

EFFECTOS ALELOPÁTICOS DE ESPECIES FORESTALES SOBRE EL VIGOR GERMINATIVO DE SEMILLAS Y EL CRECIMIENTO INICIAL DE *Cyphomandra betacea* (TOMATE DE ÁRBOL) Y *Solanum quitoense* (LULO).

Hernando Criollo E.¹

Tulio César Lagos¹

Rocío Narváez N.²

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones CI-CORPOICA (OBONUCO), municipio de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, Colombia, para evaluar el efecto de los extractos acuosos y de la incorporación de hojas y raíces de chachafruto (*Erythrina edulis*), nacedero (*Thrichanthera gigantea*), laurel de cera (*Myrica pubescens*) y eucalipto (*Eucaliptus sp.*), sobre el vigor germinativo y la dinámica del crecimiento inicial de lulo (*Solanum quitoense*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

Se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos correspondientes a los extractos acuosos provenientes de hojas y raíces de nacedero, laurel de cera, chachafruto, eucalipto y un testigo tratado con agua estéril. En el invernadero, los tratamientos correspondieron a la incorporación directa del material vegetal (hojas y raíces) en el sustrato de crecimiento de las plantas.

¹ Profesores Asociados y Asistentes de la Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, Pasto, Nariño Colombia.

² Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

INTRODUCCION

Una vez pasada la euforia de la "revolución verde" en que todo era válido en la medida que se incrementara la productividad de los cultivos, se origina una corriente científica que predica la sostenibilidad de los recursos naturales y rescata la acción de la naturaleza sobre los procesos productivos, aún en detrimento de la productividad, pero conservando lo mejor posible el equilibrio natural entre los diferentes factores de producción.

Esta nueva tendencia dió un impulso significativo al estudio de las relaciones entre plantas, entre microorganismos y plantas y entre microorganismos, entre otras. Es abundante la literatura existente sobre temas relacionadas con el comportamiento de plantas de cultivo en interacción con plantas "malezas" (Alelopatía); el entendimiento de estas interacciones en los diferentes cultivos permitirá en el futuro producir con tecnologías limpias basadas en efectos naturales producidos por los mismos cultivos o por otras plantas asociadas a ellos.

Según Rice (1984), citado por Chiapusio y otros (1997) la alelopatía se entiende como la acción directa o indirecta de una planta sobre otra, a través de la producción de compuestos químicos liberados al ambiente; esta acción puede demostrarse mediante la observación de los efectos aleloquímicos sobre la germinación. Los ensayos con germinación de semillas se han utilizado ampliamente para la determinación de la actividad alelopática (Lovett y Ryuntyu, 1992).

Una de las principales exigencias para el éxito de un cultivo es iniciar con semillas de alta calidad, con un alto vigor germinativo traducible al final en una mayor productividad. En la medida en que el vigor germinativo de las semillas de un cultivo sea afectado positiva o negativamente, por la acción directa o indirecta de otras plantas de su mismo habitat, a sí será su productividad en el campo (Camargo y Vaughan, 1973).

Estudios realizados por Wink y Twardowski (1992) demuestran la acción alelopática de algunos alcaloides en comparación con compuestos fenólicos, inhibidores metabólicos y catorce aceites esenciales aplicados en concentraciones del 0,1% y 0,01% sobre semillas de *Lactuca sativa* y *Lepidium sativum*. Estos compuestos demostraron ser inhibidores de la germinación en concentraciones del 0,1%; sin embargo, cuando se utilizaron las concentraciones del 0,01% se afectaron el crecimiento de la radícula y del hipocotilo, lo cual demuestra que estos órganos son más sensibles que la germinación a la acción de los aleloquímicos.

Teniendo en cuenta que es casi imposible aislar un cultivo de la acción de otras plantas, es importante considerar los efectos alelopáticos entre estas plantas y el cultivo para establecer criterios de manejo en cuanto a la permisividad en la convivencia entre especies o la necesidad de aplicar métodos de control.

Con el surgimiento de nuevos paradigmas en el manejo de los cultivos con criterio conservacionista, los sistemas agroforestales adquieren una significativa importancia y el estudio de las relaciones entre las plantas asociadas se hace necesario para garantizar la acción sinérgica en el aprovechamiento de los recursos de producción de ambos cultivos o por lo menos la ausencia de efectos antagonicos entre ellos.

Se asume que la viabilidad de un sistema agroforestal está determinada por factores físicos relacionados con la luminosidad, humedad, requerimientos de agua y de minerales; sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que el fenómeno alelopático juega un papel de gran importancia en la determinación de los fenómenos productivos dentro de una asociación agroforestal. Rizvi y Rizvi (1992) afirman que la selección de plantas para ser utilizadas en un sistema agroforestal debe considerar su compatibilidad alelopática evitándose los efectos inhibitorios o explotando las interacciones favorables.

En el departamento de Nariño, la explotación de frutales andinos como *Solanum quitoense* (lulo) y *Cyphomandra betacea* (tomate de árbol) se presenta como una alternativa interesante en la búsqueda de mejores ingresos para los agricultores. Estos frutales, por sus características fisiológicas, morfológicas y de hábito de crecimiento pueden involucrarse en programas ambientalistas mediante la formulación de sistemas asociados con cultivos de hortalizas o de forestales productores de proteína, que además de generar ingresos adicionales, mejoren la oferta alimentaria de los campesinos y/o de sus animales.

Con base en estas consideraciones, el presente trabajo se planeó con el objeto de evaluar el efecto de extractos acuosos de hojas y raíces de *Trichanthea gigantea* (nacedero), *Myrica pubescens* (laurel de cera), *Eritrina edulis* (chachafruto) y *Eucaliptus sp.* (eucalipto) sobre el vigor germinativo y la dinámica del crecimiento de plántulas de *Solanum quitoense* (lulo) y *Cyphomandra betacea* (tomate de árbol).

METODOLOGIA

El presente trabajo se realizó en los laboratorios e invernadero del Centro de Investigaciones de Obonuco, CORPOICA, ubicado a 5 kilómetros hacia el sur occidente de San Juan de Pasto, a 1° 13' latitud norte y 77° 16' longitud oeste, a una altura de 2710 msnm.

En la fase de laboratorio se utilizó un diseño irrestrictamente al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos correspondientes a los extractos acuosos provenientes de hojas y raíces de nacedero, laurel de cera, chachafruto, eucalipto y un testigo tratado con agua estéril. En el invernadero se utilizó el mismo diseño, correspondiendo los tratamientos a la incorporación directa del material vegetal (hojas y raíces) en el sustrato de crecimiento de las plantas.

Los extractos se extrajeron de hojas y raíces de plantas jóvenes, colocando una cantidad de 300 g de tejido vegetal en 1 litro de agua esterilizada por 24 horas. Luego se procedió a filtrar los extractos para almacenarlos en frío antes de su aplicación. Los materiales incorporados al suelo se picaron previamente y se mezclaron con el sustrato el mismo día del transplante en una cantidad equivalente a 10 ton/ha.

Las semillas de tomate de árbol y de lulo se extrajeron de frutos maduros, se limpiaron, se secaron a la sombra y se evaluaron previamente mediante una prueba con tetrazolio para garantizar su viabilidad.

Las semillas se colocaron en cajas de petri con papel de germinación humedecido con 10 ml del extracto en un germinador a 25°C y en la oscuridad. En cada caja se colocaron 50 semillas.

Cada dos días después de la siembra se evaluaron las semillas germinadas, hasta que ya no se observaron incrementos en el número de semillas con emisión de radícula. El vigor de germinación se evaluó con base en el cálculo de velocidad de germinación propuesto por Einhellig et al (1982) y coeficiente de velocidad de germinación de Bewley y Black (1985):

$$\text{Velocidad de germinación} = (N_1 \times 1) + (N_2 - N_1) \times 1/2 + \dots + ((N_n - (N_{n-1})) \times 1/n)$$

$$\text{Coeficiente velocidad de germinación} = \frac{(N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n)}{(N_1 \times T_1) + (N_2 \times T_2) + \dots + (N_n \times T_n)} \times 100$$

Donde; Nn: Número de Semillas germinadas en el tiempo n (Tn)

En cuanto a la fase de invernadero se refiere, las plántulas se transplantaron en maceteras con el sustrato correspondiente a cada tratamiento, procediéndose a evaluar en forma semanal y durante siete semanas, el crecimiento de las plantas mediante la medición de altura entre la base y el ápice de las plantas.

Los datos de índice de germinación se analizaron mediante el Análisis de Varianza y pruebas de comparación de promedios; el análisis de la dinámica del crecimiento inicial de las plantas en invernadero se realizó mediante la formulación de modelos de regresión lineal.

Vigor germinativo de semillas de lulo. Los datos correspondientes al índice de vigor de las semillas de *S. quitoense* (lulo) evaluado con base en la velocidad (Einhellig et al, 1982) y en el coeficiente de la velocidad de germinación (Bewley y Black, 1985) obtenidos con el tratamiento de semillas con extractos acuosos de *T. gigantea*, *M. pubescens*, *E. edulis*, *Eucaliptus sp.* se observan en la Tabla 1. Según el Análisis de Varianza para los índices de vigor germinativo (Tabla 2), existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos, demostrándose que las especies estudiadas afectaron diferencialmente el vigor de las semillas de lulo.

Los tratamientos con más bajos índices de velocidad en la germinación del lulo fueron los extractos a base de hojas y raíces de eucalipto y de hojas de laurel de cera, con índices de 1,20, 4,99 y 5,61, respectivamente y con diferencias estadísticas significativas respecto al testigo (19,46) y a los extractos de raíces de nacedero (13,38). Similares resultados se observaron cuando se utilizó el coeficiente de la velocidad de germinación como índice de vigor; los tratamientos con más bajo índice fueron los basados en extractos foliares de eucalipto (8,40), chachafruto (8,62), laurel de cera (8,78), nacedero (8,96) y en extractos radicales de eucalipto (8,71) y chachafruto (8,87). Los tratamientos con mayor índice fueron los extractos radicales de nacedero (9,78) y de laurel de cera (8,96), sin diferencias estadísticas entre ellos pero sí con respecto al testigo que mostró un

índice de 10,58 (Tabla 1). Estas observaciones permiten mostrar una característica ventajosa del nacedero en la propuesta de asociación agroforestal de esta especie con lulo.

Las diferencias observadas entre los diferentes tratamientos permiten demostrar la especificidad de las especies en su acción alelopática y la influencia de múltiples factores en la severidad del efecto, ya que según lo afirman Steenhagen y Zimdahl (1979), la presencia de sustancias alelopáticas en los vegetales depende, además de la especie, de factores como la edad de las plantas, la fertilidad y humedad del suelo, la temperatura y la intensidad en la actividad fisiológica.

Vigor germinativo de semillas de tomate de árbol. Al tratar las semillas de *C. betacea* con extractos acuosos de *T. gigantea*, *M. pubescens*, *E. edulis* y *Eucaliptus sp.* pudieron observarse valores de vigor germinativo que difirieron estadísticamente en los tratamientos analizados (Tabla 2), demostrándose, al igual que con las semillas de lulo, un efecto diferente de los extractos vegetales de especies forestales sobre el vigor de la germinación de tomate de árbol.

Cuando el vigor de las semillas se midió por medio de la velocidad de germinación, pudo establecerse que los extractos foliares de eucalipto (1,51), chachafruto (2,35), y laurel de cera (8,52), así como los extractos radicales de eucalipto (4,23) y chachafruto (7,34) fueron depresivos del vigor germinativo del tomate de árbol, sin diferencias estadísticas entre ellos, pero sí con los índices de vigor alcanzados con los extractos foliares y radicales de nacedero (21,12 y 21,24), con los extractos radicales de laurel de cera (24,32) y con el testigo no tratado que presentó un vigor de 24,77 entre los cuales no se observaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 1).

Cuando el vigor germinativo se determinó mediante la fórmula propuesta por Bewley y Black (1985) se observaron, igual que con el índice de velocidad

germinativa, dos grupos de tratamientos: aquellos que presentaron un coeficiente de velocidad de germinación estadísticamente inferior al del testigo (10,73), conformado por los extractos foliares y radicales de chachafruto (8,55 y 8,73), eucalipto (8,78 y 8,82) y por los extractos foliares de laurel de cera (9,46); otro grupo estuvo conformado por los tratamientos que no presentaron diferencias estadísticas con el testigo: los extractos foliares y radicales de nacedero (11,16 y 11,03) y radicales de laurel de cera (11,77) (Tabla 1).

Igual que en el caso del lulo, se debe destacar la ausencia de efectos alelopáticos negativos de los extractos de nacedero sobre las semillas de tomate de árbol, lo cual da una ventaja inicial a la propuesta de sistemas agroforestales basados en la asociación de estas dos especies.

Crecimiento del lulo. El análisis de la velocidad del crecimiento inicial de las plantas de lulo en invernadero mostró valores similares con la incorporación de los diferentes tipos de material vegetal incorporado al sustrato. Estos valores de velocidad de crecimiento oscilaron entre 0,72 cuando se incorporaron hojas de nacedero y 1,22 con raíces de eucalipto, sin diferencias estadísticas cuando se analizaron las alturas finales. La velocidad de crecimiento para el Testigo fue de 0,93 (Tabla 3).

Cabe destacar el efecto de la incorporación de material vegetal de eucalipto, el cual no mostró efectos inhibitorios del crecimiento de lulo a pesar de producir una gran cantidad de toxinas (α -pineno, β -pineno, α -phelandreno y cineole) que se acumulan en el suelo en concentraciones capaces de inhibir completamente la germinación y el crecimiento inicial de algunas especies asociadas, según lo manifiesta Del Moral y Muller (1970); esto permite considerar la posibilidad de explotar plantaciones de lulo durante la fase de instalación de cultivos de eucalipto.

Es posible que los efectos inhibitorios del eucalipto sobre especies diferentes al lulo se deban a la alteración de los mecanismos de absorción mineral o a la absorción, por parte de las especies susceptibles, de aleloquímicos producidos por el eucalipto presentándose la posibilidad de que el sistema radical del lulo posea algunas características especiales que le permitan escapar a la acción de estos aleloquímicos. Además, estas observaciones permiten corroborar la especificidad de las sustancias alelopáticas manifiesta por la mayoría de los investigadores de este fenómeno (Rice, 1994; Chung y Miller, 1995; Vaughn y Boydston, 1997).

Crecimiento del tomate de árbol. En los modelos de regresión lineal propuestos para el crecimiento semanal de las plantas de tomate de árbol en invernadero (Tabla 3) se puede observar que con la incorporación de material vegetal de hojas y raíces de nacedero y sin incorporación (Testigo), se alcanzaron las mayores velocidades de crecimiento semanal con valores de 2,34, 2,08 y 2,10, respectivamente.

La incorporación de hojas de eucalipto fue la más nociva para las plantas de tomate de árbol, ya que se produjo detención del crecimiento y muerte progresiva a partir de la segunda semana después del transplante. La incorporación de hojas y raíces de laurel de cera y de raíces de eucalipto redujo la velocidad de crecimiento con respecto al testigo con valores de 1,53, 1,19 y 1,31, respectivamente. Esta situación fue corroborada por el análisis de la altura final en el cual pudo observarse que los tratamientos de incorporación de nacedero y Testigo presentaron la mayor altura respecto a todos los demás tratamientos.

La acción de los materiales vegetales incorporados permite suponer, tal como lo afirma Rice (1974), que los metabolitos secundarios presentes en ellos o producidos durante su descomposición en el suelo afectan funciones fisiológicas relacionadas con el crecimiento del tomate de árbol, como la división y el crecimiento celular, durante las primeras fases del ciclo de cultivo.

CONCLUSIONES

Los extractos acuosos de hojas y raíces de *M. pubescens* (laurel de cera), *Eucalyptus sp.* (eucalipto), *E. edulis* (chachafruto) y extractos de hojas de *T. gigantea* (nacedero), mostraron propiedades alelopáticas sobre el vigor de las semillas y/o sobre la velocidad de crecimiento de *S. quitoense* (lulo) y *C. betacea* (tomate de árbol).

Los extractos de radicales de nacedero no afectaron el vigor de las semillas de lulo medido con base en la velocidad de germinación y en el coeficiente de la velocidad germinativa; el vigor de las semillas de tomate de árbol no fue afectado por los extractos de nacedero y por los extractos radicales de laurel de cera.

La mayor velocidad en el crecimiento inicial de plantas de lulo se observó con la incorporación de raíces de eucalipto (1,22 cm/semana) y de chachafruto (1,35 cm/semana); la velocidad en el testigo fue de 0,93 cm/semana. La velocidad del crecimiento del tomate de árbol se redujo con la incorporación de raíces de laurel de cera (1,19 cm/semana) y de eucalipto (1,31 cm/semana) comparada con el testigo (2,10 cm/semana) y con la incorporación de raíces y hojas de nacedero (2,08 y 2,34 cm/semana).

Tabla 1. Velocidad de germinación (VG) y coeficiente de velocidad de germinación (CVG) de semillas de lulo y tomate tratadas con extractos acuosos de especies forestales.

EXTRACTO	L U L O		TOMATE DE ARBOL	
	VG	CVG	VG	CVG
<i>E. edulis</i> (Hojas)	6.28 AB	8.63 AB	2.35 A	8.55 A
<i>E. edulis</i> (Raíz)	9.44 BC	8.87 AB	7.34 A	8.74 A
<i>Eucaliptus</i> sp. (H)	1.20 A	8.40 A	1.51 A	8.78 A
<i>Eucaliptus</i> sp. (R)	4.99 AB	8.71 AB	4.23 A	8.82 A
<i>M. pubescens</i> (Hojas)	5.61 AB	8.78 AB	8.52 A	9.46 A
<i>M. pubescens</i> (Raíz)	7.93 BC	9.37 BC	24.32 B	11.77 B
<i>T. gigantea</i> (Hojas)	8.97 BC	8.96 AB	21.12 B	11.16 B
<i>T. gigantea</i> (Raíz)	13.38 CD	9.78 C	21.24 B	11.03 B
TESTIGO	19.46 D	10.58 D	24.77 B	10.73 B
DMS (0.05)	6.30	0.77	10.86	1.17

* Promedios con letras diferentes presentan diferencias estadísticas significativas (0.05)

Tabla 2. Análisis de variancia para los índices de vigor germinativo de semillas de lulo y tomate de árbol, tratadas con extractos acuosos de especies forestales

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS			
		LULO		TOMATE DE ARBOL	
		VG	CVG	VG	CVG
Tratamientos	8	112.079**	1.88**	387.27**	6.42**
Error	27	18.88	0.28	56.05	0.65

** Diferencias estadísticas altamente significativas

Tabla 3. Modelos de regresión lineal obtenidos para los datos de crecimiento inicial de plantas de lulo y tomate de árbol en sustratos con incorporación de material vegetal de especies forestales.

EXTRACTOS	LULO	TOMATE DE ARBOL
<i>E. edulis</i> (Hojas)	$Y = 1.76 + 0.91 X \quad R^2=0.92$	$Y = 5.20 + 1.83X \quad R^2=0.97$
<i>E. edulis</i> (Raíz)	$Y = 4.19 + 1.35 X \quad R^2=0.96$	$Y = 7.32 + 1.61X \quad R^2=0.99$
<i>Eucaliptus</i> sp. (H)	$Y = 3.26 + 1.11X \quad R^2=0.97$	
<i>Eucaliptus</i> sp. (R)	$Y = 4.07 + 1.22X \quad R^2=0.95$	$Y = 4.04 + 1.31X \quad R^2=0.92$
<i>M. pubescens</i> (Hojas)	$Y = 4.45 + 0.84X \quad R^2=0.94$	$Y = 7.13 + 1.53X \quad R^2=0.99$
<i>M. pubescens</i> (Raíz)	$Y = 4.20 + 0.81X \quad R^2=0.91$	$Y = 6.78 + 1.19X \quad R^2=0.97$
<i>T. gigantea</i> (Hojas)	$Y = 4.15 + 0.72X \quad R^2=0.97$	$Y = 9.29 + 2.34X \quad R^2=0.99$
<i>T. gigantea</i> (Raíz)	$Y = 3.51 + 1.21X \quad R^2=0.93$	$Y = 4.27 + 2.08X \quad R^2=0.93$
TESTIGO	$Y = 3.58 + 0.93X \quad R^2=0.99$	$Y = 4.84 + 2.10X \quad R^2=0.98$

Y = Altura de las plantas

X = Número de semana