de la densidad de plantación de 12.666 a 26.666 plantas/ha supuso un aumento de 30 l/ha.

ORÉGANO

Ni el plan de abonado ni el riego han influido significativamente en el rendimiento agronómico de la especie.

El incremento de la densidad de plantación a 33.333 plantas/ha ha originado un aumento importante de los rendimientos agronómicos.

Siendo los datos del 2020 algo mejores del 2021 en cuanto a rendimiento, pero no en composición, los rendimientos obtenidos y la composición del aceite esencial del orégano han sido similares en todos los ensayos agronómicos, dando un perfil aromático característico de este cultivo.

En el orégano el factor determinante ha sido la densidad de plantación, aunque debido al bajo desarrollo de la especie durante el segundo año de la plantación y a la escasa cantidad de aceite esencial extraída, los rendimientos industriales de la especie solo se han visto incrementados en 1 litro por hectárea al aumentar de 22.222 a 33.333 plantas/ha.

En resumen, todas las especies se adaptaron perfectamente al cultivo, sin embargo, hay que tener en cuenta en la programación de la plantación el lento crecimiento vegetativo desde semillero de siempreviva y orégano, el rápido y gran desarrollo vegetativo de olivardilla y la variedad o tipo de hinojo adquirido, buscando el desarrollo determinado de la especie y la agrupación de la maduración de las semillas. Por otro lado, aunque cada especie tiene sus necesidades en cuanto a fertilización, densidad de plantación y riego, destacar el carácter rústico del romero que con escasas cantidades de fertilizantes y riego alcanza su máximo rendimiento.

Por otra parte, en general todas las plantas estudiadas desde el punto de vista analítico son aptas para su aprovechamiento para obtención de aceite esencial y para la obtención de extractos vegetales.