

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACA Y ANÁLISIS DEL ACEITE
ESENCIAL DE ANISILLO (*Tagetes filifolia*)**

IBES ANDRÉS QUINTERO DÍAZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
AREA DE ENFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2013**

**PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACA Y ANÁLISIS DEL ACEITE
ESENCIAL DE ANISILLO (*Tagetes filifolia*)**

IBES ANDRÉS QUINTERO DÍAZ

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Magíster en Ciencias Agrarias con Énfasis en Producción de Cultivos**

**Director de Trabajo:
JORGE FERNANDO NAVIA ESTRADA I.A., Ph. D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
MAESTRIA EN CIENCIAS AGRARIAS
AREA DE ENFASIS PRODUCCIÓN DE CULTIVOS
SAN JUAN DE PASTO
2013**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

Las ideas y conclusiones aportadas en el siguiente trabajo son responsabilidad exclusiva del autor.

Artículo 1^{ro} del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966 emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

Firma del Presidente de tesis

Firma del jurado

Firma del jurado

San Juan de Pasto, Mayo de 2013

DEDICADO A:

Mis padres
Mis hermanos
Mis familiares
Mis amigos y amigas

AGRADECIMIENTOS

- ✓ DIOS
- ✓ Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- ✓ Universidad de Nariño.
- ✓ Alcaldía Municipal de Mallama.
- ✓ Fundación Sindagua.
- ✓ Jorge Fernando Navia Estrada I.A. Ph.D.
- ✓ Carlos Andrés Benavides Cardona I.A. M.Sc.
- ✓ Jorge Alberto Vélez Lozano I.AF. M.Sc.
- ✓ Diego Andrés Muñoz Guerrero I.AF. M.Sc.
- ✓ Luis Fernando Cañar Díaz I.A.
- ✓ Brayan Stiv Cañar I.A.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	14
1. TITULO	16
2. MARCO TEORICO	16
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE TAGETES FILIFOLIA	17
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE <i>TAGETES FILIFOLIA</i>	18
2.3 DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO TAGETES.....	18
2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	18
2.5 ANTECEDENTES ETNOBOTÁNICOS	19
2.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LA ESPECIE	20
2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE <i>TAGETES FILIFOLA</i>	21
2.8 ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE TAGETES FILIFOLIA	22
2.9 PROPAGACIÓN VEGETATIVA A PARTIR DE ESQUEJES	22
2.10 FACTORES IMPORTANTES EN EL PROCESO DE ENRAIZAMIENTO	24
2.11 ACEITES ESENCIALES (AE)	26
2.11.1 Definición.	26
2.11.2. Fuentes y ubicación de los aceites esenciales (AE) en la planta.	26
2.11.3 Aplicaciones de los aceites esenciales.....	26
3. MATERIALES Y METODOS	28
3.1 LOCALIZACIÓN.....	28
3.2 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.3 CAMA DE PROPAGACIÓN	29

3.4	LUGAR DE RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL.....	29
3.5	VARIABLES EVALUADAS.....	29
3.6	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1	PROPAGACIÓN VEGETATIVA	32
4.2	PORCENTAJE DE MORTALIDAD	32
4.3	NÚMERO DE YEMAS BROTADAS (YB)	33
4.4	NÚMERO DE HOJAS POR ESQUEJE (NE)	34
4.5	PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO	34
4.6	GRADO DE ENRAIZAMIENTO.....	35
4.7	ACEITES ESENCIALES DE <i>T. FILIFOLIA</i>	38
5.	CONCLUSIONES	40
6.	RECOMENDACIONES	41
	BIBLIOGRAFIA.....	42
	ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis de varianza. para las variables, porcentaje de mortalidad (PM), yemas brotadas (YB), hojas por esqueje (HE), porcentaje de enraizamiento (PE) y grado de enraizamiento (GE), evaluados en esquejes de <i>Tagetes filifolia</i> , Mallama Nariño, 2012.....	32
Tabla 2. Porcentaje de mortalidad (PM) de esquejes, yemas brotadas (YB), número de hojas por esqueje (NE) y porcentaje de enraizamiento (PE) de <i>Tagetes filifolia</i> sembrados para enraizamiento en sustratos obtenidos por diferentes combinaciones de suelo y arena de río, en el municipio de Mallama. Prueba de tukey ($p < 0.05$). Mallama, Nariño, 2012.....	33
Tabla 3. Porcentajes de distribución de los esquejes vivos, según su grado de enraizamiento, en los diferentes sustratos analizados, Mallama Nariño, 2012.	36

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación del municipio de Mallama en el departamento de Nariño, Colombia.....	28
Figura 2. Distribución porcentual de los esquejes de <i>T. filiformis</i> , según el grado de enraizamiento alcanzado en tres sustratos diferentes.....	37

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Resultados correspondientes a la última evaluación del comportamiento de las variables de enraizamiento en sustratos con diferentes proporciones de suelo: arena en el municipio de Mallama, Nariño, 2012. (Datos promedios de 10 esquejes)	51
Anexo B. Salidas de SAS para cada una de las variables analizadas.	52

RESUMEN

El presente estudio se realizó en la finca experimental “Andalucía”, Institución Educativa Agropecuaria San Juan Bautista de La Salle, municipio de Mallama (Nariño) a una altura de 1401 msnm y ubicada a 1° 11.235´ latitud Norte y 77° 56.933´ longitud Oeste. Con el objetivo de evaluar la propagación vegetativa por medio de estacas de Anisillo (*Tagetes filifolia*) en cinco sustratos y determinar la composición de su aceite esencial. Se utilizó un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y cuatro repeticiones (T1: tierra 100%; T2 tierra 70% - arena 30%; T3: tierra 50% - arena 50%; T4: tierra 30% - arena 70% y T5: arena 100%). La propagación se evaluó mediante las variables porcentaje de mortalidad (PM), yemas brotadas (YB), hojas por esqueje (HE), porcentaje de enraizamiento (PE) y grado de enraizamiento (GE). El tratamiento T1, produjo mayores valores de PE y YB, mientras que T5 indujo mayor número de hojas/esqueje; el grado de enraizamiento promedio no mostró variaciones en los tratamientos aunque en T5 y T4 fue notorio el mayor número de esquejes con grado 5. El análisis del aceite esencial de plantas de *Tagetes filiformis* mostró la presencia de 35 componentes; los más importantes fueron estragol (28%) y *trans*-anetol (69%).

Palabras clave: Reproducción vegetal, biopesticidas, sustratos, grado de enraizamiento, aceites esenciales

ABSTRACT

This study was carried out on the experimental farm "Andalusia", of school Agricultural San Juan Bautista de La Salle, municipality of Mallama (Nariño) at an altitude of 1401 m and located 1 ° 11.235' N and 77 ° 56.933'W. The objective was to evaluate the vegetative propagation by cuttings of anisillo (*Tagetes filifolia*) in five substrates and determine the composition of its essential oil. We used a completely randomized design with five treatments (T1: 100% soil, T2: soil 70% + 30% sand; T3: soil 50% + 50% sand, T4: soil 30% + 70% sand and T5: sand 100 %) and four replications. The vegetative propagation was assessed by the variables percentage mortality (PM), buds sprouted (YB), leaves from cuttings (HE), rooting percentage (PE) and degree of rooting (GE). T1 induced the higher values of PE and YB, while T5 induced the higher number of cutting leaves; the average degree of rooting showed no variation in the treatments, although T5 and T4 showed a high number of cuttings grade 5. The essential oil analysis of *Tagetes filiformis* showed the presence of 35 components, the most important were estragol (28%) and *trans*-anethole (69%).

Key words: Plant propagation, biopesticides, substrates, rooting grade, essential oils.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial, sin embargo, esta ventaja no podrá ser aprovechada y transformada en desarrollo, hasta que no se generen conocimientos científicos y tecnológicos propios (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos “Alexander Von Humboldt, 2002). Según Sánchez (2002), los factores que más inciden en el deterioro ambiental son: el libre acceso a los recursos naturales, ausencia mecanismos que castiguen los daños causados por actividades productivas, falta de incentivos para la protección ambiental, escasa inversión estatal en programas ambientales, sector productivo ineficiente, pobreza y bajo nivel educativos de la población, escasa investigación.

El municipio de Mallama departamento de Nariño, cuenta con una extensión aproximada de 56.530 Km² y una población de 9.000 habitantes, de los cuales el 80% son indígenas de la etnia de los Pastos que tienen costumbres y tradiciones culturales importantes especialmente en cuanto a la medicina tradicional. La principal actividad socioeconómica de la población, son las prácticas agropecuarias como la explotación de cultivos de caña, papa y ganadería extensiva, está a provocado impactos negativos como es la pérdida de plantas que tienen importancia medicinal, aromática y condimentaria (Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, 2008).

Según un estudio realizado en el municipio de Mallama, sobre caracterización etnobotánica de plantas aromáticas, medicinales y condimentarias, afirma que existen muchas especies de plantas que contienen aceites de tipo esencial como la menta (*Mentha sp.*), el limoncillo (*Cymbogogon citratus*), y algunas especies de geranios. (Salazar *et al.*, 2010)

El conocimiento y el uso reducido de estos aceites esenciales en Colombia se limitan a estudios realizados por universidades y algunos laboratorios. A pesar de que el país cuenta con una gran riqueza de especies vegetales con excelentes contenidos de aceites esenciales, el desconocimiento de su extracción y producción obliga al país a la importación del 100% de estas materias primas, utilizadas principalmente en la industria farmacéutica, cosmética y alimenticia (Salazar *et al.*, 2010).

Este estudio plantea una investigación sobre la propagación vegetativa y el conocimiento de los ingredientes activos presentes en el aceite esencial de la especie *Tagetes filifolia lag.* (Tribu Tageteae, familia Asteraceae), conocida como “anisillo” o “anis de monte”, una planta anual de porte bajo que alcanza de 5 a 50 cm de altura, según la densidad de población y condiciones del suelo; es herbácea y aromática de condición silvestre, ruderal o viaria (Serrato y Barajas, 2006).

El “anisillo”, es una especie que se encuentra en forma silvestre, su aprovechamiento requiere inicialmente de estudios orientados a la generación de protocolos para su propagación, que garanticen un volumen apropiado de materia prima para la extracción de aceites. Su aceite esencial, presenta propiedades biocidas y repelentes (Cubillos *et al.*, 1999, Camarillo *et al.*, 2007), con rendimiento de aceite cercano al 1% (Serrato *et al.*, 2008), lo que hace promisorio su cultivo en campo.

Como objetivos del presente trabajo se plantearon los siguientes:

- Evaluar las condiciones óptimas de enraizamiento de esquejes de *T. filiformis* mediante la evaluación de sustratos formados con diferentes relaciones de suelo y arena de río.
- Determinar la composición química del aceite esencial de *T. filiformis*.

1. TITULO

“PROPAGACIÓN VEGETATIVA POR ESTACA Y ANÁLISIS DEL ACEITE ESENCIAL DE ANISILLO (*Tagetes filifolia*)”

2. MARCO TEORICO

2.1 SITUACIÓN ACTUAL DE TAGETES FILIFOLIA

Colombia es un territorio caracterizado por su biodiversidad, agrupada en regiones de importancia ecológica a nivel mundial como el Chocó Biogeográfico, el Amazonas, la zona Andina, entre otras; estas condiciones también implican una amplia diversidad étnica y cultural, conformada por grupos indígenas, afrodescendientes y mestizos asentados en estas zonas (Salazar *et al.*, 2010).

Sin embargo, el patrimonio ambiental y cultural va en decadencia debido al abandono tradicional de estas regiones, lo cual conlleva a la escasa promoción y apoyo para el estudio de estrategias investigativas que fomenten la conservación de los conocimientos tradicionales que poseen las diferentes culturas sobre el mundo vegetal como resultado de la transmisión generacional. Además, dicha biodiversidad ha sido tradicionalmente subestimada en las políticas de desarrollo del Estado (Velex, 1999; Salazar *et al.*, 2010).

En el país, se han identificado alrededor de 6.000 plantas con propiedades medicinales de uso popular, sin embargo solo un pequeño porcentaje de estas y sus derivados se transan a nivel internacional y sólo 156 plantas se comercializan a nivel nacional (Velex, 1999; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009).

A nivel nacional, existe un mercado de plantas medicinales que por tradición funciona en las plazas de mercado y se ha desarrollado otro mercado paralelo de fitoterapéuticos en tiendas naturistas y laboratorios generando así un mayor valor agregado del producto. Sin embargo, la expansión y participación de nuevas plantas medicinales en este mercado, no ha tenido el dinamismo esperado según el potencial de nuestros recursos, debido entre otros factores, a la legislación que sobre la materia, rige actualmente (Díaz, 2003).

La mayoría de las especies vegetales se propagan por semilla, sufriendo pequeños cambios en su descendencia pero en muchos casos la semilla presenta condiciones de latencia y vigor, tan complejas, que hacen que la propagación sexual sea difícil y lenta. Una característica particular de muchas especies es su lento crecimiento porstgerminativo, lo cual las hace poco competitivas frente a especies de arvenses más adaptadas; en estos casos, los viveristas han encontrado, principalmente en arbustos ornamentales, que la propagación por medios asexuales es mucho más eficiente que la propagación por semilla (Clavijo y Bareño, 2005).

En una sociedad cada vez más industrializada, las aportaciones de los conocimientos tradicionales sobre las plantas pueden ser fundamentales, no sólo para favorecer la conservación de la biodiversidad en sí misma, sino también

como un recurso potencialmente valioso a la hora de dar soluciones a problemas importantes del mundo actual, especialmente en los aspectos más básicos como la salud o la alimentación (Clavijo y Bareño, 2005).

La parte sagrada de la medicina sigue siendo fundamental el día de hoy para los pueblos indígenas, principalmente en las zonas rurales. Se sigue considerando a la curandería como una actividad sacerdotal y esta profesión es designada por la divinidad; así, Dios elige algunos de sus hijos para que la ejerzan, como una de las misiones más importantes en esta vida, razón por la cual el curandero sigue siendo uno de los personajes más importantes dentro de las comunidades indígenas (Estrada, 1999).

2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE *TAGETES FILIFOLIA*

De acuerdo con Neher (1965), el género *Tagetes* pertenece a la familia Compositae, subfamilia Asteraceae, tribu Helianthae y subtribu Tegetininae; en este género se reconocen los subgéneros *Lucida* y *Tagetes*. Este género cuenta con 56 especies, que incluyen plantas perennes y anuales (Soule, 1996); son conocidas como cempasuchitl o caléndulas (Soule, 1993).

2.3 DISTRIBUCIÓN DEL GÉNERO TAGETES

Se considera que la aparición de la familia *Asteraceae* (*Compositae*) en el continente Americano sucedió aproximadamente hace 65 millones de años (Turner, 1996). El género *Tagetes*, de la subtribu *Tageteae*, cuenta con cerca de 56 especies (Soule, 1993).

El género *Tagetes* es nativo de América, las especies silvestres ocurren desde Arizona y Nuevo México, suroeste de estados Unidos a través de América central hasta Argentina (Calderón y Rzedowski, 2001). En México se encuentra alrededor del 50% de las especies de este género (Turner, 1996).

2.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Según Calderón y Rzedowski (2001), la especie presenta plantas herbáceas anuales o perennes, aromáticas al estrujarse; con hojas todas opuestas, por lo común pinnadas, con numerosas glándulas oleíferas translúcidas; cabezuelas solitarias o más o menos cimoso-corimbas, involucro cilíndrico, fusiforme o angostamente campanulado, sus brácteas de tamaño subigual, unidas entre sí hasta cerca del ápice y provistas de dos hileras de glándulas oleíferas; receptáculo plano o convexo, desnudo; las flores, según Villarreal (2003), son liguladas, por lo general presentes, pistiladas, fértiles, de color amarillo a anaranjadas, rara vez

blancas; flores del disco perfectas, fértiles, usualmente amarillas; ramas del estilo truncadas o con apéndices; aquenios prismáticos a cilíndricos; vilano a menudo de aristas y/o escamas, en otras ocasiones de cerdas y rara vez ausente.

En particular a *T. filifolia* se le conoce como “Anisillo”, “Anís de Monte” o “Encaje Irlandes” (Soule, 1996); igualmente es conocido como curucumin, curujkeramani, putsuri. Es una planta herbácea anual, con un tamaño comprendido entre 10 y 45 cm, con olor a anís al estrujarse; tallos erguidos, generalmente ramificados, estriados, glabros o finalmente pulverulentos; hojas de 1 a 3 cm de largo, pinnadas o bipinnadas, divididas en segmentos lineares filiformes, comúnmente entre 3 a 9 folíolos y hasta 12 mm de largo; involucreo fusiforme o a veces cilíndrico de 6 a 10 mm de largo, con 3-5 brácteas connatas de color verde; flores liguladas (1-3), limbo obovado, de 1 a 2 mm de largo, blanco; flores del disco 3 a 9, tubulares, de 3 a 3.5 mm de largo, amarillas; aquenios lineares, de 4 a 5 mm de largo, estriados; vilano de 2 ó 3 escamas truncadas, alternando con 2 ó 3 aristas de 3 a 4 mm de largo (Calderón y Rzedowski, 2001; Villarreal, 2003).

Según Villarreal (2003), *T. filifolia* es una planta ruderal de cielo abierto, presente en suelos disturbados, en pastizales, bosques de pino, encino y bosques tropicales caducifolios de México, situados entre los 1000 msnm y los 2500 msnm.; la especie puede encontrarse en suelos húmedos y orillas de campos cultivados, desde California y Sonora hasta el norte de Argentina (Calderón y Rzedowski, 2001). Su floración se presenta entre los meses de agosto y diciembre.

2.5 ANTECEDENTES ETNOBOTÁNICOS

Su cultivo y uso se remonta a épocas prehispánicas; debido a su olor característico, algunas especies de *Tagetes* se utilizaron en rituales religiosos como la ceremonia del día de los muertos en México. Además, se consideraban plantas con propiedades medicinales para combatir enfermedades asociadas con el sistema digestivo, respiratorio y otras partes del cuerpo humano, las cuales eran aliviadas con infusiones y tés (Neher, 1968; Pulido, 1993; Soule, 1993; Marotti *et al.*, 2004).

Además se empleaba como componente de bebidas, condimentos y como planta ornamental (Neher, 1968; Pulido, 1993; Soule, 1993; Marotti *et al.*, 2004); en la actualidad forma parte de productos para la alimentación humana (Singh *et al.*, 2003), de sus semillas se extraen fragancias para perfumería (Serrato y Quijano, 1993) además de ser una fuente de alimentación para pollos de engorde (Martínez *et al.*, 2004).

2.6 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LA ESPECIE

Las propiedades biológicas de *Tagetes* afectan diversos organismos como bacterias (Gram positivas y negativas), hongos, nematodos, ácaros e insectos, inclusive otras especies de plantas (Serrato y Quijano, 1993). Además, se les atribuyen propiedades repelentes (Neher, 1968) por lo que el gran espectro de acción biológica de este género puede brindar una alternativa para el control de diversas plagas de forma segura y efectiva (Serrato y Quijano, 1993).

Pocas especies de *Tagetes* han sido estudiadas en relación a su efecto antifúngico siendo la más estudiada *Tagetes erecta* L. que actúa sobre ocho especies fitopatógenas (Rai y Mares 2003; Montes y Prados, 2006; Flores *et al.*, 2006; Pawar y Thaker, 2007), una saprófita y una dermatofita (Rai y Mares 2003). *T. lucida* Cav. Inhibe el crecimiento de cinco especies fitopatógenas y una dermatofita (Céspedes *et al.*, 2006; Ávila *et al.*, 2010), mientras que *T. filifolia* inhibe a hongos fitopatógenos como *Botrytis cinérea* Pers. y *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. (Romagnoli *et al.*, 2005). Otra especie, *T. patula* L. muestra efectos inhibitorios sobre *Monilia* sp., *Fusarium moniliforme* Sheld. y *Pythiumultimum* Trow (Mares *et al.*, 2004; Teodorescu *et al.*, 2009).

En cuanto a su efecto sobre insectos plaga, Cubillo *et al.*, (1999) reportan que el extracto etanólico obtenido de la raíz de *T. filifolia*, aplicado a una concentración de 100 ppm contra mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) en el cultivo de jitomate bajo invernadero, inhibe en un 60% la oviposición, es repelente (55%) y es tóxica (49%) contra adultos. Serrato y Quijano (1993) observaron repelencia del aceite esencial de *T. filifolia*, obtenido por arrastre de vapor, contra *B. tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*; con una concentración de 7.18 mg/ml, obtuvieron una repelencia del 50% (CR₅₀).

Camarillo *et al.*, (2007) señalan que el anetol sintético, el aceite de *Tagetes filifolia*, la fracción turbia de la destilación y extractos acuosos de la planta utilizados al 1 y 10%, causan toxicidad diferencial en los adultos de mosca blanca; los extractos acuosos y turbio fueron menos tóxicos que el aceite del anetol. Entre el anetol y los aceites extraídos de diferentes partes de la planta no encontraron diferencias al aplicarlos al 10%; al 1%, la fracción turbia floral fue más activa.

Los aceites fueron más efectivos al inhibir casi en su totalidad la oviposición. Serrato *et al.*, (2004) refieren que en general concentraciones menores de 5000 ppm no causan fitotoxicidad. Por otra parte Zygadlo *et al.* (1996), reportan inhibición en el crecimiento de *Sclerotium cepivorum*, *Colletotrichum coccodes* y *Alternaria solani* a concentraciones de 0.2, 0.3 y 0.5% de aceite esencial de *T. filifolia*.

La incorporación de *Tagetes erecta* L. ha mostrado efectos positivos en el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chiwood en cultivos de *Capsicum*

annuu L., reduciendo la población juvenil del nemátodo y el índice de agallamiento de raíces en un 85%, con un incremento en la producción del 37,6% y mejorándose la tasa de retorno marginal del cultivo en un 77,9% (Zavaleta *et al.*, 1993).

2.7 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE *TAGETES FILIFOLA*

La composición química del género *Tagetes* es diversa entre las especies. Algunos de los compuestos encontrados en los aceites esenciales pertenecen a los grupos de carbohidratos, alcoholes, éteres, aldeídos, cetonas, ésteres, carotenoides, flavonoides y tiofenos, entre otros (Zygadlo *et al.*, 1993; Marotti *et al.*, 2004).

La caracterización de aceites esenciales de las mismas especies, muestra que las proporciones y compuestos son diferentes entre sí, esta situación se ha documentado y es atribuible a los factores externos y genética de las plantas, además del método de obtención del aceite que también influye en el producto final (Camarillo, 2009).

La variabilidad en la composición de los aceites esenciales y su diversidad química es genéticamente determinada y estrictamente relacionada con las especies. El contenido y calidad de compuestos en los aceites esenciales de *Tagetes* depende del lugar, sitio de crecimiento de la planta, de la etapa fenológica, de la parte de la cual se extrae el aceite, la composición del suelo y la fertilización mineral, entre otros, por lo que es común encontrar diferencias en el contenido del aceite entre las plantas de la misma especie (Marotti *et al.*, 2004).

Serrato *et al.*, (2008) determinaron la composición química del aceite esencial de *Tagetes filifolia* en floración de 78 colectas de la región Centro – Sur de México, y encontraron que el 4-alilanol y trans-anetol, son los principales componentes del aceite, con variaciones considerables; el 1.3% de las recolectas contenían sólo anetol, el 7.7% sólo alilanol y el 91% de las colectas presentaron una mezcla de ambos compuestos. Esta mezcla de compuestos ya se habían identificado en el aceite de *T. filifolia*, junto con otro en menor proporción (anetol a 67%, alilanol a 30.2% y la hidrotagetona 1%) por Zygadlo *et al.*, (1993). De igual manera, Vargas y Bottia (2008), afirman que los compuestos mayoritarios del aceite esencial de *T. filifolia* corresponden a trans-anetol (70,6%), estragol (27,4%), cis-anetol (0,33%) y p-anisaldehído (0,71%), lo cual permite clasificarlo como un “fenilpropanoide”.

2.8 ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE TAGETES FILIFOLIA

La propagación de las plantas puede ser definida como la reproducción de las plantas controlada por el hombre para perpetuar individuos escogidos o grupos de plantas que tienen para él diferentes usos (Delgado *et al.*, 2008; Llano, 1972) como puede ser medicinales, alimenticias, industriales, para proporcionar protección, vestido, recreo, satisfacciones estéticas, entre otras (Llano, 1972).

La propagación asexual o vegetativa consiste en la reproducción de individuos a partir de porciones vegetativas de la planta, tales como raíces, ramas u hojas y es posible porque en muchas de éstas los órganos vegetativos tienen capacidad de regeneración. Por ejemplo, las estacas del tallo (partes de ramas que tienen cuando menos una yema) tienen la capacidad de formar raíces adventicias mientras que las yemas existentes reanudan su crecimiento (Cárdenas y López, 2011; Hartmann y Kester, 2001).

2.9 PROPAGACIÓN VEGETATIVA A PARTIR DE ESQUEJES

La multiplicación a partir de esquejes explota la habilidad de algunas plantas en las que un fragmento de tejido vegetal (de tallo, hoja, raíz o yema) puede convertirse en una nueva planta totalmente desarrollada, con sus propias raíces y yemas. En este proceso regenerativo las raíces desarrolladas a partir de un fragmento de tallo, hoja o tejido de yema se denominan raíces adventicias (Hartmann y Kester, 2001; Cortes, 1983).

El tiempo que tarda un esqueje en enraizar depende de la especie en cuestión, del tipo de esqueje, de la edad del tallo, de la forma en que se preparó y de las condiciones de humedad y temperatura. Los esquejes foliares enraízan en unas tres semanas, mientras que los leñosos tardan hasta cinco meses (Benavides y Rosero, 1999).

Los esquejes se obtienen a partir de tallos, hojas o raíces de la planta. Los principales tipos de esquejes son:

Esquejes tiernos: Poseen un potencial de enraizamiento más elevado, aunque el promedio de supervivencia es bastante bajo; pierden agua y se secan rápidamente (Cortes, 1983).

Esquejes juveniles: Los tallos son todavía jóvenes, pero empiezan a afirmarse. Son más fáciles de manejar que los esquejes tiernos y no son tan propensos a marchitarse (Raven *et al.*, 1992; Cortes, 1983).

Esquejes semimaduros: Los tallos son más robustos y las yemas ya se han desarrollado (Cortes, 1983).

Esquejes leñosos: Se toman de tallos en estado de latencia, por lo que tardan más en enraizar, pero son robustos y no suelen secarse (Andujar, 2006).

Esquejes foliares: Unas pocas plantas son capaces de regenerar nuevos ejemplares a partir de una hoja o sección de tejido foliar (Raven *et al.*, 1992).

Esquejes de raíz: Un número limitado de plantas que producen de forma natural vástagos a partir de sus raíces, pueden propagarse a partir de esquejes de raíz, generalmente sus raíces son gruesas y carnosas, con el fin de almacenar alimento para que la raíz sobreviva al producir brotes (Cortes, 1983).

Órganos de reserva: Algunas plantas poseen órganos naturales de almacenamiento de reservas que les permiten sobrevivir durante los periodos de latencia hasta que las condiciones para el desarrollo vuelven a ser favorables. Estos órganos de reserva pueden durar varios años o renovarse anualmente, y en ambos casos se trata de un proceso vegetativo de regeneración que es posible explotar para la producción de nuevos ejemplares (Hartmann y Kester, 2001; Raven *et al.*, 1992; Devlin, 1989). Dentro de esta categoría, se tienen:

Cormos: Se forman a partir de la base subterránea del tallo y desarrollan una especie de escamas de textura parecida al papel, así como yemas, de las cuales una o dos alcanzan la superficie. En la mayoría de los casos, el cormo se renueva cada año, formándose en la base del tallo, sobre el cormo anterior. Alrededor del cormo parental pueden formarse cormos diminutos, llamados “cormelos”, que pueden utilizarse como medio de propagación (Hartmann y Kester, 2001; Devlin, 1989).

Rizomas: Se desarrollan normalmente en tallos subterráneos, cuando el rizoma crece, con frecuencia se divide en varios segmentos, cada uno con diversas yemas que se desarrollan cuando las condiciones son favorables. Los segmentos pueden cortarse para la propagación (Devlin, 1989).

Tubérculos de raíz: Son partes abultadas de las raíces de algunas plantas, incapaces de formar yemas adventicias excepto en la corona. Una vez las yemas han producido vástagos y han agotado las reservas, los tubérculos mueren, pero durante el periodo de desarrollo se forman otros nuevos. La planta puede multiplicarse si se arranca una sección de la corona que tenga una yema (Raven *et al.*, 1992; Devlin, 1989).

Tubérculos de tallo: Son tallos modificados, con las mismas funciones y ciclo vital que los tubérculos de raíz, pero con un mayor número de yemas sobre gran

parte de su superficie. Muchos tubérculos pueden provenir de una sola planta, como en el caso de la papa (*Solanum tuberosum*) (Devlin, 1989).

2.10 FACTORES IMPORTANTES EN EL PROCESO DE ENRAIZAMIENTO

Aunque es reconocido que especies diferentes poseen requerimientos específicos para el enraizamiento, las razones no están completamente definidas, entre los principales factores a tener en cuenta en el proceso de enraizamiento son:

Condiciones ambientales: Estos factores son muy importantes en el proceso de enraizamiento; Bonfil *et al.*, (2007), recomiendan que si las condiciones climáticas durante la estación de crecimiento no son favorables para el proceso de enraizamiento, las estacas deben ser enraizadas en un invernadero (Vargas y Bottia, 2008). En este punto se describen los siguientes factores.

Temperatura: Se deben evitar temperaturas excesivamente altas (superior a 28° C) ya que estimulan la brotación de yemas y deshidratación de hojas, lo cual retarda la formación de raíces. Para el enraizamiento de esquejes de la mayoría de las especies son satisfactorias temperaturas diurnas de unos 21 a 27° C, con temperaturas nocturnas de 15°C, aunque ciertas especies enraízan mejor a temperaturas más bajas (Berner, 2004; Hartmann y Kester, 2001).

Luz: En el enraizamiento de estacas, los productos sintetizados por las hojas, mediante la fotosíntesis, son de gran importancia tanto para la iniciación como para el crecimiento de las raíces (Hartmann y Kester, 2001); la luz cumple un papel fundamental como fuente de energía en cuanto a intensidad, fotoperíodo y calidad para el procesos de fotosíntesis.

Humedad: Para facilitar el enraizamiento es recomendable mantener un cierto nivel de humedad en el ambiente, puesto que de lo contrario se puede reducir el contenido de agua hasta un nivel tan bajo que ocasionen la muerte del tejido vegetal (hojas y tallo), antes de que se formen las raíces (Hartmann y Kester, 2001).

Sustrato: El sustrato puede afectar al tipo de sistema radical que se origina de los esquejes. En algunas especies, si se hacen enraizar en arena, producen raíces largas, no ramificadas, gruesas y quebradizas, pero cuando son enraizadas en una mezcla de arena y musgo turboso o de perlita, desarrollan raíces delgadas, flexibles y muy ramificadas, siendo más apropiadas para luego ser transplantadas (Cárdenas y López, 2011; Bonfil *et al.*, 2007; Hartmann y Kester, 2001).

Porosidad del medio: es crítica para la difusión de oxígeno en la base del esqueje, donde es requerido para la formación de raíces (Crow, 2004; Shiembo *et al.*, 1996).

Desinfección del medio de cultivo: Los esquejes durante el enraizamiento están expuestos a ataques de diversos microorganismos patógenos, siendo recomendable el empleo de fungicidas e insecticidas, para evitar las pérdidas por enfermedades fungosas (Hartmann y Kester, 2001).

Medio de cultivo: El medio de cultivo o sustrato de enraizamiento es definido por López *et al.*, (2008) como todo material sólido distinto al suelo natural, mineral u orgánico capaz de dar anclaje al sistema de raíces, que permite el control del ambiente radical, principalmente en aspectos relacionados con el suministro óptimo de agua y nutrientes.

Un medio de cultivo apropiado resulta esencial para asegurar el éxito de la propagación, la mayoría de los métodos requieren una superficie de sustrato y un medio inerte libre de enfermedades y plagas y que proporcione las condiciones ideales para el enraizamiento de la planta (Abedini y Ruscitti, 1997; Cortés, 1983).

Todo medio de propagación ha de retener la humedad, pero también debe ser poroso para mantener la aireación. El drenaje debe ser lo suficientemente bueno como para evitar el encharcamiento, pero sin secarse (Hartmann y Kester, 2001). Según Shiembo *et al.* (1996), el tamaño de las partículas sólidas y su capacidad de retención determinan la disponibilidad del agua para el esqueje, lo cual es de gran importancia en la fisiología del enraizamiento.

Acidez del sustrato: los esquejes requieren un pH bajo, ya que unos valores superiores a 6,5 favorecerán la formación de un tejido calloso “duro”, lo que retrasaría el desarrollo de las raíces. Además, mantener un pH de 4,5 – 5 ayudará a evitar la proliferación de hongos (Abedini y Ruscitti, 1997).

No se puede definir un sustrato óptimo y válido para todas las especies que garantice éxito en el enraizamiento; sin embargo existen una serie de características que debe poseer todo sustrato para enraizamiento, de acuerdo a López y Carazo (2005) estas propiedades son: libre de plagas, enfermedades y malezas, con capacidad de ser desinfectado sin perder sus propiedades, debe tener estabilidad física y química; debe proporcionar agua en forma permanente para evitar estrés hídrico de los esquejes, mantenerlo turgente y con buena aireación, ya que el oxígeno es indispensable para que las células de la base estén en alta actividad fisiológica y se de la iniciación y crecimiento de raíces adventicias (Cárdenas y López, 2011); se ha establecido que niveles de retención de humedad entre 30 y 35% y un 20% de aireación, son óptimos para el enraizamiento; el sustrato debe ser opaco por el carácter fototrópico negativo de las raíces y mantener un pH alrededor de 6.

2.11 ACEITES ESENCIALES (AE)

2.11.1 Definición. Los términos aceite esencial (AE) o esencia son utilizados para referirse a las sustancias líquidas, aromáticas y volátiles, de características lipofílicas, que se obtienen a partir de diferentes partes de las plantas a través de métodos físicos, e.g. destilación con vapor y que llevan en sí misma la huella, olor y sabor, del material vegetal del que proceden. Los AE poseen una química compleja, aunque generalmente consisten en una mezcla de un grupo heterogéneo de sustancias orgánicas: hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres, etc., de peso molecular menor de 400 Da y presión de vapor suficientemente alta para volatilizarse a temperatura ambiente; son derivadas del metabolismo secundario de las plantas y asociadas o no a otros componentes (Bauer *et al*, 2001).

2.11.2. Fuentes y ubicación de los aceites esenciales (AE) en la planta. Las plantas aromáticas son la principal fuente de AE, éstas pertenecen generalmente a las familias Anacardiaceae, Apiaceae, Asteraceae, Chenopodiaceae, Cupressaceae, Gentianaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Pinaceae, Piperaceae, Poaceae, Rutaceae, Verbenaceae y Zingiberaceae (Lahlou, 2004).

Los aceites esenciales se acumulan en estructuras secretoras especializadas ubicadas en diferentes partes de la anatomía de las plantas, e.g. hojas, flores, tallos, raíces, corteza, frutos y semillas. De esta manera, en plantas como albahaca, menta y salvia (*Ocimum basilicum*, *Mentha sp.*, y *Salvia officinalis*, fam. Lamiaceae) los AE se acumulan en los vellos glandulares de los tallos y las hojas; en el jazmín (*Jasminum grandiflorum* L., fam. Oleaceae) y las rosas (*Rosa sp.*, fam. Rosaceae) se encuentran en las flores; en el cedro (*Cedrus deodora* L., fam. Lauraceae) está contenido en la corteza y las hojas; en el jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe, fam. Zingiberraceae) se localizan en el rizoma, mientras que, en el sasafrás (*Sassafras officinale* Ness et Eberm., fam. Lauraceae) y el vetiver (*Vetiveria zizanoides* Nash., fam. Poaceae) están presentes en las raíces (Pawar y Thaker, 2007; Bandoni, 2000).

En los cítricos como la naranja, la bergamota y el limón (*Citrus aurantium* L. *Citricus bergsmia* Risso y *Citrus limón* Burmann fil., fam Rutaceae), así como en el anís y el hinojo (*Pimpinella anisum* L. y *Foeniculum vulgare* Mill., fam Apiaceae), los aceites esenciales están contenidos en el pericarpio de los frutos (Bandoni, 2000).

2.11.3 Aplicaciones de los aceites esenciales. Los aceites esenciales tienen un rango de aplicaciones muy amplio. Éstos se usan en las industrias de alimentos, farmacéutica, cosmética y química, siendo incorporados en productos de

consumo, jarabes, bebidas no alcohólicas, aderezos, mermeladas etc., o de uso externo, cremas perfumes, jabones, geles; como saborizantes y enmascarantes de olores (CBI, 2005).

Los aceites esenciales de *Tagetes* spp. han demostrado poseer actividad antimicrobiana (Hethelyi *et al.*, 1988), insecticida (López *et al.*, 2011) y alelopática (Scrivanti *et al.*, 2003). De igual manera, las especies de *Tagetes* se emplean como colorantes alimentarios (Guinot *et al.*, 2008) y específicamente, el aceite esencial de *T. filifolia* ha probado tener una alta capacidad antioxidante del aceite de maní (Maestri *et al.*, 1996).

Camarillo *et al.*, (2007) afirman que el *trans*-anetol tiene gran capacidad para inhibir la oviposición de *Trialeurodes vaporariorum* y demostraron que el aceite esencial extraído de hojas de *T. filifolia* en una dosis de 10 mg.L⁻¹, inhibió la postura del insecto minador en un 56%. En estudios similares, Barajas *et al.*, (2005) y Castillo *et al.* (2005), observaron un 90% de repelencia de adultos del minador al aplicar aceite de anisillo al 20% de concentración, en ensayos bajo invernadero y en condiciones de campo.

Cada sustrato se dispuso en cuarenta vasos desechables de 9 oz. (10 vasos por repetición), para un total de doscientos unidades experimentales.

3.3 CAMA DE PROPAGACIÓN

La estructura de enraizamiento consistió en una armazón de madera semejante a una mesa, con una altura de 0,8 m, una longitud de 3.5 m y 1 m, de ancho; además, para realizar un mejor control ambiental, se construyó un cobertizo con cubiertas de plástico y un sistema de riego de nebulización, mediante la ubicación de microaspersores cada 0,7 m, colocados a 1 m. por encima de la cama de propagación.

3.4 LUGAR DE RECOLECCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

El material vegetal se colectó en la vereda Monterrey, municipio de Mallama, localizada a una altura de 1924 m.s.n.m, ubicada a 01° 07' 40,50" latitud Norte y 77° 51' 29,25" longitud Oeste del meridiano de Greenwich; además, en la obtención del material vegetal, se contó con la ayuda de personas de la región, que tenían la capacidad de reconocimiento de la especie vegetal objeto de la investigación.

Luego de la recolección se procedió a la selección del material vegetal, teniendo en cuenta que las muestras para propagar no presentaran problemas sanitarios y no hubieran sufrido daños durante el transporte a la zona en donde se realizó el estudio; con este material se prepararon los esquejes herbáceos con una longitud de 10 cm., realizando en la base de los tallos un corte seco en bicel.

3.5 VARIABLES EVALUADAS

Las evaluaciones de control se realizaron a los 30, 45 y 65 días después de la siembra; sin embargo, solamente las evaluaciones realizadas al final del experimento, se tuvieron en cuenta para el análisis estadístico (Anexo1).

a. Porcentaje de mortalidad (PM)

En cada tratamiento se realizó el conteo de plantas muertas, considerando plantas muertas, aquellas que presentaban el tercio inferior completamente necrosado (Berner, 2004; Caso, 1992)

b. Yemas brotadas (YB)

En cada esqueje se contaron las yemas brotadas que no presentaran hojas abiertas, según lo propuesto por Berner (2004).

c. Número de hojas por esqueje (HE)

La evaluación del número de hojas por esqueje consideró aquellas hojas totalmente expandidas, con el fin de establecer su influencia en la capacidad de enraizamiento, como lo proponen Caso, (1992) y Geneve (1995).

d. Porcentaje de enraizamiento (PE)

Una vez se extrajeron los esquejes, en cada tratamiento, se procedió a realizar el conteo de aquellos que mostraran alguna presencia de raíces (Berner, 2004; Gutierrez, 1995; Caso, 1992).

e. Grado de enraizamiento (GE)

La calidad del enraizamiento presentado en cada tratamiento se determinó teniendo en cuenta los esquejes vivos, mediante la medición del grado de enraizamiento según la metodología propuesta por Berner (2004) con base en una escala de 1 a 5, que tiene en cuenta la presencia de callo, raíz principal y raíces secundarias. Los criterios de calificación fueron los siguientes:

- ✓ Esqueje sin callos ni raíces
- ✓ Esqueje con solo presencia de callo
- ✓ Presencia de raíz(es) principal(es), sin raíces secundarias
- ✓ Esqueje con raíz(es) principal(es) y con pocas secundarias
- ✓ Presencia de raíz(es) principal(es) y abundantes secundarias.

Igualmente, con la información del grado de enraizamiento, se hizo un análisis descriptivo para determinar la distribución porcentual de los esquejes en cada tratamiento, según su calidad de enraizamiento.

f. Composición química del aceite esencial

La composición química de los aceites esenciales y los extractos de *T. filifolia* se determinó mediante su análisis por cromatografía de gases – espectrometría de masas (GC_MS), utilizando la columna analítica DB-5, como sistema de separación. Los espectros de masas de los compuestos aislados se compararon con los de las bases de datos Wiley138, NIST02 y ADAMS, usando también los índices de retención de Kovats y sustancias patrón (Adams, 2001).

3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos se sometieron a análisis de varianza (ANDEVA). En las variables donde se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se realizó una prueba de comparación de medias de Tukey al 0,05 de probabilidad.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 PROPAGACIÓN VEGETATIVA

El análisis de varianza (Tabla 1)(anexo 2) mostró diferencias significativas entre los sustratos en las todas las variables evaluadas, con excepción de la variable grado de enraizamiento. Las diferencias entre los sustratos se deben posiblemente a los ligeros cambios en su constitución, ya que al incorporar diferentes cantidades de arena, se presentan cambios en las propiedades del sustrato como la aireación y retención de agua, aspectos muy importantes en la generación de raíces (Weltecke y Gaertig, 2012).

Tabla 1. Análisis de varianza. para las variables, porcentaje de mortalidad (PM), yemas brotadas (YB), hojas por esqueje (HE), porcentaje de enraizamiento (PE) y grado de enraizamiento (GE), evaluados en esquejes de *Tagetes filifolia*, Mallama Nariño, 2012.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		PM	YB	HE	PE	GE
Tratam	4	1342.5**	0.79**	50.30**	662.50**	0.83
Error	15	141.66	0.06	0.08	83.33	0.49
C.V (%)		20.00	21.34	3.89	36.51	21.18
Media		59.5	1.16	7.61	25.00	3.32

** Diferencias estadísticas al nivel del 99% de probabilidad
Fuente. Este estudio

4.2 PORCENTAJE DE MORTALIDAD

En general, los porcentajes de mortalidad (PM) fueron altos; la mortalidad de esquejes mostró variaciones entre un 35% en el tratamiento T1 (100% suelo) y un 77.5% en los tratamientos T3 (50% arena) y T2 (30% arena).

La prueba de comparación de promedios (Tabla 2) mostró a los tratamientos T2 y T3, como los que presentaron mayores porcentajes de mortalidad (77.5%), con diferencias estadísticas altamente significativas cuando se compararon con T4 (50%) y T1 (35%); el tratamiento T5 (sustrato arena) presentó una mortalidad del 57.5%, sin diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos.

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad (PM) de esquejes, yemas brotadas (YB), número de hojas por esqueje (NE) y porcentaje de enraizamiento (PE) de *Tagetes filifolia* sembrados para enraizamiento en sustratos obtenidos por diferentes combinaciones de suelo y arena de río, en el municipio de Mallama. Prueba de tukey ($p < 0.05$). Mallama, Nariño, 2012.

TRAT	PM	YB	HE	PE
T3	77.50 a*	0.72 b	4.77 c	15 c
T2	77.50 a	0.72 b	3.22 d	12.5 c
T5	57.50 ab	1.25 ab	11.05 a	20.0 bc
T4	50.00 b	1.32 a	10.92 a	37.5 ab
T1	35.00 b	1.77 a	8.07 b	40.0 a

* Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Fuente. Este estudio

El porcentaje de mortalidad (PM), mostrado por los tratamientos, indica que el material vegetal evaluado, no tuvo buena adaptación a las condiciones de enraizamiento; la humedad ambiental demasiado baja y la luminosidad, incidieron fuertemente en la deshidratación de los esquejes, lo cual pudo causar la interrupción de la diferenciación de las estructuras, ya que son las hojas las que mantienen el balance hídrico dentro de los esquejes (Hartmann y Kester, 2001).

La temperatura óptima para que ocurra el enraizamiento y establecimiento se encuentra entre los 20 y 25 °C, cuando la temperatura sube por encima de los 30 °C, la humedad relativa de la atmosfera o contenido de vapor de agua presente en el aire, tendrá que ser muy alto (mayor de 90%), para impedir que las plantas pierdan demasiada agua al incrementarse su transpiración y terminen marchitándose (Cárdenas y López, 2011)

La mayor supervivencia de los esquejes sembrados en suelo, se debió probablemente a que este sustrato mantuvo una cantidad constante de humedad durante un mayor tiempo y a que su solidez no permitió el constante movimiento que pueden sufrir los esquejes en sustratos arenosos; sin embargo, Castrillón *et al.* (2008), encontraron mayor supervivencia de estacas de *Vaccinium* en un sustrato de turba sola comparado con un sustrato suelo+turba en una relación 1:1, pero manifiestan la dificultad para mantener una buena humedad en el sustrato de turba y recomiendan utilizar sustratos con mayor capacidad de retención de agua.

4.3 NÚMERO DE YEMAS BROTADAS (YB)

Los valores correspondientes al número de yemas brotadas en cada tratamiento, oscilaron entre 1,77 en T1 y 0.72 en T3; la prueba de comparación de medias de Tukey (anexo 2) presentó a los tratamientos T1 (solo suelo) y T4 (70% de arena) como los de mayor brotación, con 1,77 y 1.32 yemas brotadas/esqueje,

respectivamente y con diferencias estadísticas significativas respecto a los tratamientos T2 (30% de arena) y T3 (50% de arena), ambos con 0.72 yemas brotadas/esqueje (Tabla 2).

El T5 (100% arena) permitió 1.25 yemas brotadas/esqueje y no mostró diferencias estadísticas con ninguno de los tratamientos estudiados (Tabla 2).

Igual que en la variable porcentaje de mortalidad, en el comportamiento de la variable yemas brotadas (YB), puede estar respondiendo a la capacidad del sustrato, para conservar por un mayor o menor tiempo, la humedad adecuada en el esqueje; los sustratos livianos, con mayor proporción de arena, presentan dificultad para conservar la humedad debido a su baja capacidad de retención (Castrillón *et al.*, 2003). Esta variable está íntimamente relacionada con la variable porcentaje de mortalidad, ya que aquellos tratamientos que tuvieron la mayor mortalidad son los que igualmente tienen el menor número de yemas brotadas.

4.4 NÚMERO DE HOJAS POR ESQUEJE (NE)

La comparación de medias de los tratamientos mostró que aquellos con un mayor contenido de arena (T5 y T4) permitieron la emisión de un mayor número de hojas por esqueje con 11.05 y 10.92 hojas/esqueje, respectivamente, con diferencias estadísticas respecto a los demás tratamientos; en su orden les siguieron T1 con 8.07 hojas/esqueje, T3 con 4.77 hojas/esqueje y T2 con 3.22 hojas/esqueje, todos estos últimos con diferencias estadísticas entre ellos (Tabla 2).

La mejor aireación de los sustratos, pudo permitir una mayor actividad biológica de los esquejes, transfiriéndose las reservas acumuladas en el tallos a los puntos de crecimiento foliar, ya que según lo manifiestan Foyer y Paul (2001) los órganos heterotróficos (vertederos) consumen los productos almacenados en las fuentes, para su crecimiento y desarrollo. Las fuentes están constituidas por tejidos verdes fotosintéticos o tejidos provisionales de almacenamiento, que luego se convierten en exportadores netos de asimilados (Duelle, 1990); en cambio, los vertederos son importadores de asimilados y están conformados por órganos de rápido crecimiento como los meristemos, hojas nuevas, semillas, raíces y órganos de almacenamiento (Foyer y Paul, 2001).

4.5 PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO

La prueba de comparación de medias de tukey mostró al tratamiento T1 (solo suelo) como el de mayor porcentaje de esquejes enraizados (40%), con diferencias estadísticas respecto a los tratamientos T5 (solo arena), T3 (50% arena) y T2 (30% arena) los cuales presentaron enraizamientos de 20%, 15% y 12.5%, respectivamente. El tratamiento T4 (70% arena), con 37.5% de

enraizamiento no presentó diferencias estadísticas con T1 y fue superior a los tratamientos T3 y T2 (Tabla 2).

El sustrato suelo (T1) presentó igualmente menor mortalidad y mayor número de yemas brotadas, lo cual permite afirmar que, para las condiciones del estudio, fue el mejor tratamiento; su mayor capacidad de retención de agua unida a una buena condición de aireación pudieron ser definitivas para los procesos de respiración y división celular, necesarios para la inducción y desarrollo de raíces (Fonteno, 1996); en el mismo sentido, Escobedo (2009) manifiesta que existen evidencias de que la mayor presencia de hojas en los esquejes, favorece el enraizamiento de especies recalcitrantes como el aguacate, ya que se relacionan directamente con la producción de hormonas que coadyuvan el proceso.

De igual manera, Fachinello *et al.*, (1994), manifiestan que el sustrato es uno de los factores de mayor influencia en el enraizamiento de estacas, especialmente para especies de difícil enraizamiento, por eso, es necesario determinar cuál es el mejor sustrato para cada especie (Forero y Becerra, 2008). Otros factores que inciden en el enraizamiento y brotación de esquejes están relacionados con reducciones en el contenido de agua y por la presencia de infecciones causadas por patógenos (López y Carazo, 2005). Además, del suministro adecuado de agua y nutrientes, la aireación del sustrato es de gran importancia en la formación de raíces, ya que el oxígeno debe ser tomado de la atmósfera del sustrato para la respiración y posterior síntesis de las sustancias inductoras del enraizamiento. Igualmente, Crow y Houston (2004) manifiestan que todos los tejidos requieren oxígeno para su respiración y que los sustratos con pobre aireación, incrementan su concentración en CO₂ y conllevan condiciones de anaerobismo, las cuales causan la muerte de los tejidos productores de raíces o de las raíces en formación.

4.6 GRADO DE ENRAIZAMIENTO

La medición de calidad del enraizamiento de los esquejes vivos, determinó un alto porcentaje (>38%) de esquejes que no presentaron formación de raíces, con calificaciones de 1 (9.84%) y 2 (28.48%), como promedio de todos los tratamientos (Tabla 3); la formación de callo en los esquejes (calificación 2) podría considerarse como inicio de enraizamiento, aunque en algunas especies puede ser una señal equivocada, ya que como lo manifiesta Berner (2004) la formación de tejido calloso en la base del esqueje, no implica necesariamente desarrollo del proceso de la rizogénesis.

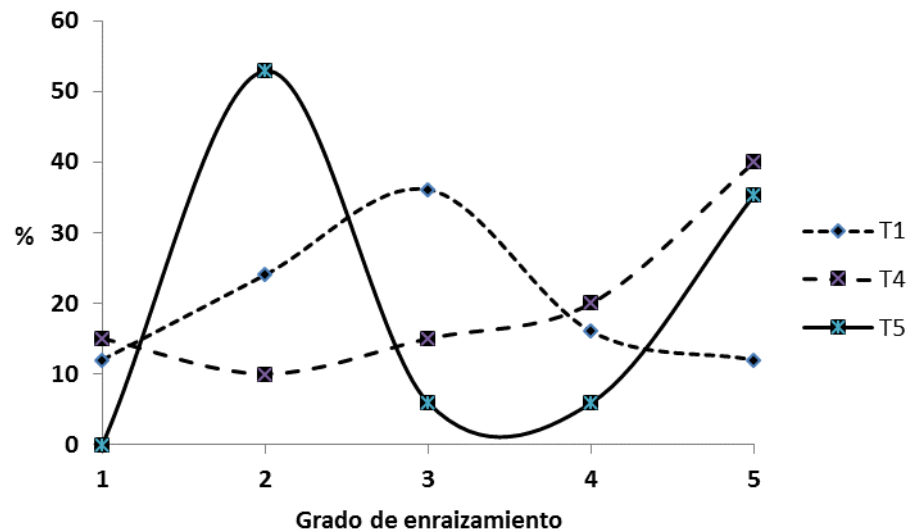
Tabla 3. Porcentajes de distribución de los esquejes vivos, según su grado de enraizamiento, en los diferentes sustratos analizados, Mallama Nariño, 2012.

TRATAM	CALIDAD DE ENRAIZAMIENTO					TOTAL
	1	2	3	4	5	
T1	12.0	24.0	36.0	16.0	12.0	100
T2	11.1	33.3	33.3	11.1	11.1	100
T3	11.1	22.2	11.1	11.1	44.4	100
T4	15.0	10.0	15.0	20.0	40.0	100
T5	0.0	52.9	5.9	5.9	35.3	100
PROMEDIO	9.84	28.48	20.26	12.8	28.56	

Fuente. Este estudio

Si se analizan únicamente los tratamientos que mostraron un mejor comportamiento en el enraizamiento de estacas, puede determinarse que los tratamientos correspondientes a los sustratos con 70% de arena (T4) y T5 (arena), presentaron la mejor calidad de enraizamiento (calificación 5), con un 40,0% y 35,3%, respectivamente; mientras que el sustrato suelo (T1), mostró una mayor proporción de esquejes con calificación 3 (36,0%), correspondiente a solo raíces primarias. El sustrato T3, a pesar de presentar un 40% de sus esquejes con calificación 5, se descartó por presentar solamente un 15% de enraizamiento (Figura 1). Es de destacar, el alto porcentaje de esquejes con emisión de callo en el tratamiento T5, lo cual puede ser una guía para incrementar la emisión de raíces, mediante la adición de hormonas, ya que la mayoría de especies requieren de fitoreguladores, principalmente auxinas, para mejorar sus procesos de enraizamiento.

Figura 2. Distribución porcentual de los esquejes de *T. filiformis*, según el grado de enraizamiento alcanzado en tres sustratos diferentes.



Fuente. Este estudio

La inducción de rizogénesis, generalmente requiere de un ajuste en las concentraciones de auxinas y citoquininas o en algunos casos de una concentración adecuada solamente de auxinas, además, la formación de raíces secundarias es estimulada por las auxinas como lo han demostrado Kim *et al.* (2003), en plantas de *Panax ginseng*, en donde el IBA fue más efectivo que ANA. Se cree que la inducción de raíces por las auxinas necesita o promueve la síntesis de poliaminas (Friedman *et al.*, 1985).

El análisis del grado de enraizamiento no mostró diferencias entre los tratamientos (Tabla 1), aunque es necesario aclarar que solamente se tuvieron en cuenta los esquejes vivos, lo cual permite la posibilidad de que tratamientos con alta mortalidad muestren un buen enraizamiento en los sobrevivientes y se equilibren con tratamientos de baja mortalidad pero con enraizamientos de calidad baja.

Los promedios del grado de enraizamiento en los diferentes tratamientos oscilaron entre una calificación de 3.87 en T3 y 2.75 en T2. Los contrastantes, T1 (suelo) y T5 (arena) presentaron calificaciones promedias de 3.04 y 3.26, respectivamente.

Es de gran importancia la determinación de los mejores sustratos para la obtención de enraizamiento de calidad, ya que según Hatzilazarou *et al.* (2006), los factores más importantes a tener en cuenta, son aquellos relacionados con las condiciones del medio de enraizamiento para el desarrollo radical, antes que los factores para su inducción.

Si se considera que en un proceso de enraizamiento para multiplicación de plantas, son importantes la calidad y el número de plantas enraizadas, es necesario tratar de optimizar el grado del enraizamiento en aquellos tratamientos que permitan los mayores porcentajes de formación de raíces; en este caso, juegan un papel muy definitivo las hormonas, tanto en su papel de incrementar la formación de raíces, como de mejorar la calidad del enraizamiento (Forero y Becerra, 2008; Castrillón *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2003)

Según Machakova *et al.*, (2008), son suficientes niveles bajos de auxinas para el inicio del enraizamiento pero se requieren niveles altos para su desarrollo. Los reguladores de crecimiento alteran el crecimiento normal de las plantas y causan diferentes respuestas fisiológicas (Salisbury y Ross, 1994).

Las auxinas regulan el desarrollo de raíces y son importantes en la producción de plantas en vivero, como el ácido 1-naftalenacético (ANA) que mostrado una gran capacidad para la inducción de enraizamiento en diferentes cultivos forestales, frutales, ornamentales, entre otros (Hartman y Kester, 2001).

4.7 ACEITES ESENCIALES DE *T. FILIFOLIA*

En este primer estudio sobre la composición química del aceite esencial de Anisillo *T. filifolia* recolectado en el municipio de Mallama se detectaron dos componentes más abundantes identificados en el extracto, el estragól (28%) y *trans*-anetol (69%). En la literatura sobre la composición del aceite esencial de *T. filifolia* se advierten algunas diferencias, entre las cuales se puede destacar que el número de sus compuestos reconocidos varía de 33 (Vila *et al.*, 2000) a 57 (Feo *et al.*, 1998); en este estudio se encontraron 35, siendo los más relevantes los anteriormente mencionados. Esta variabilidad en la composición química del aceite esencial de *T. filifolia* se puede deber a diferencias ambientales entre los lugares de origen del material analizado, ya que esta especie se distribuye en forma silvestre desde el sur de EE.UU. hasta Argentina (Neher, 1965).

El primer antecedente sobre la composición esencial de materiales de *T. filifolia* es el de Serrato *et al.* (2005), quienes usaron muestras de una población silvestre recolectada en Tlalámac, Atlautla, México. Se encontró la presencia de alilanisol 21 y *trans*-anetol 79%, este contenido fue constante durante diferentes fechas del cultivo de la especie. Al comparar la muestra presentada por Serrato *et al.* (2003), con la muestra recolectada en el municipio de Mallama, podemos definir que concuerdan en el componente más abundante (*trans*-anetol), pero que la muestra del material vegetal recolectada en Mallama contiene menor cantidad de este compuesto (69%).

Vargas y Bottia (2008), encontraron un 23.6% de estragol y 73% de *trans*-anetol (73%), en muestras de *T. filifolia*, colectadas en el municipio de Bolívar

(Santander), lo cual coincide con los compuestos más abundantes en la planta y relativamente iguala en concentración a las muestras recolectadas en Mallama.

El *trans*- Anetol y estragol, son compuestos ampliamente utilizados como saborizantes y aromatizantes en las industrias de alimentos y bebidas alcohólicas; además, son utilizados en perfumes, jabones y detergentes y como precursores en síntesis orgánica para formulaciones farmacéuticas. Estos compuestos presentan varias actividades biológicas como insecticida, bactericida, antiinflamatoria y anestésica (Jirovetz y Buchbauer, 2005).

El estragol, fue reconocido como sustancia segura (GRAS) y aprobado para uso en alimentos. Sin embargo, él y sus metabolitos han mostrado ser genotóxicos y producir tumores hepáticos en experimentos con animales, debido a esto, su empleo está limitado (Romagnoli *et al.*, 2005).

5. CONCLUSIONES

La composición porcentual de la mezcla suelo+arena de los sustratos de enraizamiento, influyó en el comportamiento de las variables evaluadas.

El grado de enraizamiento, que es una medida de calidad de enraizamiento de los esquejes vivos, no mostró variación en los tratamientos analizados; sin embargo, el porcentaje de esquejes con máxima calificación, se obtuvo en los tratamientos T4 (70% arena) y T5 (arena).

El análisis del aceite esencial de plantas de *Tagetes filiformis* colectadas en el municipio mostró la presencia de 35 componentes; los más importantes son estragol (28%) y *trans*-anetol (69%).

6. RECOMENDACIONES

Promover estudios orientados a optimizar los procesos de producción de plantas de *T. filiformis*, mediante técnicas de propagación que involucren tratamientos hormonales y con metodologías de multiplicación masiva de plantas *in vitro*.

Realizar estudios de caracterización de la especie, que permitan identificar las mejores accesiones para la obtención de aceites esenciales e iniciar un proceso de aprovechamiento y aplicación en diferentes campos del sector agropecuarios.

Implementar procesos de acompañamiento a las comunidades, que tienen el conocimiento del aprovechamiento medicinal de las plantas, como mecanismo de conservación de materiales vegetales y culturales que se han ido perdiendo.

BIBLIOGRAFIA

Abedini W., Ruscitti M. 1997. Aplicación de la biotecnología vegetal para propagar una especie nativa de uso medicinal. II Congreso Mundial de Plantas Aromáticas y Medicinales para el Bienestar de la Humanidad. Mendoza. Argentina. 210p.

Adams R. 2001. Identification of Essential Oils Components by Gas Chromatography/Quadrupole. Mass Spectroscopy. Allured Publishing Corp, Carol Stream, IL. pp:468-572.

Andújar, F. 2006. Producción de plántula sanas de pimienta (*Piper nigrum L.*) a partir de esquejes de plantas madres cultivadas en macetas. Santo Domingo, DO, IDIAF. 18 p.

Avila R., Gastélum G., García M., Meneses C., Navarro A., Dávila R. 2010. Evaluation of different mexican plant extracts to control anthracnose. ht tp: / www. spr inge r l ink. com/ index/512q071633123178.pdf.

Bandoni A. 2000. Los Recursos Vegetales en Latinoamérica. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 2000. 410 p.

Barajas, J., Pérez, J., Serrato, M. 2005. Evaluación del aceite esencial de *Tagetes filifolia* Lag. contra plagas en calabaza en Metztlán, Hidalgo. VIII Congreso Nacional Agronómico, Universidad Autónoma Chapingo.

Bauer K., Garbe D., Surburg H. 2001. Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation, Properties and Uses. Cuarta Edición. WILEY-UCH, Weinhein. 350 p.

Benavides A., Rosero M. 1999. Propagación por estacas del Laurel de cera, (*Myrica pubescens*). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Agrícolas. Tesis de grado. 52p.

Berner K. 2004. Estudio ontogénico del porcentaje de enraizamiento para la especie Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.) en ambientes controlados. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias <Forestales. Universidad Austral de Chile. 61 p.

Bonfil C., Mendoza P., Ulloa, J. 2007. Enraizamiento y formación de callos en estacas de siete especies del género Bursera. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. 7 p.

Calderon G., Rzedowski J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de Mexico. Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. 2ª. Ed. Patzcuaro, Michoacán, Mexico. 1406 p.

Camarillo G., Ortega, L., Serrato, M., Rodríguez, C, y Barajas, J. 2007. Toxicidad del anisillo (*Tagetes filifolia* Lag.) en moscas blancas (*Trialeurodes vaporariorum* West.) en invernadero. Entom. Mex. 6:1038-1043.

Cárdenas R., López L. 2011. Propagación vegetativa de rosa: efecto del sustrato, luminosidad y permanencia de la hoja. Scientia Agropecuaria, 2:203-211.

Caso, O. 1992. Juvenilidad, rejuvenecimiento y propagación vegetativa de especies leñosas. Agrisciencia, 9(1):5-16.

Castillo L., Delin-Reynoso, P., Flores-Salas, E., Ortiz-Arellano, J., Reyes-García, A., Villa, A., Martínez, M., Serrato, M. Control de plagas en invernadero con aceites esenciales de *Tagetes* spp. VIII Congreso Nacional Agronómico, Universidad Autónoma Chapingo.

Castrillón J., Carvajal E., Ligarreto G., Magnitskiy S. 2008. El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz) en diferentes sustratos. Agronomía Colombiana, vol. 26 (1):16-22.

CBI. Natural Ingredients for pharmaceuticals. 2005. EU Market Survey. ProFound. pp. 46 – 72.

Céspedes C., Avila J., Martínez A., Cerrato B., Calderón J., Salgado R. 2006. Antifungal and antibacterial activities of mexican tarragon (*Tagetes lucida*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 3521-3527.

Clavijo J. Bareño P. 2005. Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco (Curso de extensión). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 70p.

Correa J., Iral I., Rojas L. 2006. Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. Revista Colombiana de Estadística, 29(1):57-76.

Cortes E. 1983. Ensayos de propagación vegetativa por estacas de *Tabebuia rosea* (Guayacan rosado), *Brosimum utile* (Sande) y *Virola sebifera* (Sangre toro). Instituto natural de recursos naturales renovables y del ambiente. 12p. (Investigaciones Forestales No. 12).

Crow P., Houston T. 2004. The influence of soil and coppice cycle on the rooting habit of short rotation poplar and willow coppice. Biomass and Bioenergy, 26: 497-505.

Cubillo D., Sanabria G., Hilje L. 1999. Evaluación de repelencia y mortalidad causada por insecticidas comerciales y extractos vegetales sobre *Bemisia tabaci*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica), 53:65-72.

Feo V., Dellaporta., Urrunaga G., Senatore E. 1998. Composition of the essential oil of *Tagetes filifolia* Lag. Flavour and Fragrance Journal, 13:145-147.

Delgado, M., Cuba, M., Hechenleitner, P., y Thiers, O. 2008. Propagación vegetativa de taique (*Desfontainia spinosa*) y tepa (*Laureliopsis philippiana*) con fines ornamentales. Bosque, 29(2):120-126.

Devlin R. 1989. Fisiología vegetal. Trad. Por Xavier Llimona. Omega S.A. Barcelona. España. 517p.

Dwelle R. 1990. Source/Sink Relationships during tuber growth. American Journal of Potato Research, 67(12):829-833.

Díaz J. 2003. Informe Técnico. Caracterización del mercado colombiano de plantas medicinales y aromáticas. Instituto Alexander von Humboldt - El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 111 P. Bogotá, Colombia.

Escobedo V. 2009. Estudio De Propagación Clonal Por Esquejes Del Portainjerto De Palto 'Duke' (*Persea americana* Mill.) Utilizando Brotes Etiolados y Cámaras Húmedas Individuales. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 76p.

Municipio de Mallama. 2002. Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Mallama. POT. 2002-2010.

Estrada E. 1999. Medicina Chamanica, 1ª edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. 277p.

Fachinello J., Hoffma A., Nachtigal J., Kersten E., Fontes L. 1994. Propagação de plantas frutíferas de clima temperado. Pelotas: Editora e gráfica. UFPEL. Brazil. 179p

Flores H., Montes R., Jiménez A., Nava R. 2006. Pathogenic diversity of *Sclerotium rolfsii* isolates from Mexico, and potential control of southern blight through solarization and organic amendments. Crop Protection 25: 108-118.

Fonteno W. 1996. Growing media: types and physical/chemical properties. pp. 93-122

Forero C., Becerra N. 2008. Propagación de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) por estacas. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 92 p.

Foyer C., Paul M. 2001. Source-Sink Relationships. pp.11. In: Encyclopedia of Life Sciences. Nature Publishing Group, United Kingdom.

Friedman R., Altman A., Bachrach U. 1985. Polyamines and root formation in mung bean hypocotyl cuttings. II. Incorporation of precursors into polyamines. *Plant Physiol.*, 79:80-83.

Geneve, R. 1995. Propagating cuttings: part 4. *American nurseryman*, 18(1):56-61.

Gobernación de Nariño. 2012. Municipio de Mallama. Consultado en: <http://www.mallama-narino.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=mmxx-1-&x=2834773> , 8 de enero del 2013.

Guinot, P., Gargadennec, A., Valette, G., Fruchier, A., Andary, C. 2008. Primary flavonoids in marigold dye: extraction, structure, and involvement in dyeing process. *Phytochemical Analysis*, 19:46-51.

Gutierrez, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. *Ciencia e investigación forestal*, 9(2):261-277.

Hartmann H., Kester D. 2001. *Propagación de Plantas. Principios y Prácticas*. 8ª eimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.

Hatzilazarou S., Syros T., Yupsanis A., Bosabalidis A., Economou A. 2006. Peroxidases, lignin and anatomy during in vitro and ex vitro rooting of gardenia (*Gardenia jasminoides* Ellis) microshoots. *Journal of Plant Physiology*, 163:827-836.

Hethelyi, E., Tetenyi, P., Kaposi, P., Danos, B., Kernoczi, Z., Kuki, G. 1988. GC/MS investigation of antimicrobial and repellent compounds. *Herba Hungaria*, 27: 89-105.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos "Alexander Von Humboldt". 2002. Informe final de estudio del mercado nacional de aceites esenciales. Bogotá. p.p. 23, 43 – 54.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC. 2008.

Jirovetz L., Buchbauer G. 2005. Processing, analysis and application of essential oils. Ed Har Krishan Bhalla & Sons. Dehradun, India. p.p. 21 – 23.

Kim Y., Hahn E., Yeung E., Paek K. 2003. Lateral root development and saponin accumulation as affected by IBA or NAA in adventitious root cultures of *Panax ginseng* CA Meyer. *In Vitro Cell. Develop. Biol.* 39, 245-249.

Lahlou M. 2004. Methods to study the phytochemistry bioactivity of esencial oils. *Phytotherapy Research*. p.p. 435 – 448.

- Llano G. 1972. Propagación de plantas. Bogotá. Colinagro Ltda.. Pp. 142-156.
- López J. 2002. Semilla vegetativa de yuca. *In*: B. Ospina y H. Ceballos, (EDS). La yuca en el tercer milenio. Cali, Colombia.4: 49-75.
- López D., Carazo N. 2005. La producción de esquejes. Viveros. 29p.
- López F., Guío N., Fischer G., Miranda D. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 61(1):4347-4357.
- López J., Aragón J., Rodríguez C., Vásquez G. 2007. Agricultura Sostenible Vol. 3 Sustancias Naturales Contra Plagas. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 192 p.
- López, S., López, M., Aragón, L., Tereschuk, M., Slanis, A., Feresin, G., Zygadlo, J., Tapia, A. 2011. Composition and anti-insect activity of essential oils from *Tagetes* L. species (Asteraceae, Helenieae) on *Ceratitis capitata* Wiedemann and *Triatoma infestans* Klug. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:5286-5292.
- Machakova I., Zazimalova E., George E. 2008. Plant Growth Regulators I: Introduction; Auxins, their Analogues and Inhibitors. *In*: Plant Propagation by Tissue Culture. pp: 175-205. Editores George, E., Hall, M. y De Klerk, G.. 3ª. Ed. Springer, The Netherlands. 501 p.
- Maestri, D., Zygadlo, J., Lamarque, A., Labuckas, D., Guzmán, C. 1996. Effect of some essential oils on oxidative stability of peanut oil. *Grasas y aceites*, 47(6):397-400.
- Mares D., Tosi F., Poli E., Andreotti, C., Romagnoli. 2004. Antifungal activity of *Tagetes patula* extracts on some phytopathogenic fungi: ultrastructural evidence on *Pythium ultimum*. *Microbiological Research* 159: 295-304.
- Marotti M., Piccaglia R., Biavati B., Marotti I. 2004. Characterization and yield evaluation of essential oils from different *Tagetes* species. *Journal of essential oil research*, 16:440-444.
- Martínez M., Cortés, A., Avila E. 2004. Evaluación de tres niveles de pigmento de flor de cempasúchil (*Tagetes erecta*) sobre la pigmentación de la piel en pollos de engorda. *Técnica Pecuaria en México*, 42:105-111.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2009. Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de plantas

aromáticas, medicinales, condimentarias y afines con énfasis en ingredientes naturales para la industria cosmética en Colombia. Bogotá, Colombia. 187p.

Montes R., Prados A. 2006. Influence of plant extracts on *Sclerotium cepivorum* development. *Journal of Plant Pathology* 5 (3): 373-377.

Neher R. 1965. Monograph of the genus *Tagetes* (Compositae). Thesis Ph.D. (Botany), Indiana University, USA. 306 p.

Pawar V., Thaker V. 2007. Evaluation of the anti-*Fusarium oxysporum f.sp. ciceri* and anti-*Alternaria porri* effects of some essential oils. *World Journal Microbiology and Biotechnology* 23: 1099-1106.

Rai M., Mares D. 2003. Plant Derived Antimycotics. Current trends and future prospects. Haworth Press. Binghamton. New York.

Raven, P., Evert, R., Eichhorn, S. 1992. *Biología Vegetal*. Vol 2. 4a. ed. Reverte, Barcelona, España. 776 p.

Romagnoli C., Bruni E., Andreotti M., Rai C., y Vicentini D. 2005. Chemical characterization and antifungal activity of essential oil of capitula from wild Indian *Tagetes patula* L. *Protoplasma* 225:57-65.

Salazar F., Benavides O., Trespalacios G., Pinzón F. 2010. Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, Componente de Biodiversidad Continental - 2009. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos —Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C., Colombia. 167 p.

Salisbury F., Ross C. 1994. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. 759 p.

Sánchez M., Aguirreolea J. 1998. Relaciones hídricas (pp. 49-90). En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). *Fisiología y bioquímica vegetal*. McGraw-Hill-Interamericana de España, Madrid.

Sánchez G. 2002. Desarrollo y Medio Ambiente: una mirada a Colombia. *Economía y Desarrollo*, 1(1):79-98.

Scrivanti, R., Zunino, M., Zygadlo, J. 2003. *Tagetes minuta* and *Schinus areira* essential oils as allelopathic agents. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31:563-572.

Serrato M. 2003. Aspectos del cultivo de dos especies de *Tagetes* productoras de aceites esenciales. *Rev. Nat. Des.* 1:15-22.

Serrato M., Barajas J. 2006. Poblaciones silvestres de *Tagetes filifolia* Lag. En el centro sur de México. Rev. Fitotec. Mex. (eso. 2):7-12.

Serrato M., Barajas J., Díaz F. 2004. Aceites esenciales del recurso genético *Tagetes* para el control de insectos, nemátodos, ácaros y hongos. In: Agricultura Sostenible Vol. 3, Sustancias Naturales Contra Plagas.

Serrato M., Díaz F., Barajas J. 2008. Composición en el aceite esencial en germoplasma de *Tagetes filifolia* Lag. De la región centro-sur de México. Agrociencia. 42:277-285.

Serrato M., Quijano M. 1993. Uso de algunas especies de *Tagetes*: Revisión bibliográfica (1984-1992). In: Memorias I Simposio Internacional y II Reunión Nacional sobre Agricultura Sostenible: Importancia y contribución de la Agricultura Tradicional. Pp: 228-238. Colegio de Postgraduados, Puebla, México.

Shiembo P., Newton A., Leakey R. 1996. Vegetative propagation of *Irvingia gabonensis*, a West African fruit tree. Forest Ecology and Management, 87:185-192.

Singh B., Sainju U. 1998. Soil physical and morphological properties and root growth. HortScience 33(6), 966-971p.

Soule, J. 1993. *Tagetes minuta*. A potential new herb from South America. Pp:649-654. In: New crops. Janick, J. and J. Simon eds. Wiley, USA.

Teodorescu G., Sumedrea M., Marin F., Murariu F. 2009 Use of vegetalextracts in control of *Monilia* spp. Acta Horticulturae 825: 363-370.

Turner, B. 1996. The crops of Mexico-A systematic account of the family Asteraceae. Vol. 6. Tageteae and Anthemideae. Phytologia Memoirs, 10:1-93.

Vargas A., Bottia E. 2008. Estudio de la composición química de los aceites esenciales de seis especies vegetales cultivadas en los municipios de Bolívar y El Peñol, Santander. Tesis de grado Químico, Facultad de Ciencias, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 235 p.

Velex M. 1999. Perspectivas del mercado de plantas medicinales y fitoterapéuticos. Bogotá. Colombia. Ed IPM. 120p.

Vila R., Iglesias J., Canigüeral C., Ciccio J., 2000. Essential oil of *Tagetes filifolia* from Costa Rica. Ing. Ciencia Quím. 19 (1): 13-14.

Villarreal J. 2003. Familia Compositae. Tribu Tageteae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. México, Fascículo 113. 89 p.

Weltecke K., Gaertig T. 2012. Influence of soil aeration on rooting and growth of the Beuys-trees in Kassel, Germany. *Urban Forestry & Urban Greening*, 11:329-338.

Zavaleta E., Castro A., Zamudio V.1993. Efecto del cultivo e incorporación de *Tagetes erecta* L. sobre la población e infección de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en Chile (*Capsicum annuum* L.) *Nematropica*, 23:49-56.

Zygadlo J. Lamarque A., Maestri D., Guzmán C., Grosso N. 1993. Composition of the inflorescence oils of some *Tagetes* species from Argentina. *Journal of Essential Oil Research*, 5:679-681.

ANEXOS

Anexo A. Resultados correspondientes a la última evaluación del comportamiento de las variables de enraizamiento en sustratos con diferentes proporciones de suelo: arena en el municipio de Mallama, Nariño, 2012. (Datos promedios de 10 esquejes)

TRATAM	REPETIC	YEMAS	HOJAS	GRADO*	MORTAL.	ENRAIZ
T1	1	1.7	8.4	1.9	30	60
T1	2	2.1	8.5	1.9	20	40
T1	3	1.5	7.9	2	40	30
T1	4	1.8	7.5	1.5	50	30
T2	1	1	3.5	1.2	60	20
T2	2	0.7	3.3	0.4	80	10
T2	3	0.8	3	0.6	80	10
T2	4	0.4	3.1	0.3	90	10
T3	1	1.1	4.9	1.4	60	20
T3	2	0.7	5.1	0.4	90	10
T3	3	0.5	4.5	0.9	70	20
T3	4	0.6	4.6	0.5	90	10
T4	1	1.7	11.1	2	50	50
T4	2	1.1	10.9	1.6	60	30
T4	3	1.3	10.7	2.1	50	40
T4	4	1.2	11	1.5	40	30
T5	1	1.5	11.3	1.7	60	30
T5	2	1.3	11.2	1.3	50	20
T5	3	1	10.7	1.6	50	20
T5	4	1.2	11	0.9	70	10

* Porcentaje calculado con base en los esquejes vivos.

Anexo B. Salidas de SAS para cada una de las variables analizadas.

Enraizamiento de tagetes Procedimiento ANOVA

Información de nivel de clase

Clase	Niveles	Valores				
trat	5	T1	T2	T3	T4	T5
rep	4	1	2	3	4	

Número de observaciones leídas 20
Número de observaciones usadas 20

Variable dependiente: **Brotación de yemas**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	3.16800000	0.79200000	12.91	<.0001
Error	15	0.92000000	0.06133333		
Total corregido	19	4.08800000			

R-cuadrado 0.774951 Coef Var 21.34963 Raíz MSE 0.247656 yema Media 1.160000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	3.16800000	0.79200000	12.91	<.0001

Variable dependiente: **No. de hojas/esqueje**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	201.21800000	50.30450000	571.64	<.0001
Error	15	1.32000000	0.08800000		
Total corregido	19	202.53800000			

R-cuadrado 0.993483 Coef Var 3.898133 Raíz MSE 0.296648 hoja Media 7.610000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	201.21800000	50.30450000	571.64	<.0001

Variable dependiente: **Mortalidad**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	5370.000000	1342.500000	9.48	0.0005
Error	15	2125.000000	141.666667		
Total corregido	19	7495.000000			

R-cuadrado 0.716478 Coef Var 20.00400 Raíz MSE 11.90238 mortal Media 59.50000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	5370.000000	1342.500000	9.48	0.0005

Variable dependiente: **Enraizamiento**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	2650.000000	662.500000	7.95	0.0012
Error	15	1250.000000	83.333333		
Total corregido	19	3900.000000			

R-cuadrado 0.679487 Coef Var 36.51484 Raíz MSE 9.128709 enraiza Media 25.00000

Cuadrado de

Fuente	DF	Anova SS	la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	2650.000000	662.500000	7.95	0.0012

Variable dependiente: **Grado de enraizamiento**

Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	3.35703000	0.83925750	1.70	0.2033
Error	15	7.42455000	0.49497000		
Total corregido	19	10.78158000			

R-cuadrado	Coef Var	Raíz MSE	grado Media
0.311367	21.18461	0.703541	3.321000

Fuente	DF	Anova SS	Cuadrado de la media	F-Valor	Pr > F
trat	4	3.35703000	0.83925750	1.70	0.2033

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para **Brotación de yemas**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error de cuadrado medio	0.061333
Valor crítico del rango estudentizado	4.36698
Diferencia significativa mínima	0.5408

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	1.7750	4	T1
A	1.3250	4	T4
B A	1.2500	4	T5
B	0.7250	4	T2
B	0.7250	4	T3

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) **No. de hojas/esqueje**

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error de cuadrado medio	0.088
Valor crítico del rango estudentizado	4.36698
Diferencia significativa mínima	0.6477

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	11.0500	4	T5
A	10.9250	4	T4
B	8.0750	4	T1
C	4.7750	4	T3
D	3.2250	4	T2

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para
Mortalidad

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error de cuadrado medio	141.6667
Valor crítico del rango estudentizado	4.36698
Diferencia significativa mínima	25.989

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	77.500	4	T3
A	77.500	4	T2
B A	57.500	4	T5
B	50.000	4	T4
B	35.000	4	T1

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para
Enraizamiento

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error de cuadrado medio	83.33333
Valor crítico del rango estudentizado	4.36698
Diferencia significativa mínima	19.932

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	40.000	4	T1
B A	37.500	4	T4
B C	20.000	4	T5
C	15.000	4	T3
C	12.500	4	T2

Prueba del rango estudentizado de Tukey (HSD) para
Grado de enraizamiento

NOTA: Este test controla el índice de error experimentwise de tipo I, pero normalmente tiene un índice de error de tipo II más elevado que REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	15
Error de cuadrado medio	0.49497
Valor crítico del rango estudentizado	4.36698
Diferencia significativa mínima	1.5362

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tukey Agrupamiento	Media	N	trat
A	3.8750	4	T3
A	3.6750	4	T4
A	3.2625	4	T5
A	3.0425	4	T1
A	2.7500	4	T2