

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA
AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL APORTE DE FIBRA DE COCO Y DIVERSAS DOSIS DE ABONADO NITROGENADO SOBRE EL DESARROLLO DE AJENJO (*Artemisia absinthium* L.)

TRABAJO FIN DE MASTER EN SANIDAD Y PRODUCCION VEGETAL

ALUMNO

Ing. Erick Bendix Hidalgo

TUTOR ACADÉMICO

Prof. D. Vicente Castell Zeising

Curso Académico: 2015/2016 VALENCIA, septiembre de 2016

ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE DIFERENTES SUSTRATOS Y APORTE DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO EN EL DESARROLLO DE AJENJO (*Artemisia absinthium* L.)

Resumen

El ajenjo (*Artemisia absinthium* L.) perteneciente al grupo de plantas aromáticas y medicinales (PAM) posee múltiples propiedades de elevado interés comercial por el uso en la industria farmacéutica, agrícola y alimenticia. En este trabajo se pretende evaluar la influencia de la fibra de coco como sustrato combinándola con tierra en diferentes porcentajes y el aporte de distintas dosis de nitrógeno para observar el desarrollo vegetal del ajenjo. El experimento se realizó en macetas con 3 repeticiones en diseño factorial de 7x3 (5 combinaciones de sustrato y 3 dosis de N). Los sustratos fueron una mezcla de tierra con fibra de coco en proporciones 1:3,1:1 y 3:1 y un testigo con tierra y otro solo con fibra de coco. Las dosis de N fueron equivalentes a 240 kg.ha⁻¹. Tras un periodo de observación de la planta, se tomaron datos de la altura de planta y se pesó la parte aérea y las raíces de la planta en fresco y en seco.

El mejor rendimiento se obtuvo para el tratamiento de 100% de tierra sin aplicación de dosis nitrogenada: para la parte aérea (en peso fresco y en seco) con valores medios de 135,06 g/maceta y de 32,62 g/maceta respectivamente, ya para las raíces (en peso fresco y en seco) fue de 44,9 g/maceta y de 18,39 g/maceta respectivamente.

Palabras clave: Ajenjo (*Artemisia absinthium* L.), sustrato, nitrógeno, plantas aromáticas

ALUMNO

Ing. Erick Bendix Hidalgo

TUTOR ACADÉMICO

Prof. D. Vicente Castell Zeising

Curso Académico: 2015/2016 VALENCIA, septiembre de 2016

STUDY OF THE INFLUENCE OF DIFFERENT SUBSTRATES AND ADDITION OF DIFFERENT DOSES OF NITROGEN IN THE DEVELOPMENT OF WORMWOOD (*Artemisia absinthium* L.)

Abstract

The wormwood (*Artemisia absinthium* L.) belonging to the group of medicinal and aromatic plants (MAP) has multiple properties of high commercial interest for use in the pharmaceutical, agricultural and food industry. In this research the aim is to evaluate the influence of coconut fibre as substrate combining it with soil in different percentages and the contribution of different doses of nitrogen for plant growth of wormwood. The experiment was performed in pots with 3 replications in 7x3 factorial design (5 combinations of substrate and three doses of N). The substrates were a mixture of ground coconut fibre in proportions 1:3, 1:1 and 3:1 and a witness with soil and another one with coir. N doses were equivalent to 240 kg.ha⁻¹. After a period of observation data of the plant height, fresh and dry weight of the aerial parts and roots of the plant were taken.

The best performance was obtained for the treatment with 100% of soil without any application of nitrogen: for the aerial part (fresh and dry weight) mean values of 135,06 g/pot and 32,62 g/pot respectively, and for the root system (fresh and dry weight) mean values of 44,9 and 18,39 g/pot respectively.

Key words: wormwood (*Artemisia absinthium* L.), substrate, nitrogen, aromatic plants

STUDENT

Ing. Erick Bendix Hidalgo

ACADEMIC SUPERVISOR

Prof. D. Vicente Castell Zeising

Academic Course: 2015/2016 Valencia, September of 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a DIOS por brindarme esta oportunidad y darme fuerza para poder cumplir todas mis metas y a Vicente Castell por guiarme en la realización de este trabajo y darme apoyo para lograr esta meta.

A mis padres, por ayudarme en este largo proceso de aprendizaje y por su apoyo moral incluso en los momentos difíciles.

A mis hermanos Christian y Johanna, por apoyarme aun estando lejos me brindaron su apoyo y sus palabras de aliento.

Y por último, aunque no menos importante a todas las personas que han estado atentas de mi trabajo y preguntándome por él y dándome ánimos. Gracias a todos.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. MORFOLOGÍA	1
1.2. CARACTERÍSTICAS DE <i>Artemisia absinthium L.</i>	1
1.2.1. Clasificación taxonómica	1
1.2.2. Distribución y hábitat	1
1.2.3. Composición	2
1.2.4. Usos y cultivo.....	2
1.2.5. Suelo y abonado	2
1.2.6. Multiplicación	2
1.3. DESCRIPCIÓN.....	3
1.4. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMA	3
1.5. USOS TRADICIONALES Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA	3
1.6. PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN.....	4
1.6.1. Importancia de las plantas aromáticas y medicinales (PAM) en España	4
1.7. CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE COCO COMO SUBSTRATO	6
1.7.1 Distintos tipos de fibra de coco.....	6
1.7.2 Ventajas y Desventajas de la fibra de coco	6
2. OBJETIVOS.....	8
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
3.1. OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	9
3.1.1. Material vegetal.....	9
3.1.2. Planteamiento del ensayo	10
3.1.3. Utilización de la fibra de coco y la tierra para germinación.	13
3.1.4. Tratamiento del material tras la recolección vegetal.....	13
3.2. ANÁLISIS DE SUELO: CARACTERIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS UTILIZADOS.....	15
3.2.1. Materiales y reactivos utilizados	15
3.2.2. Métodos.....	15
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
4.1. INFLUENCIA DE LOS FACTORES ESTUDIADOS SOBRE EL DESARROLLO DEL AJENJO <i>Artemisia absinthium L.</i>	19
4.1.1. Utilización de la fibra de coco y la tierra para germinación	19
4.1.2. Evolución de la altura de los tallos.....	19
4.1.3. Efecto del tipo de sustrato y dosis de fertilizante en el rendimiento aéreo en fresco.....	24
4.1.4. Efecto del tipo de sustrato y dosis de fertilizante en el peso seco de la parte aérea	26
4.1.5. Efecto del tipo de sustrato y dosis de fertilizante en el peso en fresco de raíces	26
4.1.6. Efecto del sustrato y dosis de fertilizante en el peso seco de raíces	29
4.2. ANÁLISIS DE SUELO: CARACTERIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS UTILIZADOS.....	29
4.2.1. Tierra	29
4.2.2. Fibra de coco	30
5. CONCLUSIONES.....	31
6. BIBLIOGRAFÍA.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Artemisia absinthium</i> L.....	1
Figura 2. Datos sobre la producción de PAM en España (2002).....	5
Figura 3. Bandeja de ajeno español.....	9
Figura 4. Bandeja de ajeno español y húngaro.....	9
Figura 5. Localización del invernadero en el Campus de Vera de la UPV.....	10
Figura 6. Evolución de la Tª y HR en el umbráculo de la UPV.....	10
Figura 7. Diseño experimental del ensayo.....	11
Figura 8. Momento del trasplante.....	12
Figura 9. Primera aplicación de fertilizante.....	12
Figura 10. Segunda aplicación de fertilizante.....	13
Figura 11. Tercera aplicación de fertilizante.....	13
Figura 12. Determinación del peso en fresco	14
Figura 13. Estufas de laboratorio utilizadas para desecar las muestras	14
Figura 14. Detalle de la extracción de raíces	14
Figura 15. Muestras de suelo con los 5 tipos de sustrato.....	15
Figura 16. Tamizado de la muestra 100% tierra.....	15
Figura 17. Paso previo a la valoración.....	16
Figura 18. Detalle de la coloración al final de la valoración de las muestras de suelo.....	17
Figura 19. Muestras de suelo en el agitador.....	18
Figura 20. Aparato medidor multi-parámetro (CONSORT C830).....	18
Figura 21. Siembra en fibra de coco.....	19
Figura 22. Siembra en tierra.....	19
Figura 23. Sustrato comercial utilizado en el inicio.....	19
Figura 24. Ensayo con 100% de fertilizante 30 DDT.....	20
Figura 25. Ensayo con 100% de fertilizante 85 DDT.....	20
Figura 26. Ensayo con 50% de fertilizante 30 DDT.....	20
Figura 27. Ensayo con 50% de fertilizante 85 DDT.....	20
Figura 28. Ensayo sin aplicación de fertilizante 30 DDT.....	21
Figura 29. Ensayo sin aplicación de fertilizante 85 DDT.....	21
Figura 30. Altura final tomando como base el sustrato.....	22
Figura 31. Altura final tomando como base el fertilizante.	23
Figura 32. Valores medios de altura de planta a lo largo del ensayo en función de los sustratos	24
Figura 33. Rendimiento aéreo en fresco por fertilizante.....	25
Figura 34. Rendimiento aéreo en fresco por fertilizante.....	26
Figura 35. Rendimiento radicular en fresco por sustrato.....	28

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cultivos industriales: resumen nacional de superficie, rendimiento y producción, 2013.....	5
Tabla 2. Valores medios de rendimiento aéreo en fresco (g/maceta).	24
Tabla 3. Valores medios de rendimiento aéreo en seco (g/maceta).	26
Tabla 4. Valores medios de rendimiento de raíces en fresco (g/maceta).....	27
Tabla 5. Valores medios de rendimiento de raíces en seco (g/maceta.).....	29
Tabla 6. Características del sustrato tierra 100 %.	29
Tabla 7. Especificaciones técnicas de la fibra de coco.....	30
Tabla 8. Características de mezclas de fibra de coco con tierra.	30

1. INTRODUCCIÓN

1.1 MORFOLOGÍA

El ajenjo pertenece a la familia Asteráceas, género *Artemisia*, uno de los géneros más extensos en su familia. Es una planta herbácea-arbustiva, que cada año produce desde su base ramas erectas, que se secan en otoño tras la fructificación. Las partes basales de estas ramas permanecen durante el invierno y, en la estación siguiente, se producen nuevas ramas a partir de sus yemas. Toda la planta es de un color verde-grisáceo tanto en tallo como en hojas (alternas), que generalmente son de pequeño tamaño. Los rasgos más característicos del género se encuentran en las cabezas de las flores o capítulos, los cuales son pequeños, esféricos, ovoides o cilíndricos y están compuestos únicamente de flores sésiles insertadas sobre un receptáculo común rodeado por un involucre de brácteas. El número de flores por cabeza oscila a partir de 4-7 a más de 40, y las corolas son de color blanquecino, amarillo o púrpura, y no muy llamativo. La mayoría de las especies de *Artemisia* son de floración tardía, es decir, florecen a finales de verano, otoño o incluso invierno.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE (*Artemisia absinthium* L.)

1.2.1 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

Division: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Sub-familia: Asteroidea

Tribu: Anthemideae

Sub.tribu: Arthemideae

Género: *Artemisia*

Especie: *A. absinthium*

Nombre común: absenta, absintio, ajencio, ajenjo, ajenjo



Figura 1. *Artemisia absinthium* L.

1.2.2 Distribución y hábitat

Se puede encontrar en casi toda Europa y el Magreb occidental, ya que originalmente se distribuyó desde Europa Occidental hasta Asia Central. Y en la actualidad es posible encontrarla en casi todo el mundo debido a la poca dificultad de su cultivo.

En España se cría en toda la mitad septentrional de la península, y más puntualmente en las provincias de Valencia, Murcia y Granada (Sierra Nevada). Como esta planta ha sido muy cultivada antaño, se pueden encontrar grandes superficies con ejemplares de esta especie.

Está naturalizada en gran parte de EE.UU.

1.2.3 Composición

La planta contiene del 0,2 al 0,5% de una esencia de color verdoso o azulado (dependiendo de sus características) y con un fuerte sabor amargo, y el principal componente es la tuyona, soluble en alcohol, pero no en agua. La planta tiene otro compuesto denominado la absintina, una sustancia amorfa de color amarillo, poco soluble en alcohol pero sí en agua.

1.2.4 Usos y cultivo

El ajeno crece sin dificultad en suelos pobres y arenosos así como en lugares secos y soleados. Crece espontáneamente en campos sin cultivar, en lomas áridas, y rocosas. Crece muy bien en suelos fértiles, no muy pesados. Prefiere suelo rico en nitrógeno. Se propaga por gajos entre marzo a octubre en climas templados) o por semillas en camas de siembra.

Las semillas de esta planta son muy pequeñas por lo que se deben ubicar en lugares donde no sean levantadas por el viento o arrastradas por la lluvia. Por esta razón se cubren mínimamente con un poco de tierra. Este tipo de planta se puede reproducir mediante esqueje de las raíces. Para el cuidado de su cultivo la planta se debe fertilizar en pequeñas cantidades al menos una vez al año.

1.2.5 Suelo y abonado

Aunque se adapta prácticamente a todos los tipos de suelo, prefiere tener terrenos bien drenados, medios, con abundante materia orgánica. El pH del suelo al que se adapta oscila entre 4,8 y 8,2. Puede vivir en suelos rocosos y arenosos. No soporta los arcillosos.

Antes de iniciar la plantación preparar bien el terreno, añadiendo estiércol en invierno a razón de unos 40 t.ha⁻¹. En primavera unos 240 kg.ha⁻¹ de sulfato amónico (<http://www.botanical-online.com/florajenjo.htm>).

Apenas o nada existe en cuanto a información publicada acerca del manejo y, particularmente, de la fertilización del ajeno. En cambio, sí existen multitud de estudios sobre la obtención, caracterización y aplicaciones de compuestos derivados, en particular aceites esenciales. Alguna referencia se ha podido localizar, pero relativa a una especie relacionada: *Artemisia annua* L. Este estudio mencionado indica cierta relación entre la producción de planta y los 3 macro elementos, no solo nitrógeno (N) y potasio (K). Además, contempla información acerca del aporte de azufre (S) y magnesio (Mg). Se incide en este estudio en la clara influencia del N sobre el desarrollo inicial vegetativo (este es uno de los aspectos que se pretenden considerar en el presente Trabajo Fin de Máster en relación a *A. absinthium*) de *A. annua* y la producción de artemisina.

1.2.6 Multiplicación

Puede realizarse por semilla, por estacas o por división de matas.

Por semillas

La siembra debe realizarse en almácigo, puede ser al voleo, cubriendo bien las semillas con una capa ligera de mantillo o tierra arenosa. La siembra puede realizarse a fines de invierno o a principios de primavera. La semilla es muy pequeña.

Debe suministrarse riegos diarios al almácigo; también raleo y eliminación de malezas cada vez que sea necesario.

Los cuidados más frecuentes son riego, eliminación de malezas y control de hormigas.

El terreno destinado a la plantación definitiva deberá ser preparado cuidadosamente. El trasplante puede realizarse cuando las plantitas alcancen unos 10 cm de altura o durante el otoño si la siembra se ha realizado avanzada la primavera. Se dispondrán en líneas separadas 70-80 cm a una distancia de unos 30 cm entre plantas de la línea. Al año siguiente podrá ralearse extrayendo una planta por medio, por lo que la distancia definitiva en la línea quedará de 60 cm. Las plantas

retiradas pueden dividirse en matas para ampliar el cultivo. Por supuesto que las distancias mencionadas no deben tomarse en forma estricta, sino que se adaptarán a las circunstancias de cada explotación. La siembra de asiento no es aconsejable.

Por estacas

Se cortan trozos de ramas de un año de 15 a 20 cm, a las que se les quitan las hojas. Se entierran en canteros dejando 2 o 3 yemas al exterior, a distancias de 15x10 cm. El momento para realizar este trabajo puede ser desde comienzos del invierno. Las estacas pueden ser trasplantadas durante la primavera, para lo cual es conveniente recortar un poco las raíces y las hojas.

Por división de matas

Se separa el mayor número posible de hijuelos vigorosos de una planta madre adulta y se los planta, podando previamente las raíces y las hojas, en el lugar definitivo a las distancias antes mencionadas. La época puede ser mediada a fines de invierno.

En las tres formas de multiplicación deberá regarse con una mayor frecuencia la plantación.

1.3 DESCRIPCIÓN

Es una planta perenne herbácea, con un rizoma leñoso y duro. Los tallos son rectos. Crece entre 80 a 120 cm (raramente 150 cm), y es de coloración verde plateada.

Las hojas, dispuestas de forma espiralada, son de color verde grisáceo por el anverso y blancas en el reverso, cubiertas de pelillos blanco plateados, con glándulas productoras de aceite; las hojas basales son de hasta 25 cm de longitud, bi a tripinnadas con largos peciolos, con hojas caulinares (sobre el tallo) más pequeñas, de 5 a 10 cm. de largo, menos divididas, y con cortos peciolos; las hojas superiores pueden ser simples y sésiles (sin pecíolo). Las brácteas involucrales son gris verdoso, densamente pubescentes. Sus flores son amarillo pálido, tubulares, y en cabezas (capítulos), y a su vez en panículas hojosas y con brácteas. La floración se da de principios de verano a principios de otoño; la polinización es anemófila. El fruto es un pequeño aquenio de 0,5 mm, más o menos cilíndrico, algo curvado, con nervios oscuros, glabros y brillantes; vilano ausente, siendo la dispersión de las semillas por gravedad.

1.4 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CLIMA

El género *Artemisia* se encuentra pobremente representado en el hemisferio sur y ampliamente distribuido en el hemisferio norte, con mayor riqueza en Eurasia (Vallès y McArthur, 2001). Crece en una amplia variedad de condiciones ambientales, a menudo en hábitats antrópicos por lo general cerca de las áreas urbanas, tales como eriales, *etc.* En la Península Ibérica, su hábitat óptimo se encuentra en áreas continentales entre 800 y 1.500 m sobre el nivel del mar. A pesar de que requiere una precipitación media anual superior a 400 mm, resiste la sequía y las heladas (Llorens-Molina y Vacas, 2015). Debido a su elevada resistencia, algunas especies del género se han introducido en territorios en los que no son autóctonas y algunas de ellas han desarrollado un carácter invasivo (Vallès *et al.*, 2011).

1.5 USOS TRADICIONALES Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA

A pesar de que algunos grupos taxonómicos son malas hierbas invasoras que pueden afectar negativamente a las cosechas, existe un gran número de especies de *Artemisia* que tiene un alto valor económico para alimentos, medicinas, forraje, plantas ornamentales y otros usos (Vallès y McArthur, 2001). Al ajeno se le atribuye un buen número de propiedades relacionadas con el aparato digestivo ya que estimula la secreción de jugos gástricos y de bilis tanto por la vesícula biliar como por el hígado y protege frente a dolencias hepáticas.

Otras propiedades medicinales descritas en esta planta son tratamientos contra la fiebre crónica, actúa como afrodisíaco, promueve el sudor y ha sido empleada contra trastornos reumáticos debido a su actividad antiinflamatoria. Por su propiedad insecticida se ha utilizado para repeler mosquitos y pulgas y frente a la polilla. Desde muy antiguo se ha utilizado contra los parásitos

intestinales, de donde deriva su nombre en inglés “wormwood” (worm=gusano; wood=madera), en el tratamiento de la malaria y como antídoto para el opio y otros venenos depresores del sistema nervioso central (Ariño, 1999).

El aceite esencial de *A. absinthium* muestra actividad antibacteriana contra patógenos humanos comunes (*Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae* y *Staphylococcus aureus*) y propiedades acaricidas (Abad *et al.*, 2012). El interés por reducir la aplicación de los productos químicos de síntesis en agricultura impulsó la investigación de la *A. absinthium* en relación a su efecto antihelmíntico y alelopático (Bara *et al.*, 1999). Además de por sus virtudes medicinales, el ajeno fue también muy utilizado como aromatizante alimentario desde la antigüedad. A finales del S/XVIII se elaboró la fórmula de la absenta en Suiza donde el aceite esencial de ajeno y el alcohol constituyen los ingredientes básicos. A finales del S/XIX, se observó que el consumo prolongado de esta bebida producía un síndrome adictivo, llamado absintismo, caracterizado por insomnio, aturdimiento, delirios, pesadillas, temblor, debilitamiento intelectual, alucinaciones y ataques epilépticos. Algunos autores, sin embargo, afirman que la toxicidad de la absenta se debía al elevado contenido en alcohol de esta bebida. El ajeno se ha utilizado también, en menor medida, como sustituto del lúpulo en la fabricación de cerveza y como sustituto de la menta en el té (Ariño, 1999).

1.6 PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

1.6.1 Importancia de las plantas aromáticas y medicinales (PAM) en España

La delimitación entre medicamento y alimento, es esencial para fijar las distintas variedades de plantas medicinales y aromáticas y su comercialización. Uno de los pocos estudios sobre la comercialización y distribución de las PAM en España ha sido realizado por Moré y Colom (2002).

En el mismo se desvela que su cultivo se contempla como una alternativa de futuro, especialmente en aquellas zonas con características especiales en las que no son posibles o rentables los cultivos convencionales (montañas, monte bajo, zonas áridas moderadas y otras).

Las PAM tienen diversos canales de comercialización y diferentes utilidades:

- Aromáticas: contienen aceites esenciales, fundamentalmente en las hojas.
- Especies: poseen sustancias con actividad antiséptica y de uso culinario.
- Colorantes: tienen componentes químicos capaces de teñir tejidos, alimentos, cosméticos, *etc.*
- Principios amargos: sustancias amargas, empleadas en la industria de licores.
- Medicinales: contienen metabolitos secundarios, responsables de la actividad terapéutica.

En España se producen volúmenes considerables de lavanda (*Lavandula angustifolia*), lavandín (*Lavandula hybrida*), menta (*Mentha sp.*), salvia (*Salvia officinalis*), anís (*Pimpinella anisum*), azafrán (*Crocus sativus*) y tomillo (*Thymus sp.*). En la tabla 1 siguiente se muestran algunos datos relativos al año 2013 sobre cultivos industriales entre los que se incluyen algunas de las PAM mencionadas.

Tabla 1. Cultivos industriales: resumen nacional de superficie, rendimiento y producción, 2013 (extracto)

cultivos	superficie (ha)			rendimiento (kg.ha ⁻¹)		producción (t)
	secano	regadío	total	secano	regadío	
condimentos						
pimiento para pimentón (desecado)	-	1.553	1.553	-	2.785	4.327
anís	2.473	185	2.658	525	977	1.478
azafrán (estigmas tostados) ⁽¹⁾	58	108	166	7	14	1.918
menta (en verde)	-	15	15	-	2.000	30
cominos	766	62	828	818	2.203	763
regaliz	-	75	75	-	3.500	263
plantas industriales varias						
tabaco (seco no fermentado)	-	9.693	9.693	-	3.233	31.333
lúpulo (en seco)	-	539	539	-	1.610	868
achicoria (raíz en verde)	2	8	10	15.000	30.000	270
lavanda y lavandín	1.882	163	2.045	3.799	5.968	8.124
otros cultivos industriales	6.466	7.475	13.940	821	2.326	22.680
total cultivos industriales	832.651	207.832	1.040.482	-	-	-

Fuente: MAGRAMA 2014

(1) La producción de azafrán es en kilogramos.

A nivel nacional, se dedican al cultivo de plantas aromáticas y medicinales unas 7.000 ha, siendo Andalucía con 1.702 ha, la que posee una mayor extensión dedicada a los mismos (figura 2). La producción de PAM proviene en gran medida de la recolección de plantas silvestres que corresponde a una superficie que resulta difícil de cuantificar y de la recolección de cultivos existentes de ciertas especies con mayor consumo (menta, melisa, adormidera, manzanilla), ya sean convencionales o de producción ecológica (Fuente: Universidad Politécnica de Madrid).

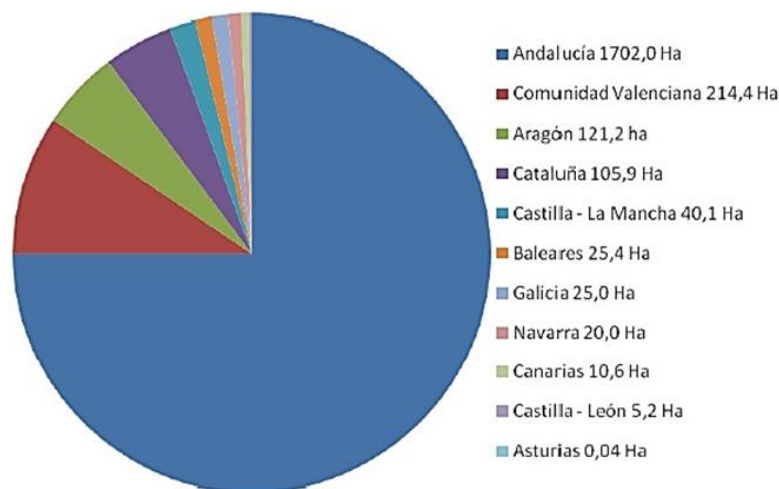


Figura 2. Datos sobre la producción de PAM en España (2002). Fuente: UPM

Los citados autores desvelan que el éxito de la actividad económica en cuestión no reside en la buena producción o recolección, sino también en su correcta comercialización, debiendo tener en cuenta las exigencias de los industriales, la legislación existente y la calidad sanitaria que ésta plantea. En el ámbito alimentario detectan una evolución creciente hacia la aromatización de los alimentos con aceites esenciales y aromas naturales, siendo deseable una reglamentación internacional común.

1.7 CARACTERÍSTICAS DE LA FIBRA DE COCO COMO SUBSTRATO

Poco a poco, la fibra de coco está sustituyendo y reemplazando los sustratos tradicionales a base o **compuestos de turba**. Esto es así porque este elemento ofrece una mayor precocidad para plantas sanas, tiene un gran poder de retención (tanto minerales como agua) y es un perfecto acolchado.

Debido a que la demanda de turba ha ido creciendo, excesivas hectáreas de turberas están siendo drenadas y destruidas. Tal hecho comienza a generar serias preocupaciones acerca del impacto ambiental de la extracción de turba de los humedales y se está limitando mucho su explotación. Debido a esto se han realizado estudios para poder encontrar sustratos que pueden llegar a ser utilizadas como sustitutos y entre ellos se encuentra la fibra de coco como uno de los principales a ser tomado en cuenta.

Si se calcula, cada coco contiene alrededor de **125 g** de fibras. Sin embargo, hay algunos subproductos (mejor dicho, subproducto del subproducto) que también se utilizan. Dichas fibras, las buenas, están formadas por pelos bastante largos. Sin embargo, en el proceso de extracción se forman fibras de menos de 2 mm de longitud, así como un polvillo de coco.

Lo que se conoce como **fibra de coco** y se aplica como sustrato para las plantas es la mezcla de dicho polvo y las fibras pequeñas. Las largas se utilizan para otros menesteres como funda de colchones o asientos, cuerdas, *etc.*

1.7.1 DISTINTOS TIPOS DE FIBRA DE COCO

Por otro lado, también se puede elegir entre una variedad de fibras de coco, ya sean más largas, más cortas, *etc.* Tienen distintas aplicaciones y cada uno está indicado para según que cultivo y qué condiciones:

- **Coco fino:** para semilleros y esquejes, donde las raíces son muy pequeñas y débiles.
- **Como estándar:** se puede utilizar para jardineras, macetas o cualquier otro medio.
- **Coco grueso:** para plantas grandes, acolchado de jardines y demás.

Estas son algunas de las características físicas y químicas que ofrece este sustrato:

- pH: 5,5-6,5
- Conductividad eléctrica: $< 0,8 \text{ mS.cm}^{-1}$
- Porcentaje de aireación: 10-40%
- Capacidad de retención de agua: 25-50%
- CIC (capacidad de intercambio catiónico): 70-100 meq/100 g
- C/N (**relación carbono nitrógeno**): 80:1
- Contenido en celulosa: 20-30%

1.7.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA DE COCO

Ventajas

- Es un subproducto natural y orgánico procedente del coco. No contamina ni consume energía.
- Tiene una gran capacidad de aireación y retención de agua.
- Se puede escoger entre varias granulometrías (como se ha visto) según lo que se cultive.
- Tiene un pH estable, entre 5,5 y 6,5.
- Ofrece una rápida respuesta cuando se pretende corregir una carencia mineral.
- Se rehidrata fácilmente, por lo que la respuesta al estrés hídrico es rápida.
- Retiene nutrientes con gran facilidad, y los libera de forma progresiva (capacidad de intercambio catiónico).

Desventajas

- Se ha de solucionar el problema de la salinidad.
- Puede ser más caro que otros sustratos (aunque con agua se expande y hay mucha superficie de cultivo).
- Dependiendo de la calidad del agua, puede retener con facilidad sales.
- No aporta tantos elementos minerales como otros sustratos.

2. OBJETIVOS

El presente estudio tiene como objetivo plantear ensayos con diferentes dosis de fertilización nitrogenada y tipo de sustrato en la producción en sus fases iniciales de planta de ajeno (*Artemisia absinthium* L.). Con ello, se pretende conocer el mejor desarrollo de la planta para la obtención de material vegetal para la utilización en diversos ámbitos comerciales.

Para ello, los principales pasos y estudios que se realizarán son:

1. Observación y seguimiento periódico del desarrollo en altura de los tallos.
2. Determinación del rendimiento aéreo y de raíces en fresco, altura de tallos y porcentaje de materia seca de la parte aérea y subterránea.
3. Análisis de suelo de las combinaciones de sustratos utilizados, con el fin de conocer las características del medio iniciales en el que se desarrollan las plantas.
4. La determinación de la combinación N-sustrato con mejores resultados en cuanto a producción se refiere.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

3.1.1. Material vegetal

Las plantas de ajeno procedieron del invernadero de la UPV (ubicado en el término municipal de Valencia junto al camino de Vera y que gestiona el departamento de Producción Vegetal) en el cual se realizó la siembra en bandejas de cien alveolos de las cuales se sembraron dos bandejas para tener un total de doscientas plantas.

En un ensayo previo se estudió el comportamiento de la germinación de semillas de dos procedencias: semilla obtenida a partir de planta de Calamocha (Teruel) y semilla suministrada desde Hungría (Budapest). Se observó que la semilla húngara no germinó adecuadamente en las condiciones planteadas (en el periodo entre enero-febrero 2016 en los invernaderos de la UPV), por lo que el trabajo se diseñó únicamente en base a material procedente de planta recolectada inicialmente en Calamocha.

También se obtuvieron estaquillas de los dos tipos de ajeno (de plantas que están siendo cultivadas en la parcela de ensayo del departamento de Producción Vegetal) y se realizaron siembras en bandeja.



Figura 3. Bandeja de ajeno español



Figura 4. Estaquilla de ajeno español y húngaro

Se pudo constatar que el porcentaje de germinación fue elevado (un 80%) y que, asimismo, el porcentaje de enraizado de las estaquillas fue satisfactorio, alcanzando valores algo menores al 80%.

Esto implica que cualquiera de las dos opciones puede ser utilizada para la obtención de las plantas

Las plantas obtenidas de semilla y objeto de estudio se desarrollaron en un invernadero próximo a su lugar de recolección, cuyas coordenadas geodésicas son:

Latitud: 39°29'01.40" N; longitud: 00°20'08.30" W; altitud: 15 m



Figura 5. Localización del invernadero en el Campus de Vera de la UPV

La temperatura media y la humedad relativa (figura 6) fueron medidas diariamente durante los meses de marzo a junio mediante el sensor HOBO Pro v2 Temp/RH colocado en las instalaciones del umbráculo.

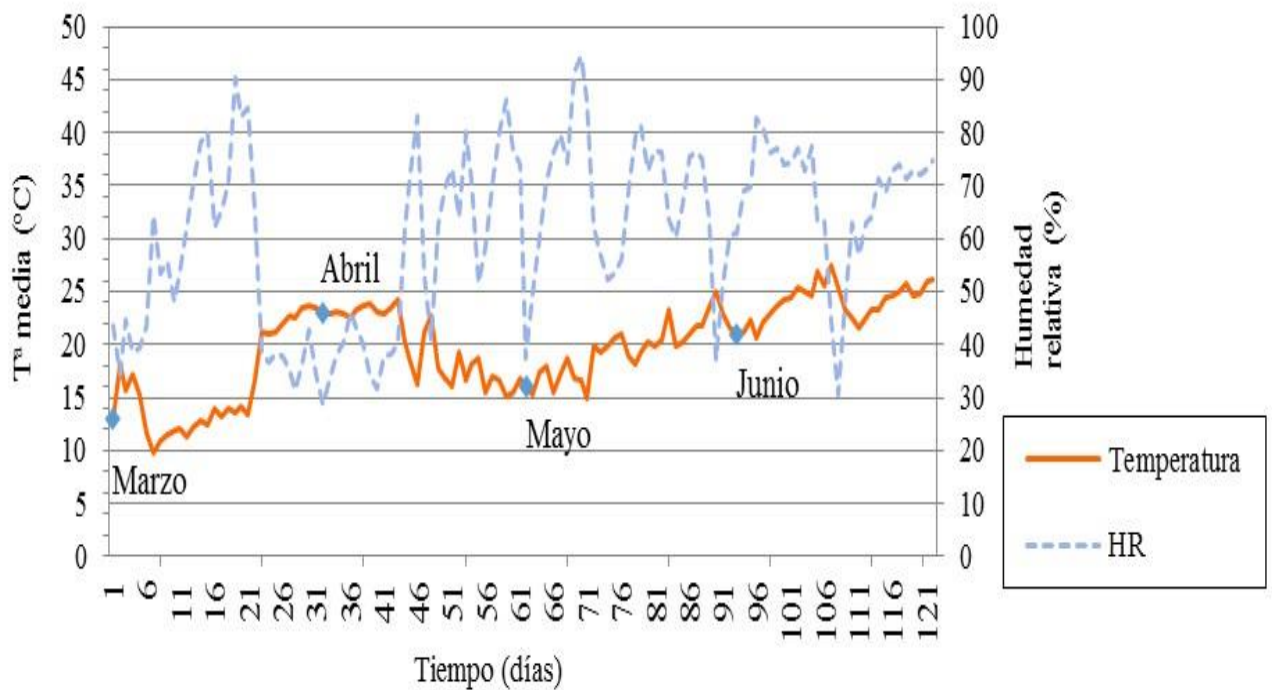


Figura 6. Evolución de la Tª y HR en el umbráculo de la UPV

3.1.2 Planteamiento del ensayo

El experimento se llevó a cabo entre los meses de abril y agosto del 2016. A principios de junio las plantas de ajeno fueron trasplantadas desde las bandejas mantenidas en invernadero a

contenedores de Ø22 cm y ubicadas en un umbráculo.

Los contenedores se organizaron siguiendo un diseño experimental con 15 tratamientos con 3 repeticiones, siguiendo un esquema factorial de 5x3 (5 tipos de sustratos y 3 dosis de nitrógeno).

Para el factor sustrato se consideraron mezclas de tierra con las siguientes proporciones (en volúmenes):

- sustrato 100% fibra de coco
- 1:3 sustrato de 75% de fibra de coco y 25% de tierra
- 1:1 sustrato de 50% de fibra de coco y 50% de tierra
- 3:1 sustrato de 25% de fibra de coco y 75% de tierra
- sustrato 100% de tierra

Se consideraron sustratos control: 100% tierra y 100% fibra de coco.

El otro factor consistió en aplicar dosis equivalentes a una dosis de referencia de unos 45-50 kg.ha⁻¹ de nitrógeno a aportar en la época primaveral en ajeno. El cálculo de fertilizante a aportar se ajustó a 45 kg N.ha⁻¹ (<http://www.botanical-online.com/florajeno.htm>).

El total (en gramos) de fertilizante aportado (nitrato potásico de relación 13-0-46 (N-P-K)) fue de 20 g por ensayo (15 macetas), es decir, 1,33 g por planta (en adelante “100% fertilizante”).

En el ensayo basado en el aporte del 50% de esta dosis, el aporte individual fue, evidentemente, de 0,67 g por planta.

Debido a la elevada frecuencia de riego, con la consiguiente posible lixiviación de nitrato, y al reducido periodo de estudio y queriendo observar posibles diferencias en las primeras semanas de desarrollo de las plantas, se decidió repetir los aportes de fertilizante: el primer aporte se produjo a los 15 días después del trasplante (DDT), el segundo aporte a los 45 DDT y la tercera y última aplicación a los 75 DDT.

A uno de los tres bloques de macetas (15) se le aportó el 100% de fertilizante, a un segundo el 50% de fertilizante y al último 0% de fertilizante, actuando como referencia.

En los días posteriores al trasplante se proporcionó un riego diario a una dosis de 0,50 L/maceta durante 15 días; después de estos 15 días iniciales se redujo la frecuencia de riego a semanal, aportándole una dosis de 0,20 L/maceta.



Figura 7. Diseño experimental del ensayo

Al final del periodo de estudio se obtuvo de cada maceta el material vegetal producido, separando la parte aérea de la subterránea. De ambas se obtuvieron las determinaciones de su peso fresco, peso seco y % de materia seca.

Además, se realizó un seguimiento de la altura máxima de los tallos para cada maceta después de cada una de las tres aplicaciones de fertilizante.

Las principales fases de desarrollo, desde su plantación hasta el momento de la recolección del material vegetal pueden observarse en las figuras 8, 9, 10 y 11 siguientes:



Figura 8. Momento del trasplante



Figura 9. Primera aplicación de fertilizante



Figura 10. Segunda aplicación de fertilizante



Figura 11. Tercera aplicación de fertilización

3.1.3 Utilización de la fibra de coco y la tierra para germinación

Se realizaron pruebas en junio para poder conocer qué tipo de sustrato es mejor para la germinación de la planta de ajeno. Los sustratos a utilizar fueron dos: 100% de tierra y 100% de fibra de coco. El estudio se hizo desde el momento de la siembra hasta el momento de germinación.

3.1.4 Tratamiento del material tras la recolección vegetal

Una vez ha finalizado el desarrollo vegetativo del ajeno, se realizó la obtención de material vegetal después de 85 días del trasplante. En esta recolección se obtuvo tanto la parte aérea de la planta como la parte subterránea (las raíces).

Tras la recolección del material vegetativo, el material vegetal fue inmediatamente llevado al laboratorio donde mediante una balanza analítica se determinó su peso en fresco.

A continuación, todas las muestras se secaron en estufas a 100°C hasta alcanzar un peso constante, período tras el cual se midió su peso en seco.



Figura 12. Determinación del peso en fresco



Figura 13. Estufas de laboratorio utilizadas para desecar las muestras

Por otro lado, tras la recolección se extrajeron las raíces que contenía cada maceta. Una vez en el laboratorio, se pasaron por un tamiz para eliminar los restos de tierra y se repitió el mismo procedimiento para determinar el peso en fresco y el peso en seco.



Figura 14. Detalle de la extracción de raíces. En la dcha. arriba, se muestra el contenido de la maceta. A la izqda. las raíces separadas del substrato y en la dcha. abajo, la determinación del peso en fresco de las raíces

3.2 ANÁLISIS DE SUELO: CARACTERIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS UTILIZADOS

3.2.1 Materiales y reactivos utilizados

3.2.1.1 Materiales

Espátula	Erlenmeyer de 250 mL
Balanza	Agitador
Tamiz de diámetro 2 mm	Vasos de precipitados de 100 mL
Bureta de 25 mL	Pipetas aforadas de 10 mL
Matraz aforado de 100 mL	Embudo
Aparato de análisis multi-parámetro (Consort C830) medidor de pH y conductividad	Propipeta
	Muestras de suelo: fibra de coco / tierra (1:3; 1:1 y 3:1); tierra

3.2.1.2 Reactivos

- Dicromato potásico 1 N
- Ácido sulfúrico concentrado (95-98%)
- Sulfato ferroso o sal de Mohr 0,5 N
- Complejo ferroso de ortofenantrolina (Indicador redox)

3.2.2 Métodos

3.2.2.1 Granulometría

Las muestras de suelo previamente secadas a T^a ambiente se pesan individualmente y se pasan por un tamiz de 2 mm. Las partículas de tamaño superior quedan retenidas en la malla y constituyen los denominados elementos gruesos. El resto de partículas que pasan a través del tamiz corresponde a la fracción fina (arcilla+limo+arena). Finalmente, con una balanza se pesan ambas fases y se calcula la proporción que tiene cada una respecto al peso total de cada muestra.

Este tamizado es uno de los primeros pasos indispensables para continuar con el análisis, ya que solo se trabaja con el suelo en fracción fina.



Figura 15. Muestras de suelo con los 5 tipos de sustrato



Figura 16. Tamizado de la muestra 100% tierra

3.2.2.2 Densidad aparente

El primer paso, consiste en pesar el matraz que se va a utilizar. A continuación, con la ayuda de un embudo se llena el matraz con la muestra de suelo y se anota su peso. Por último, el mismo matraz vacío se llena de agua destilada y se pesa en la balanza. Se repite este procedimiento para cada muestra de suelo.

Conociendo los valores anteriores, ya se puede calcular la densidad aparente que se expresa como:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{P_2 - P_1}{P_3 - P_1} \times \rho_{\text{a (H}_2\text{O)}}$$

Siendo:

P₁ (g): Peso matraz vacío

P₂ (g): Peso matraz lleno de suelo

P₃ (g): Peso matraz lleno de agua

ρ_{aH₂O} a la temperatura del experimento, 20 °C (kg.m⁻³): 998,29

3.2.2.3 Contenido en materia orgánica

Mediante el método de Walkley y Black se estima el contenido de carbono orgánico de una muestra de suelo como medida indirecta para evaluar su contenido en materia orgánica.

Para ello, se toma 0,5 g de muestra de suelo y se coloca en un Erlenmeyer. Posteriormente, se adicionan 10 mL de dicromato potásico, 20 mL de ácido sulfúrico y 50 mL de agua destilada (figura 20). Por precaución, este procedimiento se llevará a cabo en la vitrina de gases. Simultáneamente, se realizó el mismo procedimiento descrito pero sin adición de muestra de suelo, que se utiliza como ensayo en blanco y permite calcular el factor de corrección del sulfato ferroso.

Se repite el procedimiento para cada muestra de suelo y se agitan los Erlenmeyer, luego se dejan reposar durante 24 horas.

Como se puede observar en la siguiente figura, para cada tipo de substrato la mezcla adquiere un color característico.



Figura 17. Paso previo a la valoración. De dcha. a izq. Delante: ensayo en blanco; Detrás: 100% T., 75% F.C., 50% F.C. y 25% F.C.

Transcurrido el tiempo necesario, se adicionan 4 gotas de complejo ferroso de ortofenantrolina en el Erlenmeyer.

A continuación, se llena y enrasa la bureta de sulfato ferroso con la ayuda de una pipeta. Tras comenzar la valoración se detiene la adición de sulfato ferroso cuando la muestra vire a verde oscuro o rojizo.

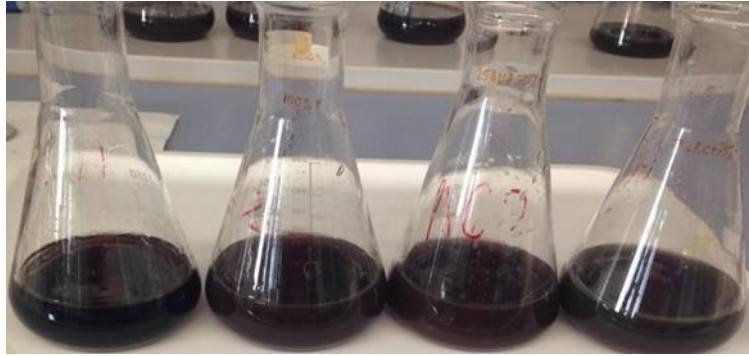


Figura 18. Detalle de la coloración al final de la valoración de las muestras de suelo

Conociendo los mL de valorante consumido, ya se puede aplicar la fórmula siguiente:

$$\%C = \frac{[(V_1 \times N_1 \times f_1)CrO_7 - (V_2 \times N_2 \times f_2)SO_4Fe] \times P_{eqC} \times F}{m_{muestra}} \times 100$$

Siendo:

V_1 (mL): Volumen de dicromato potásico

V_2 (mL): Volumen de sulfato de hierro (II) consumido

N_1 : Normalidad del dicromato potásico

N_2 : Normalidad del sulfato de hierro (II)

f_1 : factor de corrección del dicromato potásico f_2 : factor de corrección del sulfato de hierro (II)

P_{eqC} (g.meq⁻¹): 0,003 peso equivalente del carbono

F: 1,3 factor de la eficiencia en la reacción de oxidación del carbono orgánico

$m_{muestra}$ (g): peso de la muestra de suelo

Como el factor de relación de contenido de carbono en la materia orgánica es 1,724 se tiene que:

$$\% M.O = \%C \times 1,724$$

3.2.2.4 Medida del pH y conductividad

Se preparan vasos precipitados con 10 g de muestra de suelo .Por un lado, para determinar el pH se adiciona a cada vaso 25 mL de agua destilada. Por otro, para conocer la conductividad eléctrica se añade a cada muestra de suelo 50 mL de agua destilada.

Los vasos se colocan en un agitador durante 40 minutos (figura 19).

Por último, se colocan en un aparato multi-parámetro que proporciona directamente los resultados de pH y conductividad eléctrica (figura 20).



Figura 19. Muestras de suelo en el agitador

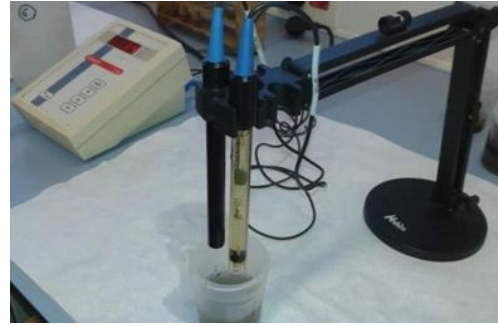


Figura 20. Aparato medidor multi-parámetro (CONSORT C830)

Es fundamental, que tras cada medida se enjuague el electrodo con agua destilada para minimizar en lo posible errores en la toma de datos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. INFLUENCIA DE LOS FACTORES ESTUDIADOS SOBRE EL DESARROLLO DEL AJENJO *Artemisia absinthium* L.

4.1.1 Utilización de la fibra de coco y la tierra para germinación

Lo que se observó fue lo siguiente:



Figura 21. Siembra en tierra



Figura 22. Siembra en fibra de coco

En el estudio se observó que la fibra de coco fue un sustrato con más eficacia en el momento de germinación que la tierra, ya que en la fibra de coco se obtuvo más del 90% en su germinación y en la tierra menos del 80%.

También se pudo observar que la fibra de coco fue más eficaz que el sustrato comercial que se utilizó en el inicio del estudio para la obtención de las plantas que se utilizaron en las macetas, ya que en ésta no se llegó a obtener más del 80% de germinación.



Figura 23. Sustrato comercial utilizado en el inicio

4.1.2 Evolución de la altura de tallos

En este apartado se ha considerado la evolución de las alturas de los tallos para cada uno de los 5 tipos de sustratos ensayados. El periodo estudiado abarcó desde los 30 DDT hasta el momento de la recolección de las plantas (realizada a los 85 DDT).

Las figuras 24 a 29 muestran el aspecto de las plantas sometidas a los tres tratamientos fertilizantes

y dispuestas en los cinco grupos de sustratos considerados. Se observa una marcada heterogeneidad entre plantas de un mismo tratamiento. Ello remarca la necesidad de plantear este estudio en un tiempo de ensayo más dilatado, para poder llegar a detectar influencia debida a los factores a considerar (sustrato y fertilizante).

Aporte del 100% de fertilizante



Figura 24. Ensayo con 100% de fertilizante (a los 30 DDT)



Figura 25. Ensayo con 100% de fertilizante (a los 85 DDT)

Zona del estudio aplicando el 50% de fertilizante en función de los 5 tipos de sustrato:



Figura 26. Ensayo con 50% de fertilizante (a los 30 DDT)



Figura 27. Ensayo con 50% de fertilizante (a los 85 DDT)

Tercer ensayo: sin la aplicando de fertilizante dependiendo de los 5 tipos de sustrato:



Figura 28. Ensayo sin fertilizante (a los 30 DDT)



Figura 29. Ensayo sin fertilizante (a los 85 DDT)

4.1.2.1 Altura final en cuanto el sustrato

Tabla ANOVA para altura final por sustrato

Fuente	Suma de cuadrados	de DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	176,444	4	44,1111	1,56	0,2040
Dentro de los grupos	1132,0	40	28,3		
Total (Corr.)	1308,44	44			

Las pruebas de rango múltiple para la final de altura de sustrato

Método: 95,0 por ciento LSD

substrato	Conde	Significa	Grupos homogéneos
4	9	23,5556	X
1	9	24,3333	XX
5	9	26,6667	XX
2	9	26,8889	XX
3	9	29,1111	X

Contraste	SIG.	Diferencia	+/-Límites
1 - 2		-2,55556	5,06839
1 - 3		-4,77778	5,06839
1 - 4		0,777778	5,06839
1 - 5		-2,33333	5,06839
2 - 3		-2,22222	5,06839
2 - 4		3,33333	5,06839
2 - 5		0,222222	5,06839
3 - 4	*	5,55556	5,06839
3 - 5		2,44444	5,06839
4 - 5		-3,11111	5,06839

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

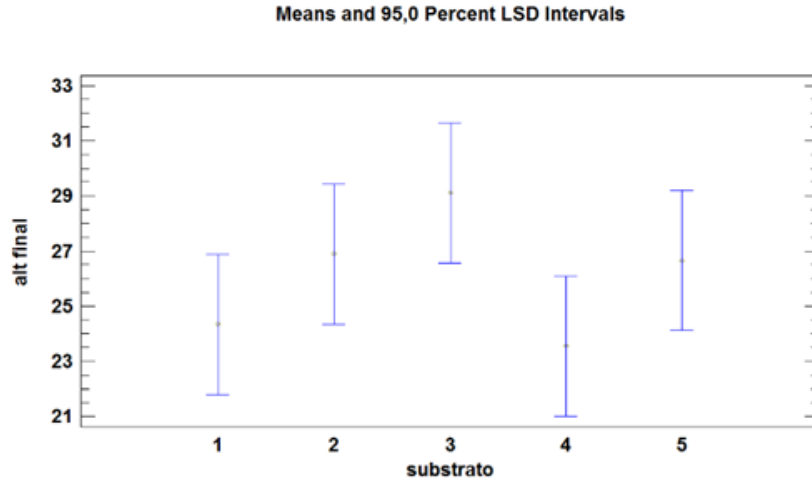


Figura 30. Altura final tomando como base el substrato

La gráfica anterior (figura 30) de comparación de medias indica que la utilización de únicamente fibra de coco como substrato (1) proporciona la menor altura final de planta. Resulta en este sentido positivo su combinación con tierra. A medida que la proporción de fibra de coco se va reduciendo, los resultados a estudiar mejoran. Se obtiene el valor máximo con una relación 1:1 entre fibra de coco y tierra (3).

Paradójicamente, la combinación 1:3 entre los substratos (4) ha proporcionado el menor valor. Esta observación sugiere que este tipo de estudio debería repetirse tomando en cuenta lo indicado en el apartado 4.1.2.

4.1.2.2 *Altura final en cuanto fertilizante*

Tabla ANOVA para altura final por fertilizante

Fuente	Suma de cuadrados	DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	60,9778	2	30,4889	1,03	0,3671
Dentro de los grupos	1247,47	42	29,7016		
Total (Corr.)	1308,44	44			

Las pruebas de rango múltiple para la final de altura por fertilizante

Método: 95,0 por ciento LSD

fertil	Conde	Significa	Grupos homogéneos
2	15	24,8667	X
1	15	25,8	X
3	15	27,6667	X

Contraste	SIG.	Diferencia	+/-Límites
1 - 2		0,933333	4,01605
1 - 3		-1,86667	4,01605
2 - 3		-2,8	4,01605

* denota una diferencia estadísticamente significativa.

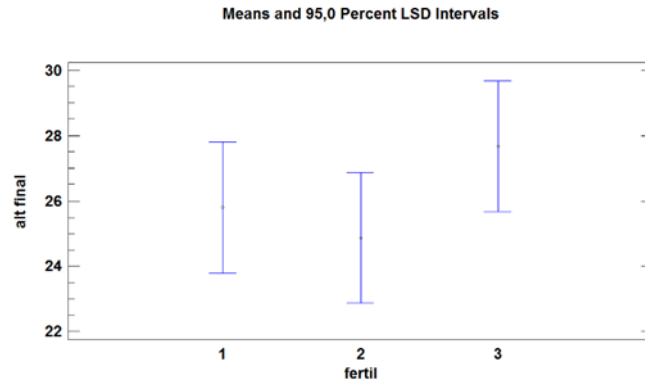
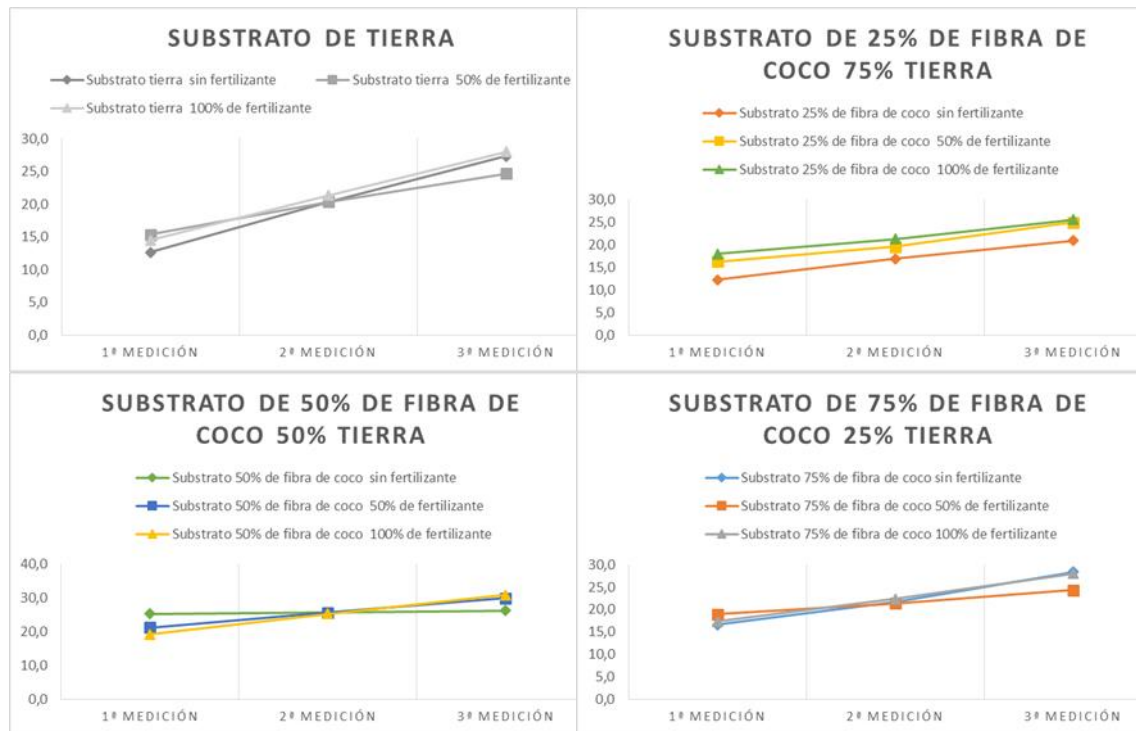


Figura 31. Altura final tomando como base el fertilizante

Según los resultados obtenidos en el análisis y plasmados en el gráfico se observa que al aportarle a la planta el 100% de fertilizante ésta presenta un mayor desarrollo y una mayor altura que en los demás ensayos (“sin fertilizante” y con el “50% de fertilizante”). Los menores valores medios se han obtenido con el aporte del “50% de fertilizante”.

A continuación (figura 32) se presentan las medidas (valores medios de las tres macetas por tratamiento) tomadas después de cada aporte de fertilizante. Éstas corroboran la mejor respuesta, en general, obtenida con el aporte de “100% de fertilizante”, tal como se ha comentado anteriormente.



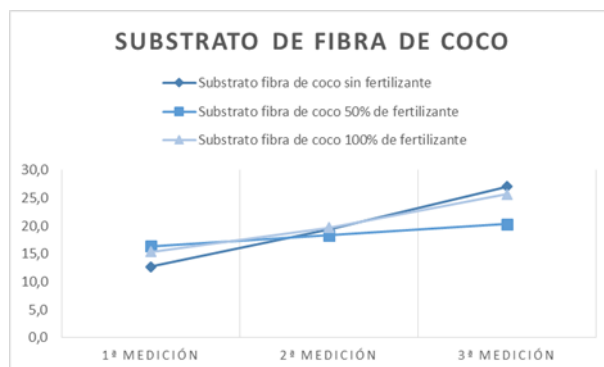


Figura 32. Valores medios de altura de planta a lo largo del ensayo en función de los substratos

4.1.3 Efecto del tipo de substrato y dosis de fertilizante en el rendimiento aéreo en fresco

Los resultados obtenidos del análisis de varianza indican que para el material vegetal obtenido tras el periodo de estudio existen diferencias en el rendimiento aéreo en fresco (hojas y tallos) obtenido por efecto del substrato. Existieron diferencias significativas en los rendimientos aéreos en fresco (RAF) obtenidos por efecto de la dosis nitrogenada. En la siguiente tabla 2 se muestran los valores medios para cada tratamiento.

Tabla 2. Valores medios de rendimiento aéreo en fresco (g/maceta).

Dosis N (kg.ha ⁻¹)	Tipo de substrato				
	F.C.25	F.C.50	F.C.75	T.100	F.C.100
0	37,88	51,28	97,90	135,06	56,6
10	45,19	69,19	42,57	53,16	33,22
20	34,83	66,41	81,05	91,8	39,57

El mejor rendimiento aéreo en fresco se obtuvo para el tratamiento de 100% de tierra sin aplicación de dosis nitrogenada con un valor medio de 135,06 g/maceta, pero, tal como se observa en la figura 29, una de las plantas presentó un desarrollo anormalmente vigoroso, en comparación con el resto de individuos.

La representación gráfica de los intervalos de comparación de medias (figura 33) muestra la gran diferencia en rendimiento aéreo en fresco obtenido con la utilización de los distintos tipos de substrato.

4.1.3.1 Peso aéreo fresco en cuanto al substrato

Tabla ANOVA para peso fresco parte aérea por substrato

Fuente	Suma de cuadrados	DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	17308,3	4	4327,08	1,81	0,1468
Dentro de los grupos	95858,8	40	2396,47		
Total (Corr.)	113167,	44			

Las pruebas de rango múltiple para el peso fresco parte aérea por substrato

Método 95 por ciento (LSD)

substrato	Count	Mean	Homogeneous Groups
4	9	39,3011	X
1	9	43,1489	X
3	9	62,2922	XX
2	9	70,3567	XX
5	9	93,3544	X

Contrast	Sig.	Difference	+/- Limits
1 - 2		-27,2078	46,6405
1 - 3		-19,1433	46,6405
1 - 4		3,84778	46,6405
1 - 5	*	-50,2056	46,6405
2 - 3		8,06444	46,6405
2 - 4		31,0556	46,6405
2 - 5		-22,9978	46,6405
3 - 4		22,9911	46,6405
3 - 5		-31,0622	46,6405
4 - 5	*	-54,0533	46,6405

* denota una diferencia estadísticamente significativa

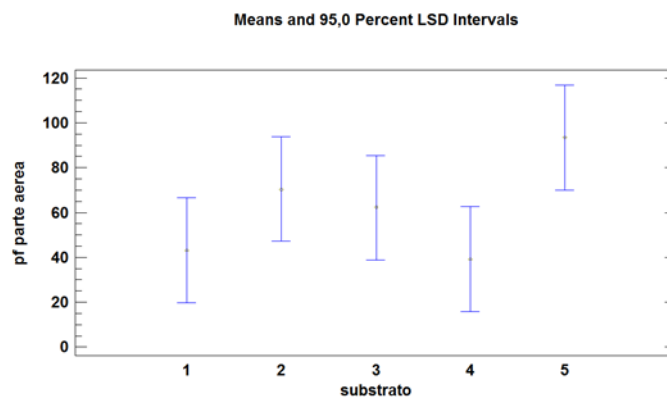


Figura 33. Rendimiento aéreo en fresco por sustrato

Dicho gráfico pone de manifiesto que de los cinco tipos de sustratos utilizados en los ensayos el sustrato que muestra mejor rendimiento en cuanto a peso fresco fue el sustrato que contiene el 100% de tierra.

Se pudo observar que la fibra de coco, aunque no fue un sustrato (en una proporción del 100%) totalmente excelente en cuanto al desarrollo en peso fresco (1), presenta mejores resultados en combinación con tierra. Como excepción hay que indicar la relación 25% de fibra de coco - 75% de tierra (4). En este sentido hay que recordar lo indicado en el apartado 4.1.2.

4.1.3.2 Peso aéreo fresco en cuanto a fertilizante

Tabla ANOVA para peso fresco parte aérea por fertilizante

Fuente	Suma de cuadrados	de DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	3769,06	2	1884,53	0,72	0,4910
Dentro de los grupos	109398,	42	2604,72		
Total (Corr.)	113167,	44			

Las pruebas de rango múltiple para el peso fresco parte aérea por fertilizante

Método: 95,0 por ciento LSD

fertil	Conde	Significa	Grupos homogéneos
2	15	49,9973	X
3	15	62,7327	X
1	15	72,342	X

Contraste	SIG.	Diferencia	+/-Límites
1 - 2		22,3447	37,6088
1 - 3		9,60933	37,6088
2 - 3		-12,7353	37,6088

* denota una diferencia estadísticamente significativa

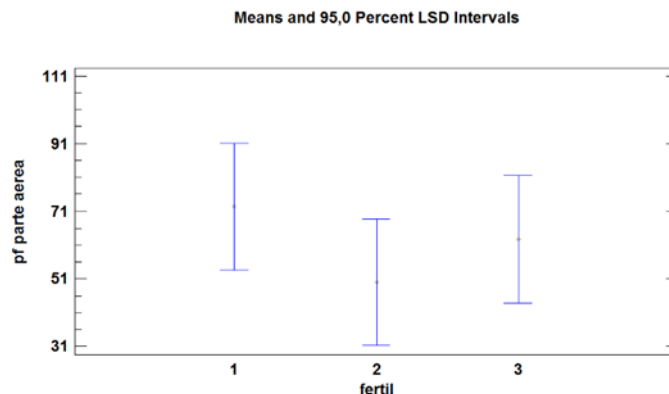


Figura 34. Rendimiento aéreo en fresco por fertilizante

Según el análisis obtenido y la figura 34 anterior, de los tres ensayos realizados el que mejor peso fresco proporcionó fue el ensayo “sin aporte de fertilizante”.

Aun así, considerando los tratamientos con aporte de fertilizante, se observa una respuesta positiva de la mayor dosis frente a la menor.

Observando la gráfica la diferencia entre el ensayo con el aporte del 100% de fertilizante al sin el aporte de fertilizante no es una diferencia exagerada, pero sí un poco llamativo, ya que la planta sin aporte ninguno de fertilizante llegó a obtener mayor peso. Se repiten las observaciones indicadas en este sentido en los apartados anteriores.

4.1.4 Efecto del tipo de sustrato y dosis de fertilizante en el peso seco de la parte aérea

En la siguiente tabla 3 se muestran los valores medios para cada tratamiento:

Tabla 3. Valores medios de rendimiento aéreo en seco (g/maceta).

Dosis N (kg.ha ⁻¹)	Tipo de sustrato				
	F.C.25	F.C.50	F.C.75	T.100	F.C.100
0	16,85	14,75	10,70	32,62	11,67
10	12,47	19,28	14,21	10,75	8,59
20	19,84	18,97	10,06	19,94	11,61

El mejor rendimiento aéreo en seco se obtuvo para el tratamiento de 100% de tierra sin aplicación de dosis nitrogenada con un valor medio de 32,62 g/maceta. Véase lo comentado en este sentido en el apartado 4.1.3 respecto a la tabla 3.

4.1.5 Efecto del tipo de sustrato y dosis de fertilizante en el peso en fresco de raíces

El desarrollo de los sistemas radiculares está condicionado fundamentalmente por cuatro factores: temperatura, humedad, aireación y resistencia mecánica del suelo. La obtención de raíces del experimento se produjo el mismo día en el que se realizó la obtención del material vegetal final de las plantas. En la siguiente tabla 4 se muestran los valores medios para cada tratamiento:

Tabla 4. Valores medios de rendimiento de raíces en fresco (g/maceta)

Dosis N (kg.ha ⁻¹)	Tipo de sustrato				
	F.C.25	F.C.50	F.C.75	T.100	F.C.100
0	18,14	40,75	21,65	19,87	29,13
10	15,48	30,02	25,53	17,57	39,77
20	21,34	36,38	44,9	21,08	22,79

En este análisis de raíces se observa que la planta de ajeno es bastante capaz de producir muchas raíces sin importar la cantidad de nitrógeno que se aporta a la planta, aunque se observó que el sustrato que menos le favorece para la producción de raíces es la tierra 100%.

El tratamiento que produjo mayor cantidad de raíces fue el tercero: con el aporte de 100% de nitrógeno y con el sustrato de 75% fibra de coco - 25% de tierra, obteniéndose 44,9 g/maceta de raíces.

La representación gráfica de los intervalos de comparación de medias muestra la gran diferencia en rendimiento de raíz en fresco obtenido entre los distintos tipos de sustrato (figura 35).

4.1.5.1 Peso fresco raíces en cuanto al sustrato

Tabla ANOVA para peso fresco raíces de sustrato

Fuente	Suma de cuadrados	DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	1831,08	4	457,771	2,50	0,0578
Dentro de los grupos	7331,83	40	183,296		
Total (Corr.)	9162,91	44			

Las pruebas de rango múltiple para peso fresco de raíces de sustrato

Método: 95,0 por ciento LSD

sustrato	Conde	Significa	Grupos homogéneos
4	9	18,3189	X
5	9	21,2933	X
1	9	29,4533	XX
2	9	30,6944	XX
3	9	35,7122	X

Contraste	SIG.	Diferencia	+/-Límites
1 - 2		-1,24111	12,8989
1 - 3		-6,25889	12,8989
1 - 4		11,1344	12,8989
1 - 5		8,16	12,8989
2 - 3		-5,01778	12,8989
2 - 4		12,3756	12,8989
2 - 5		9,40111	12,8989
3 - 4	*	17,3933	12,8989
3 - 5	*	14,4189	12,8989
4 - 5		-2,97444	12,8989

* denota una diferencia estadísticamente significativa

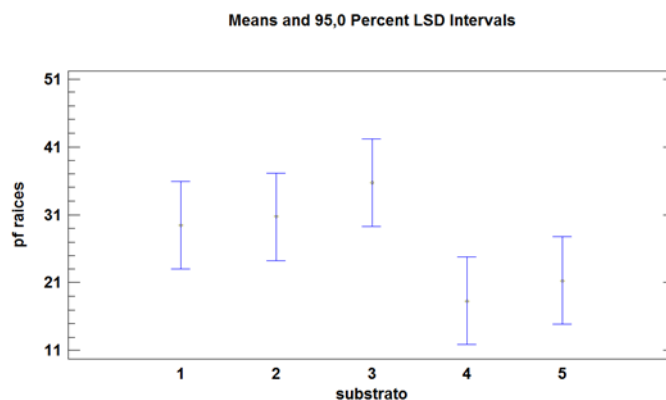


Figura 35. Rendimiento radicular en fresco por substrato

Lo que se puede llegar a observar en el análisis realizado para el peso fresco de raíces que entre el substrato contenga más tierra existe un menor crecimiento radicular de la planta esto se puede deber a las propiedades físicas y químicas de este tipo de substrato, comparativamente denso y compacto. Esto quiere decir que es un substrato que no favorece tanto un adecuado desarrollo radicular en comparación con las combinaciones con fibra de coco. La fibra de coco tiene una menor densidad aparente y, por tanto, existe una mayor porosidad, una elevada aeración y una mejor circulación de agua y debido a estos factores las raíces tienen un mejor desarrollo.

La combinación que mejores resultados ofreció fue 50% de fibra de coco - 50% de tierra. Las raíces tienen un crecimiento similar en los tres tratamientos esto quiere decir que la combinación de ambos substratos ayuda a la planta a producir una cantidad similar de raíces.

Por tanto, se puede llegar a observar que el substrato de fibra de coco ayuda a la planta en cuanto a la producción radicular: a mayor cantidad de este tipo de substrato, mayor peso fresco de raíces.

4.1.5.2 Peso fresco raíces en cuanto al fertilizante

Tabla ANOVA para peso fresco raíces en cuanto fertilizante

Fuente	Suma de cuadrados	de DF	Cuadrado medio	F-cociente	Valor de P
Entre los grupos	65,8327	2	32,9163	0,15	0,8595
Dentro de los grupos	9097,08	42	216,597		
Total (Corr.)	9162,91	44			

Las pruebas de rango múltiple para peso fresco de raíces en cuanto a fertilizante

Método: 95,0 por ciento LSD

fertil	Conde	Significa	Grupos homogéneos
2	15	25,674	X
1	15	26,9793	X
3	15	28,63	X

Contraste	SIG.	Diferencia	+/-Límites
1 - 2		1,30533	10,8451
1 - 3		-1,65067	10,8451
2 - 3		-2,956	10,8451

* denota una diferencia estadísticamente significativa

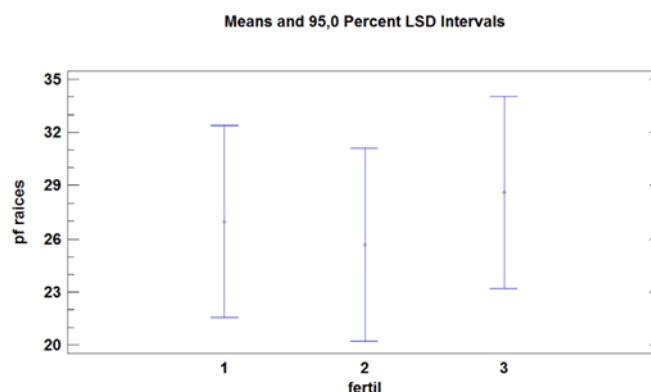


Figura 36. Rendimiento radicular en fresco por fertilizante

Según el análisis antes realizado se pudo llegar a observar que en el ensayo del aporte del 100% de fertilizante la planta muestra un mejor desarrollo radicular llegándose a observar diferencias en cuanto a los otros dos ensayos realizados.

Si se comparan en la gráfica los tipos de ensayos (1) “sin aporte de fertilizante” y (2) “con el aporte del 50% de fertilizante” el primero de ellos presentó mejores valores que “con el aporte del 50% de fertilizante”, aun no siendo muy grande la diferencia.

4.1.6 Efecto del sustrato y dosis de fertilizante en el peso seco de raíces

En la siguiente tabla 5 se muestran los valores medios para cada tratamiento:

Tabla 5. Valores medios de rendimiento de raíces en seco (g/maceta)

Dosis N (kg.ha ⁻¹)	Tipo de sustrato				
	F.C.25	F.C.50	F.C.75	T.100	F.C.100
0	6,72	17,24	7,12	9,45	6,67
10	9,56	10,73	5,21	7,30	13,60
20	18,39	14,02	8,02	7,09	6,17

El ensayo en el que se observó el mayor peso en seco fue con el aporte del “100% de fertilizante” con la combinación del sustrato de 75% de tierra - 25% de fibra de coco, obteniéndose un valor de 18,39 g/maceta.

4.2 ANÁLISIS DE SUELO: CARACTERIZACIÓN DE LOS SUBSTRATOS UTILIZADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del análisis de los distintos tipos de sustratos:

4.2.1 Tierra

Interpretando los resultados del análisis de la tabla 6 se deduce que el sustrato ‘tierra’ procedente de las parcelas UPV es un suelo denso, medianamente básico con un bajo contenido en materia orgánica.

Tabla 6. Características del sustrato ‘tierra 100%’

Sustrato	Granulometría		Dens. apa.	M.O.	pH	C.E.
	E.G. %	F.F. %	kg.m ⁻³	%	H ₂ O	dS.m ⁻¹
Tierra 100%	23,8	76,2	1.356,19	1,43	7,64	0,142

E.G.=elementos gruesos; F.F.=fracción fina; M.O.=materia orgánica; C.E.= conductividad eléctrica

4.2.2 Fibra de coco

Se utilizó un sustrato profesional EJITURBAS de fibra de coco, cuyas características son:

Tabla 7. Especificaciones técnicas de la fibra de coco

pH	C.E. a 20°C	M.O. total	C/N	C.I.C	Capacidad retención agua
H ₂ O	dS.m ⁻¹	%		meq/100 g	
5,5-6,5	<1	94-98	80	60-130	8-9 veces su peso

C.E.= conductividad eléctrica; M.O.=materia orgánica; C.I.C.=capacidad de intercambio catiónico

Los sustratos analizados fueron una mezcla de tierra con fibra de coco en proporción 1:3,1:1 y 3:1 cuyos resultados se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Características de mezclas de fibra de coco con tierra

Sustrato	Granulometría		Dens.apa. kg.m ⁻³	M.O. %	pH H ₂ O	C.E. dS.m ⁻¹
	E.G. %	F.F. %				
25% F.C.+75% Tierra	26,8	73,2	1.105,64	0,78	7,79	0,23
50% F.C.+50% Tierra	24,8	75,2	971,20	5,00	7,74	0,26
75% F.C.+25% Tierra	27,7	72,3	580,49	9,42	7,64	0,52

F.C.=fibra de coco; E.G.=elementos gruesos; F.F.=fracción fina; M.O.=materia orgánica; C.E.= conductividad eléctrica

Según el análisis realizado a mayor proporción de fibra de coco, el suelo es considerablemente más ligero y rico en materia orgánica, disminuye ligeramente su pH y aumenta su conductividad debido al incremento de las sales.

Las grandes diferencias entre sustratos no solo queda patente en los resultados obtenidos del análisis, sino que también se puede constatar si se observa la diferencia de coloración de los mismos.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo se llegó a observar que la germinación del ajeno se comportó de mejor manera en el sustrato de fibra de coco ya que se obtuvo un porcentaje de germinación de casi el 100%, mostrando así importantes diferencias frente a los otros dos tipos de sustratos, ya que con tierra obtuvo un 80% de germinación y en el sustrato comercial se obtuvo menos del 80%.

Se comprueba la influencia del tipo de sustrato sobre el desarrollo inicial de ajeno, observación muy evidente durante la obtención final del material vegetal; además se aprecia la influencia del aporte de fertilizante. Se obtuvieron elevados valores de peso en fresco para el ajeno con las mayores dosis de fertilizante, presentando asimismo un buen desarrollo global. Aunque observando los tres ensayos, el que tuvo un número equilibrado en cuanto a peso de raíces fue el sustrato con el contenido de 50% de FC y 50% de T.

En paralelo se observó que la planta de ajeno es muy capaz de desarrollar un buen sistema radical, apreciándose el mejor aspecto y cantidad de raíces en las plantas cultivadas con el sustrato combinado entre fibra de coco y tierra. Pero el que más le favoreció fue el sustrato de 50% de fibra de coco - 50% de tierra. Las raíces tienen un crecimiento similar en los tres tratamientos, esto quiere decir que la combinación de ambos sustratos ayuda a la planta a producir un buen sistema radical. La respuesta fue, en general, buena para las diferentes dosis de fertilizante ensayadas. El comportamiento fue claramente mejor que utilizando únicamente fibra de coco o tierra como sustrato.

En definitiva, el desarrollo global de la planta de ajeno en sus fases iniciales no presenta una gran diferencia con el aporte de fertilizante nitrogenado o sin él ya que la planta se comportó de buena manera en cuanto al desarrollo vegetativo y desarrollo de raíz. Pero, en cuanto al desarrollo considerando el sustrato utilizado se observó que la combinación de tierra con fibra de coco le va mejor para el desarrollo de la planta.

Comentarios al trabajo

Aun existiendo estudios previos realizados a finales de invierno-principio de primavera de 2016, estos no se pudieron finalizar y, por tanto, aprovechar posible y valiosa información para este trabajo. Se plantearon nuevos estudios a partir de mayo, pero una parte de los mismos enfocada a analizar el comportamiento del estaquillado de esta planta, tomando en cuenta los diferentes sustratos y aplicaciones fertilizantes expuestas en este trabajo, no dio resultado.

Por ello, el estudio se redujo a trabajar con la propagación del ajeno mediante semilla.

Este aspecto tuvo, asimismo, la limitación temporal, es decir, una siembra excesivamente tardía como para poder obtener planta suficientemente desarrollada en la fecha de entrega de este Trabajo. Por ello, han sido decisivas las diferencias entre plantas achacables a su variabilidad genética, enmascarando los posibles efectos debidos a los sustratos y dosis de fertilizante a ensayar.

Por ello, se sugiere replantear este estudio comenzando ya en el periodo de transición invierno-primavera. Asimismo, sería mejor utilizar planta seleccionada y caracterizada, con el fin de obtener material vegetal homogéneo (semillas y esquejes).

6. BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA de la Luz, L., & Castro Armas, R. (2010) Cultivo, cosecha y procesamiento poscosecha de *Artemisia annua* L. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 15(2), 75-95.

ARIÑO, A., ARBERAS, I., RENOBABLES, G., ARRIAGA, S. and DOMINGUEZ, J.B. (1999) Seasonal variation in wormwood (*Artemisia absinthium* L.) esencial oil composition. *J. Essent. Oil Res.* 11, 619-622.

FERNÁNDEZ-POLA, J. (1996) Cultivos de plantas medicinales, Aromáticas y condimenticias, Edición OMEGA, S.A. 312 pp.

GRAU, J.; JUNG, R. y MÜNKER, B. (1994) *Enciclopedia de la naturaleza: Guía de las plantas medicinales, bayas, verduras silvestres*. Ed. Plaza Janes, D.L. Barcelona. 287 pp.

MORÉ, E. y COLOM, A. (2002) Distribución comercial de plantas aromáticas y medicinales en Cataluña *Investigación Agraria.: Producción y protección vegetal*, 17 (1): 43-66

MUÑOZ LÓPEZ DE BUSTAMANTE, F. (1996) *Plantas medicinales y aromáticas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 365 pp.

PINA, J.A. (2009) *Propagación de plantas*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia (UPV). 415 pp.

URBANO, P. (2002) *Fitotecnia- Ingeniería de la producción vegetal*, Ed. MUNDI-PRENSA, Madrid. 528 pp.

PÁGINAS WEB

MAGRAMA (2014). *Cultivos industriales: Resumen nacional de superficie, rendimiento y producción, 2013*.
http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2014/AE_2014_13_04_01.pdf [Fecha de consulta: 20 de julio de 2016].

POTASSIUM NITRATE ASSOCIATION. *Resumen de características y beneficios del nitrato de potasio*. <http://www.kno3.org/es/product-features-a-benefits/potassium-nitrate-product-features-and-benefits-overview> [Fecha de consulta: 28 de junio de 2016].

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA. *Las plantas aromáticas y medicinales. Futuro y potencialidad en Extremadura*.

http://www.unex.es/conoce-laex/centros/eia/archivos/iag/2010/2010_08%20Las%20plantas%20aromaticas%20y%20medicinales.%20Futuro%20y%20potencialidad%20en%20Extremadura.pdf [Fecha de consulta: 11 de junio de 2016].

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. *Producción y comercialización de PAM en España*. <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/uso-industrial-de-plantas-aromaticas-y-medicinales/material-de-clase> [Fecha de consulta: 15 de junio de 2016].

<http://www.botanical-online.com/florajenjo.htm> *El cultivo del ajeno* [Fecha de consulta: 15 de junio de 2016].