

CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA Y FITOQUÍMICA DE LA BATATILLA *IPOMOEA PURPUREA* L. ROTH (SOLANALES, CONVULVULACEAE) EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES*

Héctor Mauricio Arias Ortiz¹, Albeiro López Bedoya², María Elena Bernal Vera³
y Elmer Castaño Ramírez⁴

Resumen

Con el propósito de realizar una caracterización ecológica (insectos asociados, flora acompañante), fitoquímica (sustancias presentes en semillas) y la realización de ensayos preliminares del efecto biocida del extracto de las semillas de batatilla (*Ipomoea purpurea* L. Roth), se seleccionaron dos agroecosistemas en el municipio de Manizales (veredas Bajo Tablazo y Aguabonita). Se ubicaron focos silvestres de la planta y se establecieron parcelas de observación con plantas obtenidas de un germinador para caracterizar, a través de su ciclo de vida, su interacción con el ecosistema cafetero. Se realizó un análisis bromatológico de las semillas para identificar sus compuestos fitoquímicos. Se realizó extracción de sus componentes alcaloides a nivel de laboratorio y se probó su utilidad agrícola preliminar mediante aplicaciones sobre un insecto de interés agronómico, *Cosmopolites sordidus* Germar (picudo negro del plátano), bajo condiciones controladas. Se pudo determinar que las arvenses acompañantes más representativas son plantas dicotiledóneas que pertenecen a la familia Asteraceae. Los insectos asociados más representativos fueron en su mayoría hemípteros y coleópteros y destacándose insectos de las familias Thripidae, Staphylinidae, Acrididae, Chrysomelidae, Cicadellidae y Noctuidae. Los grandes contenidos de metales pesados Hierro, Zinc, Manganeso y Cobre, arrojados por el análisis bromatológico sugieren una posible detoxificación del suelo al acumular estos compuestos en las semillas de *Ipomoea purpurea* L. Roth. La efectividad del extracto sobre la plaga (picudo negro), y los cambios de comportamiento, definieron la utilidad biocida de las sustancias contenidas en las semillas de *Ipomoea purpurea*, planta considerada agresiva y con pocas utilidades reportadas.

Palabras clave: arvenses acompañantes de *I. purpurea*, insectos asociados a *I. purpurea*, fitoquímica de *I. purpurea*.

ECOLOGICAL AND PHYTOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE TALL MORNING GLORY *IPOMOEA PURPUREA* L. ROTH, ORDER: (SOLANALES, FAMILY: CONVULVULACEAE) MANIZALES - COLOMBIA

Abstract

With the purpose of carrying out an ecological characterization (associated insects and accompanying flora), a phytochemical evaluation (substances present in seeds) and preliminary testing of biocidal effect, of Tall Morning Glory (*Ipomoea purpurea*) seeds extract, two agroecosystems (El tablazo and Agua Bonita Districts) located in the municipality of Manizales

* FR: 1-V-2010. FA: 1-VIII-2011.

¹ Ingeniero Agrónomo E mail: penumbra_hmao@yahoo.com

² Ingeniero Agrónomo E mail: albeirolopezb@hotmail.com

³ Ingeniera Agrónoma Profesora catedrática Universidad de Caldas E mail: marielberve@hotmail.com

⁴ Ingeniero agrónomo. Profesor Titular Universidad de Caldas E mail: elmercr@ucaldas.edu.co

were selected. Wild areas of *Ipomoea purpurea* were established and observation plots of land with plants obtained from a seed germinator were established to characterize, through their lifecycle, their interaction with the coffee-growing ecosystem. Seed bromatological analyses were carried out to identify their phytochemical compounds. Extractions of the alkaloids was performed in a controlled manner in the lab, and their preliminary agricultural use was proved on *Cosmopolites sordidus* Germar (black weevils in plantain), an agronomic interest insect. It was determined that the most representative accompanying weeds near *Ipomoea purpurea* are dicotyledonous plants belonging to the *Asteraceae* family. The most representative associated insects were Hemiptera and coleopterae, being highlighted Thripidae, Staphylinidae, Acrididae, Chrysomelidae, Cicadellidae and Noctuidae families. The high contents of heavy metals, iron, zinc, manganese and copper left by the bromatological analysis suggest a soil detoxification by accumulation of those compounds in *Ipomoea purpurea* L. Roth seeds. The effectiveness of the extract and the behaviour changes on the plague (black weevils in plantain) defined the biocidal utility of substances contained in the *Ipomoea purpurea* seeds, a plant which is considered aggressive with few reported utilities.

Key words: accompanying *Ipomoea purpurea* weeds, associated *Ipomoea purpurea* insects, *Ipomoea purpurea* phytochemistry

INTRODUCCIÓN

La batatilla (*Ipomoea purpurea* L. Roth) es una planta de enredadera que rodea la vegetación, la envuelve y gana altura trepando sobre las plantas cultivadas lo cual se considera una adaptación a la baja intensidad de luz y la predetermina como una de las 10 peores malezas, ya que su competencia reduce el rendimiento e interfiere con la cosecha (GÓMEZ de E. *et al.*, 2003). En cultivos como algodón y café por ejemplo, el manejo de las especies de batatilla es crítico en todas las etapas de crecimiento del cultivo, desde la emergencia hasta las etapas más tardías en donde se enredan en los tallos, hacen difícil su control, limitan la calidad de la recolección y deterioran la producción final.

Para la zona cafetera se han reportado varias especies de batatilla asociadas a los cultivos de café: *Ipomoea hederifolia*, *I. purpurea*, *I. tiliácea* e *I. trifida* (GÓMEZ & RIVERA, 1987). A pesar de que la literatura agronómica del país ha informado problemas relacionados con la presencia y manejo de batatillas, se deben tener en cuenta estudios fitoquímicos de estas arvenses para descubrir las sustancias que sintetizan y su potencial aplicación biotecnológica.

Como planta acompañante de los cafetales caldenses, la *Ipomoea purpurea*, se adapta a cualquier sistema de cultivo siempre y cuando las temperaturas sean suficientemente cálidas. Siguiendo a RICHARSON (2000 citado por GUILLOT, 2006), es considerada arvense invasora en la medida que es una planta naturalizada que se reproduce abundantemente a considerable distancia de sus plantas parentales y posee potencial para extenderse sobre áreas considerables. Si el medio ambiente es frío o la luz es insuficiente, las plantas no enredarán y florecerán tan pronto como uno o dos pares de hojas verdaderas se hayan desarrollado [por eso es que las plántulas pueden producir flores tan precozmente 20 o 15 días después de siembra (d.d.s.)]. Si la temperatura es cálida y el ambiente húmedo o bajo óptimas condiciones, la enredadera se volverá más larga y no florecerá antes de tiempo (BARKER, 1917). Esta especie puede crecer con facilidad en climas tropicales y subtropicales, y para las condiciones de Manizales se desarrolla en

ambientes cálidos y en clima frío moderado. Se reproduce tanto por semillas como vegetativamente, los suelos ricos o fertilizados tienden a favorecer el crecimiento vegetativo sobre la floración (GÓMEZ de E. *et al.*, 2003). Son plantas con alto grado de autofecundación (BARKER, 1917), pero al mismo tiempo tienen gran éxito en la polinización cruzada.

Ipomoea purpurea se destaca por ser ornamental, melífera, forrajera, por su hábito trepador compite por espacio y luz con el cafetal y otras plantas, dificulta las labores propias de los cultivos, interfiere con el eficiente desarrollo de las cosechas e indirectamente (o directamente), puede incidir en la dinámica de insectos plaga y el desarrollo de enfermedades (PINILLA, 2002 citado por PLAZA & PEDRAZA, 2007).

Los meristemas apicales, hojas y cápsulas-semilla de *I. purpurea* son dañadas por varios herbívoros como lepidópteros y ortópteros (RAUSHER & SIMMS, 1989), coleópteros de las familias Alticinae, Chrysomelidae (JONES *et al.*, 1978; ROSENTHAL, 1985), Curculionidae y otras larvas de lepidópteros (TIFFIN & RAUSHER, 1999). Por otra parte, los Himenópteros (*Apis* sp., *Bombus* sp.) son visitantes regulares de *I. purpurea* lo que ratifica su importancia en los procesos de polinización naturales y agrícolas (GALETTO & BERNARDELLO, 2004).

Las flores, semillas, raíces y tallos de las plantas se han usado como laxantes. Las semillas contienen alcaloides alucinógenos que son tóxicos (GÓMEZ de E. *et al.*, 2003). 50 especies de plantas de la familia Convolvulaceae son usadas con propósitos medicinales en Asia y el Pacífico (GARCÍA & GUTIÉRREZ, 2006).

En varios géneros de la familia Convolvulaceae, donde *Ipomoea* es uno de los más grandes, se han descubierto síntesis bioquímicas exclusivas como la producción, y posterior acumulación de alcaloides ergolínicos, de naturaleza similar a los producidos por el ergot del centeno (*Claviceps purpurea*), considerados tóxicos para el ser humano. Hay fuertes indicaciones de que *Ipomoea asarifolia* Roem. et Schult planta Convolvulácea, es colonizada por un hongo clavicipitaceo productor de alcaloides ergolínicos que sería el responsable de la acumulación de dichas sustancias dentro de la planta. Este hongo está equipado con material genético esencial para la síntesis de alcaloides ergolínicos y es transmitido a las semillas. Así, ambos organismos simbióticos (planta y hongo) están en contacto con los alcaloides (AHIMSA-MÜLLER *et al.*, 2007).

Los limitados aportes a la investigación de plantas denominadas “malas hierbas” existentes en Colombia y la escasa conciencia sobre su uso potencial, han llevado a una marcada y generalizada tendencia a erradicar drásticamente plantas acompañantes que pueden ser útiles por sus contenidos químicos. Vegetales de estas características se pueden convertir en materia prima para la agro-industria de productos dirigidos a la protección de cultivos, los que por su naturaleza orgánica causan poco impacto en el ambiente, aspecto importante dentro de la investigación, conservación y manejo de la biodiversidad (LIEBMAN *et al.*, 2001).

Autores como FERGET (1994) y HENAO *et al.* (2001), mencionan que con el fin de encontrar nuevas alternativas de manejo de plagas tendientes a racionalizar el uso de agroquímicos, disminuir los costos de producción y obtener productos sanos, el uso de plantas con potencial insecticida es una herramienta valedera y eficiente para disminuir problemas sanitarios en varios cultivos. Más de 2.000 especies vegetales

en el mundo poseen propiedades insecticidas (RODRÍGUEZ, 1998), a lo que habría que añadir muchas otras que permanecen todavía sin ser estudiadas (PASCUAL-VILLALOBOS, 1998). La interacción de los insectos con las plantas ha dado lugar a una enorme variedad de metabolitos secundarios con actividad insecticida y estas propiedades han sido utilizadas por el hombre desde tiempos remotos para el control de plagas (YANG & CHANG, 1988 citados por PASCUAL-VILLALOBOS, 1998).

El propósito de este trabajo es caracterizar los aspectos ecológicos y fitoquímicos relevantes en la batatilla (*Ipomoea purpurea* L. Roth) e identificar preliminarmente la aplicación agrícola de sus componentes bioquímicos; complementariamente se describe la ecología y comportamiento de esta especie y se identifica la presencia de sustancias fitoquímicas importantes en sus semillas. Este trabajo se realizó durante los años 2008 y 2009

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapa de campo (caracterización ecológica)

Selección de las zonas de muestreo. Se seleccionaron en campo dos zonas donde se encontrara *I. purpurea* establecida representativamente (poblaciones silvestres). En sendas fincas de las veredas Bajo Tablazo y Agua Bonita (caracterizadas por temperatura mínima de 16°C, y máxima de 27°C, humedad relativa 81%, altura sobre el nivel del mar entre 1800 y 1900 m, precipitación anual 1860 mm anuales), se midieron las relaciones ecológicas. Se seleccionaron tres focos naturales para reconocer las arvenses asociadas y se instalaron tres parcelas de observación de insectos asociados (P01: N 05°01.873' - W 075°32.292', 1898 m; P02: N 05°01.465' - W 075°32.353', 1877 m; P03: N 05°00.965' - W 075°32.672', 1798 m). Igualmente se sembraron plantas a 1,5 m entre surcos y 1,5 m entre plantas (20 plantas en total por parcela), para la siembra de las tres parcelas. Se preparó un germinador de 2 m x 3 m con 300 semillas obtenidas de poblaciones silvestres de *I. purpurea* de la zona cafetera de Manizales. Las plantas de cada parcela contaron con un sistema de tutorado, como única labor agronómica realizada para guiar su crecimiento trepador.

Flora acompañante. Se realizó un inventario de las especies vegetales acompañantes encontradas dentro del área de influencia de 2 x 2 metros. Las plantas no reconocidas en campo se colectaron y fueron herborizadas e identificadas posteriormente en el herbario Facultad de Agronomía de la Universidad de Caldas (FAUC) por comparación y con ayuda suministrada por especialistas en botánica. El inventario de cada foco se realizó a través de tres épocas diferentes (noviembre, enero y marzo) con el fin de registrar la variación de la diversidad vegetal durante todo el ciclo de vida de la *Ipomoea purpurea*, de acuerdo con el clima, a través del tiempo.

Insectos asociados. A través de las fases de crecimiento, desarrollo y establecimiento de la *I. purpurea* sembrada se obtuvieron inventarios de los insectos más representativos definiendo su papel o función ecológica (plaga, polinizador, depredador, etc.) dentro del agroecosistema cafetero. Los muestreos se realizaron dos veces por semana, en las horas de la mañana durante cuatro meses, para lo cual se hizo seguimiento a varias plantas escogidas al azar dentro de cada

parcela de observación por 30 minutos en cada planta, se registraron los insectos visitantes y los habitantes naturales. Se cuantificó la frecuencia de cada una de las especies vistas durante el tiempo de muestreo. Se tomaron registros fotográficos y colectas de insectos para su identificación en el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Caldas.

Los resultados de flora acompañante e insectos presentes en los focos naturales y las parcelas establecidas, se presentan de forma agregada por la homogeneidad de las distribuciones poblacionales.

Recolección de semillas. Después del seguimiento y monitoreo de las plantas de *Ipomoea purpurea* en cada una de las parcelas de estudio, y una vez se observó una masiva producción de semillas al final del ciclo productivo, se procedió a su recolección, caracterización, selección y pesado para enviar muestras al laboratorio para efectuar las pruebas de fitoquímica.

Etapas de laboratorio

Análisis bromatológico. La muestra representativa de semillas (100 g) colectada en la zona de estudio se llevó al Laboratorio de Nutrición Animal y Vegetal de la Universidad de Caldas⁵ para ser sometida a un análisis bromatológico completo.

Protocolo de extracción de componentes alcaloides. WITTERS (1975), FESTER (1995), HOFMANN *et al.* (2001) y AHIMSA-MÜLLER *et al.* (2007), muestran estudios relacionados con la extracción de alcaloides de semillas de batatillas. Para el desarrollo de este trabajo se enfatizó en la búsqueda de alcaloides ergolínicos en las semillas ya que son los componentes más importantes reportados en la literatura. Se asumió el método práctico de extracción de alcaloides de semillas de *Ipomoea* spp. propuesto por FESTER (1995), que es específico para este tipo de sustancias.

Se utilizaron 100 gramos de semillas seleccionadas y limpias de *Ipomoea purpurea*, para la extracción en laboratorio, se pulverizaron mediante un licuado y se protegió el material molido de exposición a la luz. Con este material se inició la extracción mediante el siguiente procedimiento:

1. Desgrasado:

Se colocaron 100 gramos de polvo de semillas dentro de una bureta protegida de la luz.

Se adicionó poco a poco el solvente (416 ml de hexano), que se encargó de eliminar las grasas presentes en el material vegetal. Este se dejó filtrar a través del polvo de semillas hasta que se extrajeron totalmente las grasas (hora y media). Se evaporó el exceso de hexano de la muestra vegetal.

⁵ Laboratorio de Nutrición Animal y Vegetal. Instituto de Biotecnología Agropecuaria. Vicerrectoría de Investigaciones y Postgrados. Universidad de Caldas. Director: Julián Estrada Álvarez. Analista: Juan Manuel Salgado Vargas. Octubre 14/2009.

2. Basificación:

Se preparó una solución basificadora con amonio (amonio fuerte 5,7 ml) como agente basificante, cloroformo (510 ml) como solvente y metanol (51 ml) como anti-emulsificante. Esta solución se dejó fluir lentamente a través del material vegetal colectado en una bureta y el extracto fue recogido en un balón volumétrico protegido de la luz.

Evaporación del exceso de solvente (se redujo el volumen del extracto en el balón volumétrico a la quinceava parte). Esto se logró mediante la intercalación de evaporación en estufa a menos de 40°C y una evaporación acelerada mediante un roto-evaporador al vacío a menos de 40°C.

3. Redilución:

El volumen obtenido fue diluido en una solución de éter (113 ml), alcohol (7,6 ml) y agua destilada (60 ml) para reemplazar el solvente anterior (cloroformo) y permitir más eficiencia en el paso siguiente.

4. Extracción de alcaloides en ácido tartárico:

A la solución obtenida se le adicionó una solución de ácido tartárico en agua (24 ml) para favorecer la formación de sales entre los alcaloides y el ácido dejando los componentes extraños en el éter.

El procedimiento anterior se repitió cuatro veces con volúmenes iguales (96 ml totales), dejando reposar 5 minutos en cada extracción.

5. Basificación de la solución de ácido tartárico:

El pH de la solución debe subir hasta un rango de 8-8,5 (no por encima) y para ello se adicionó muy lentamente amonio hasta lograr dicho valor

6. Redilución en éter:

Luego de alcanzar este valor de pH, los alcaloides fueron extraídos en dilución con éter/agua (1:1) (repetida cuatro veces).

7. Evaporación del éter al vacío:

Finalmente para obtener los alcaloides resultantes se evaporó el solvente (éter) bajo vacío en un roto-evaporador, produciendo el extracto que se debió proteger de la luz y refrigerarse rápidamente.

Se hizo un inventario de los componentes fitoquímicos presentes en las semillas de *Ipomoea purpurea*. Se realizaron comparaciones entre sus contenidos relativos, seleccionándose los componentes más relevantes en esta especie para la elaboración de formulaciones que podrían ser útiles en agricultura. Se caracterizó el extracto obtenido en laboratorio por las propiedades observadas.

Preparación de extractos para la etapa de validación. Del proceso de extracción en laboratorio a partir de las semillas de *Ipomoea purpurea* se obtuvo 2,5 ml de extracto puro, y para realizar las pruebas del efecto del extracto diluido en agua destilada sobre el comportamiento en picudos negros (*Cosmopolites sordidus* Germar), se formularon cuatro tratamientos (bajo cuatro diluciones del extracto). Asumiendo una concentración de 100% al producto proveniente de la extracción en laboratorio, este volumen (2,5 ml) fue llevado a 5 ml por la adición de un volumen igual de agua destilada, con lo que se llevó la solución a una concentración de 50% de extracto puro. De este volumen se utilizan 2,5 ml para aplicar en cada tratamiento, y se recuperó el volumen inicial aforando con agua destilada hasta los 5 ml. De esta manera se prepararon diluciones a 25 y 12,5% de extracto puro.

Etapa de validación (estudio preliminar)

Bioensayos. Se valoraron los efectos generales del extracto puro a concentraciones de 50, 25 y 12,5% de acuerdo con los diferentes tratamientos sobre adultos de *Cosmopolites sordidus* que se colectaron de cultivos del plátano ya establecidos en la granja Montelindo. Con 5 individuos por caja petri se aplicaron 2,5 ml de las concentraciones del extracto de *Ipomoea purpurea* y se compararon con un testigo absoluto (2,5 ml de agua destilada), midiéndose el porcentaje de mortalidad de los picudos a través del tiempo y haciendo observaciones de la reacción de los insectos al contacto con estas sustancias.

Tratamientos

- T₀: Aplicación de 2,5 ml de agua destilada. (Testigo).
- T₁: Aplicación de 2,5 ml de dilución del extracto puro a 50%.
- T₂: Aplicación de 2,5 ml de dilución del extracto puro a 25%.
- T₃: Aplicación de 2,5 ml de dilución del extracto puro a 12,5%.

Por cada tratamiento se realizaron 2 repeticiones. Las aplicaciones se hicieron mediante un aspersor hasta agotar el volumen, procurando siempre impregnar completamente los insectos.

RESULTADOS

Caracterización eco-biológica de *Ipomoea purpurea* L. Roth en cafetales

Arvenses acompañantes. El total de especies asociadas a las poblaciones de *Ipomoea purpurea* en las veredas Bajo Tablazo y Aguabonita del municipio de Manizales (Caldas) fue de 83 especies, 81% de las arvenses halladas fueron Dicotiledóneas (Magnoliópside), 17% Monocotiledóneas (Liliópside), también se hallaron dos Pteridofitas: un licopodio y un helecho.

Las arvenses de las familias Asteraceae (veinte especies, 24%) y Poaceae (ocho especies, 9,7%) tuvieron la más alta contribución al total de especies asociadas, seguidas por las familias Solanaceae (cuatro especies, 4,8%), Euphorbiaceae, Caryophyllaceae, Malvaceae, Convolvulaceae y Polygonaceae (tres especies, 3,6%, cada una de las familias).

El venadillo *Erigeron bonariensis* L., la guasca *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake, y el cadillo *Bidens pilosa* L., fueron las especies arvenses más asociadas a la batatilla *Ipomoea purpurea*, ya que fueron vistas y registradas en más del 60% del área total estudiada. También son de destacar arvenses como clavelillo o socialista *Emilia sonchifolia* (L.) D.C., coquito o cortadera *Cyperus flavus* (Vahl) Nees, conejas o canutillos *Commelina diffusa* Burm. f. & *Commelina virginica* L., arracachuelo o culantrillo *Spananthe paniculata* Jacq., helecho marranero *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., moradita o sanalotodo *Cuphea* sp. y yuyo quemado *Siegesbeckia jorullensis* H.B.K., entre todas las arvenses asociadas a este ecotipo de batatillas en diferentes cultivos de café en etapa de levante y de primeras cosechas.

Insectos asociados. Para las condiciones agro-ecológicas del municipio de Manizales la diversidad de insectos asociados a *Ipomoea purpurea* (visitantes y relacionados) es grande. La distribución porcentual de los órdenes de insectos según su abundancia es Hemiptera (23%), Coleoptera (23%), Thysanoptera (16%) y Orthoptera (12%), en conjunto representan 74% de la población total de insectos asociados a la batatilla *Ipomoea purpurea*. El Gráfico 1 evidencia la distribución de los órdenes y señala las familias más representativas en cada uno de ellos.

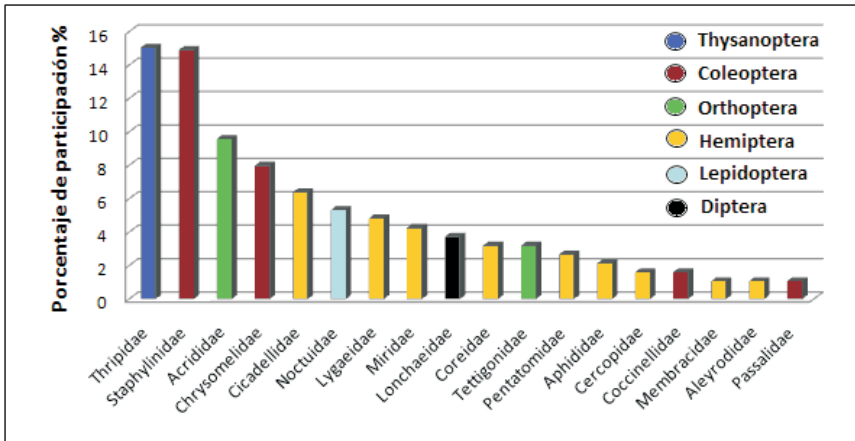


Gráfico 1. Familias de mayor participación asociadas a *Ipomoea purpurea* L. Roth en cafetales (Manizales - Caldas).

La presencia de estados inmaduros comparado con la de adultos, es un indicador que permite diferenciar a nivel de campo si cierto grupo de insectos son visitantes ocasionales o están directa y ecológicamente relacionados con las plantas estudiadas. Según los datos colectados, 77% de los reportes son de insectos en estado adulto y el porcentaje restante de insectos inmaduros (larvas o ninfas), que indican una dinámica biológica y poblacional de las especies asociadas ligadas a la dependencia de la fuente alimenticia para el desarrollo completo de sus ciclos de vida (p.e., Acrididae, Noctuidae, Pentatomidae, Cicadellidae).

Teniendo en cuenta que la interacción con los insectos dentro del sistema cultivo-arvense es determinante al pensar en las medidas de control dentro del sistema

productivo, es necesario conocer su composición funcional. De acuerdo con las observaciones en campo y la población de insectos particular del área de estudio, se determinó que la principal función de estos insectos es fitófaga (60%); interacción que resulta perjudicial desde la pérdida del área fotosintética hasta la disminución de la eficiencia en el uso de los recursos por parte de la planta. Considerando el sistema cultivo-arvense como un ecosistema de múltiples relaciones, también se identificó la participación de varios grupos de insectos en otras funciones importantes [polinizadores (2%), depredadores (30%), parasitoides, etc.], aportando elementos para asegurar que se produzca equilibrio entre el impacto de las plagas y el éxito competitivo de las arvenses, consolidando de esta forma un ecosistema dentro de un sistema agrícola con algunos ejes centrales; el Gráfico 1 muestra las disposiciones relativas de estos hábitos dentro de la población de insectos asociados a *Ipomoea purpurea* L. Roth.

Caracterización fitoquímica

Análisis bromatológico. Las pruebas que hacen parte del análisis bromatológico completo al que fueron sometidas las semillas de la batatilla *Ipomoea purpurea* L. Roth. arrojaron los resultados que se muestran en la Tabla 1. Se destaca la presencia (por posible bioacumulación o traslocación hacia las semillas) de metales pesados como Hierro (59,83 mg/kg), Cobre (15,95 mg/kg), Manganeso (17,34 mg/kg) y Zinc (39,03 mg/kg).

Tabla 1. Análisis bromatológico de semillas de *Ipomoea purpurea* L. Roth.

ANÁLISIS	UNIDADES	MUESTRA
Humedad	%	7,53
Materia seca	%	92,47
Nitrógeno total	%	3,33
Proteína bruta	%	20,81
Grasa total	%	7,03
Fibra bruta	%	12,08
Cenizas totales	%	6,47
Fósforo	%	0,20
Potasio	%	1,33
Calcio	%	0,16
Magnesio	%	0,22
Sodio	%	0,02
Hierro	mg/kg	59,83
Cobre	mg/kg	15,95
Manganeso	mg/kg	17,34
Zinc	mg/kg	39,03

Fuente: Laboratorio de Nutrición Animal y Vegetal, Universidad de Caldas, 2009. Métodos de análisis: Humedad y Materia Seca (Gravimetría). Nitrógeno y Proteína (Kjeldahl). Fibra (Digestión Ácido-alcalina). Grasa (Soxhlet). Cenizas (Calcinación). Fósforo (Colorimétrico). Ca, Mg, K, Na, Fe, Mn, Zn, Cu (Absorción atómica). Los resultados se dan en base seca.

Extracción de componentes alcaloidales a partir de semillas de *Ipomoea purpurea* mediante el protocolo adaptado de FESTER (1995). El extracto obtenido después del proceso y luego de la evaporación de los solventes utilizados, estuvo representado en un volumen final de 2,5 ml de una sustancia de color verde-oscuro, turbia, sin diferenciación de fases, inodora, no grasosa y de apariencia un poco densa, a lo que se llamará en adelante extracto puro de semillas de *Ipomoea purpurea*.

Resultados del efecto insecticida del extracto de semillas de batatilla (*ipomoea purpurea* L. roth) sobre picudo negro (*cosmopolites sordidus* germar)

Los datos del efecto o mortalidad a las 5 horas de aplicación de las diferentes diluciones del extracto de semillas, se muestran en el Gráfico 2.

Cinco horas después de aplicadas las diluciones del extracto puro obtenido de las semillas de batatilla sobre los insectos, se encontró mortalidad de 100% en los tratamientos T_{1.1}, T_{1.2}, T_{2.1} y T_{3.1}. En los tratamientos restantes (T_{2.2} y T_{3.2}), solo murieron 60% (3) y 50% (2) de picudos, respectivamente. La sobrevivencia de los insectos se produjo en los tratamientos con menor porcentaje de concentración del extracto de semillas de *Ipomoea purpurea*

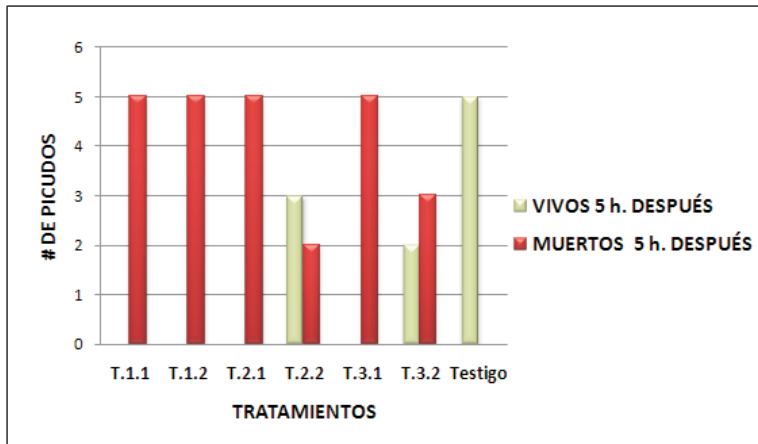


Gráfico 2. Efecto de la aplicación del extracto de semillas de *Ipomoea purpurea* L. Roth. al picudo negro *Cosmopolites sordidus* Germar. 5 horas después.

Observaciones hechas diez horas después de la aplicación, no mostraron cambios significativos en el resultado anterior, solo el aumento en la mortalidad en el tratamiento T_{2.2}, lo que podría indicar un efecto retardado del extracto en algunos casos. Es de anotar el comportamiento de los picudos negros luego de estar expuestos a la acción de la dilución del extracto puro de semillas de *Ipomoea purpurea*. Se observó, inmediatamente se aplicó el extracto, la repulsión de los insectos hacia la sustancia aplicada, esto se evidencia en el movimiento del insecto como acto reflejo por escapar del líquido que quedaba dentro de las cajas, y la tendencia a ocupar las partes altas de las mismas y permanecer allí. La inmediata movilidad de los insectos posterior a la aplicación va disminuyendo por minutos,

hasta el punto en que ya no se desplazan, se quedan moviendo las patas en un mismo lugar y finalmente se quedan quietos. Para saber si estaban vivos o muertos, se les estimuló con una aguja para inducir respuesta.

DISCUSIÓN

FASE DE CAMPO

Arvenses asociadas a *Ipomoea purpurea* L. Roth.

A nivel taxonómico hay que resaltar varios aspectos de estas plantas que suelen obviarse en muchos trabajos agronómicos, pero que a nivel ecológico son de mucha importancia al momento de entender su adaptación, nicho ecológico, interrelaciones vegetales dentro de las comunidades y desempeño ambiental en los sistemas productivos. Dentro del orden Solanales, comparte antepasados evolutivos con las familias Solanaceae, Cuscutaceae y Polemoniaceae que usualmente tienen hojas alternas, flores actinomorfas, pétalos unidos, cinco estambres, y un ovario súpero que no está partido en cuatro (MOHLENBROCK, 1990), características que, además de ser compartidas taxonómicamente, podrían sugerir afinidad en los hábitos de arvenses agresivas comunes a varias especies de estas familias y con un reconocido y marcado éxito en la adaptación a ambientes variados, disturbados y agrestes.

Ipomoea purpurea L. Roth en la región cafetera de Manizales, tiene como unas de las plantas más relacionadas las especies de su mismo género, de las cuales se identifican: *Ipomoea hederifolia* L., *Ipomoea trifida* (H.B.K.) G. Don., *Ipomoea tiliacea* (Willd) Choisy como las especies más relevantes (GÓMEZ & RIVERA, 1987). Estos vegetales comparten las características generales del género Convolvulacea (volubles, trepadoras, flor campanulada) y al tiempo tienen características que las diferencian tanto a nivel botánico como desde sus hábitos: la *Ipomoea hederacea* posee flores rojas pequeñas, hojas sagitadas, tallos oscuros, lisos y delgados; es la más rastrera de las especies Convolvuláceas en los cafetales y ocasionalmente trepa a los cafetos para acceder a la luz.

Ipomoea tiliacea presenta flores muy grandes de color morado intenso generalizado sin centros claros, hojas sagitadas grandes y alargadas, y está asociada más a los bordes de los cultivos de café, a bordes de caminos y en especial se halla trepando a árboles altos que conforman los sombríos de los cafetales o los árboles de los linderos, es buena atrayente de polinizadores grandes (himenópteros).

Ipomoea trifida es la convolvulácea más abundante y limitante en los cafetales de la zona de estudio, dispone de flores claras color crema con bordes púrpura claro, tallos oscuros con pocos tricomas, hojas sagitadas, presencia de látex y hábito trepador envolvente, es la batatilla más limitante en los sistemas productivos cafeteros ya que tiende a estrangular las plantas que le sirven de apoyo, incluidas arvenses arbustivas de porte medianamente alto, y especialmente en café se apodera completamente de la planta rodeándola, crece rápidamente, cubre la planta con sus tallos, hojas, inflorescencias y frutos, merma la producción y la captación de luz del cafeto, limita la fotosíntesis, crea microclimas húmedos e impide las labores culturales propias del cafeto desde fertilización hasta cosecha.

La *Ipomoea purpurea* L. Roth, es la más vistosa de las batatillas de los cafetales ya que es la única especie con un marcado polimorfismo en la forma de las hojas y en el color de la flor, mostrando individuos rosa, púrpura, azules, blancos y blancos con flecos de colores rosas y púrpura claro; es una planta imponente en los cafetales especialmente en la fase de levante donde la disponibilidad de luz y espacio estimula su diseminación, utiliza los árboles como soporte y se enreda en ellos limitando su óptimo desarrollo, pero al mismo tiempo dispara las poblaciones de insectos en los cafetales. Tradicionalmente ha sido de difícil manejo ya que por su hábito trepador y la gran cobertura de una sola planta hace tedioso su control manual, más aún cuando se ha registrado poca sensibilidad a la aplicación de productos químicos como el Glifosato (PAPA, 2005; TRUCCO, 2007). Otra característica importante es que *I. purpurea* es una planta autocompatible (COBERLY & RAUSHER, 2003).

De acuerdo con los resultados de este estudio, la *Ipomoea purpurea* puede ser considerada, aparte de una maleza trepadora limitante, como un eje biológico que permite el desarrollo de una diversidad florística sin precedentes (83 especies arvenses asociadas y más de 8 órdenes de insectos), que alberga una serie de interacciones ecológicas de vital importancia en el desempeño equilibrado del ecosistema cafetero. La batatilla, tan repudiada por los agricultores dentro de sus cultivos, se torna en una arvense de relevante importancia ecológica para el correcto desempeño de sistemas productivos en armonía con el medio ambiente gracias a su nicho particular y las múltiples funciones de relación que ha desarrollado con plantas vecinas y con la fauna que aprovecha sus beneficios de protección y alimento.

Agronómicamente, se dispone de poca información acerca de los efectos de la interferencia de las arvenses sobre otras arvenses para la determinación de umbrales y métodos eficaces de manejo, períodos críticos de competencia y densidad de arvenses útiles y nocivas. En la agrupación de arvenses de mayor interferencia asociadas a *Ipomoea purpurea* sobresalen las familias Asteraceae (24%), Poaceae (9,7%), Solanaceae (4,8%), Cyperaceae (3%) y Convolvulaceae (3,6%), familias que por lo general presentan especies de porte arbustivo que sirven de soporte para que la batatilla ejerza su hábito trepador. La diversidad florística ligada a *Ipomoea purpurea* está representada por algunas especies de plantas alelopáticas como las Cyperáceas, otras de hábito de crecimiento trepador como batatillas y otras enredaderas, unas de estructura leñosa o semileñosa de raíz pivotante profunda como las escobaduras y verbenas, y otras notorias por su difícil manejo como el helecho marranero, entre muchas otras más.

Como ocurre con la *Ipomoea purpurea* y flora acompañante, la competencia entre plantas, cuando existe un clima apropiado y suficiente disponibilidad de nutrientes, agua y bióxido de carbono, se hacen determinantes en su crecimiento, ya que tanto las plantas cultivadas como las arvenses, tienden a alcanzar en conjunto rendimientos máximos, con desarrollo de cada una de las especies a expensas de la otra, y llegan a formar una asociación característica entre varios tipos de plantas (VEGA, 1976 citado por GARCÍA DE S. *et al.*, 2000). No obstante, cuando existen condiciones adversas, las arvenses compiten con el cultivo y con otras arvenses acompañantes por cada uno de estos elementos, provocan efectos negativos en el crecimiento y la producción; la mayor competencia entre arvenses y cultivo generalmente ocurren cuando las especies que compiten son similares en sus hábitos vegetativos, métodos de reproducción y demanda del medio ambiente (MARZOCCA *et al.*, 1976 y KOCH *et al.*, 1982 citados por GARCÍA DE S. *et al.*, 2000).

En café las especies de malezas varían de acuerdo con el sistema de cultivo utilizado. Así, en plantaciones a plena exposición solar predominan especies gramíneas o plantas de hojas angostas, y en cultivos bajo sombra, especies que en su mayoría son dicotiledóneas o de hojas anchas (BELLAVITA *et al.*, 1967 y MEJÍA, 1976 citados por GARCÍA DE S. *et al.*, 2000); de acuerdo con los resultados, la gran mayoría de arvenses asociadas a *Ipomoea purpurea* son dicotiledóneas (81%) características de sistemas productivos de café en pendiente y mediano sombreamiento. En Brasil se han reportado pérdidas en rendimiento del café de 60% debido al manejo inadecuado y desyerbas inoportunas (BLANCO *et al.*, 1978 citados por SALAZAR & HINCAPIÉ, 2005). Además, mantener el suelo libre de ellas además de resultar oneroso puede ocasionar problemas de erosión considerables [RODRÍGUEZ & MARTELL (1987), BELLAVITA *et al.* (1967) y KOCH *et al.* (1982) citados por GARCÍA DE S. *et al.* (2000)].

El agrupamiento taxonómico a nivel de familia, género y especie permitió, igualmente, categorizar la comunidad de arvenses en la zona de estudio, además, la revisión de las características biológicas y ecológicas de las especies dominantes aporta elementos a la explicación de su nivel poblacional (número de individuos) en el área bajo análisis. La importancia del conocimiento de la estructura de las comunidades es distinguir cómo los miembros de la comunidad se relacionan o interactúan, evaluando mediante el número de especies (riqueza) la dominancia y diversidad ecológica. Algunos factores que inciden en las bajas frecuencias de algunas especies son sus propias características como el hábito de crecimiento, altura de planta, arquitectura y desarrollo foliar y la distribución poco homogénea dentro del sistema, logrando ubicarse solo en sitios particulares de las áreas en producción (distribución en parches), permitiendo el predominio de algunas especies (dominantes) en detrimento de otras.

La presencia intermedia de arvenses de porte alto (cadillo, venadillo, batatilla, amaranto, etc.), impiden la captación de luz a las plantas del estrato inferior, en general esta población es fácilmente controlada con herbicidas, lo que facilita a su vez el control de áfidos, nematodos o virus, que utilizan estas plantas como hospedero alterno y que son reportados como plagas en los cultivos. Las prácticas propias del manejo del sistema productivo como fertilización, control de arvenses, insectos plaga, enfermedades, y la preparación del suelo, suponen cambios en el hábitat en el que se desarrollan las especies, promoviendo o inhibiendo cambios en la cantidad de individuos de una población de la flora acompañante al diseminar de forma continua las semillas por las áreas cultivadas y remover constantemente el banco de semillas; esto favorece la germinación de semillas en estado de latencia al encontrar condiciones aptas para surgir y desarrollarse. Se ha comentado la relación entre el aumento de la germinación de semillas y el disturbio de los hábitats. Estos factores unidos a las condiciones de clima favorables que se presentan en la zona del Bajo Tablazo y Agua Bonita, representativas de la zona cafetera de Manizales, explican las frecuencias de las especies encontradas en este trabajo.

Las especies de arvenses más relacionadas con la batatilla (venadillo, *Erigeron bonariensis* L.; guasca, *Galinsoga ciliata* (Raf.) Blake; y cadillo *Bidens pilosa* L.) son plantas de la familia Asteraceae, abundantes arvenses dicotiledóneas que alcanzan un porte semiarbustivo por encima de las cuales la batatilla se abre camino para trepar y alcanzar mayor disponibilidad de luz. Las observaciones hechas en campo del porte de estas plantas acompañantes podría sugerir un efecto estimulante de la presencia de batatilla sobre el porte y altura que pueden alcanzar, observación

que necesitaría confirmación, pero que como característica general permite valorar el papel eco-biológico de la *Ipomoea purpurea* sobre su entorno. También son de destacar especies como el clavelillo o socialista, *Emilia sonchifolia* (L.) D.C., coquito o cortadera, *Cyperus flavus* (Vahl) Nees, siemprevivas o canutillos *Commelina diffusa* Burm. f. & *Commelina virginica* L., moradita *Spananthe paniculata* Jacq., y helecho marranero *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn., entre todas las arvenses asociadas a este ecotipo de batatillas, ya que son arvenses hospederas de plagas, nematodos y enfermedades, aparte de ser arvenses de difícil manejo al presentar fenómenos de resistencia o tolerancia a herbicidas; sin embargo, son plantas que han encontrado la forma de convivir con las batatillas en un equilibrio natural aunque no agronómico. Así por ejemplo, las commelinas y el helecho marranero aprovechan el estrato bajo y sombrío que proporcionan las batatillas para desarrollarse aprovechando la reserva de humedad de estos microclimas, mientras que el coquito y la socialista no entran a competir en espacios ocupados por batatillas, sino que van ocupando su espacio a cierta distancia de estas. Aunque todas son consideradas malezas limitantes, a nivel ecológico son el hábitat y el alimento de grandes poblaciones de insectos plaga y controladores biológicos, que dependen de la diversidad florística y no de sistemas productivos en monocultivo

Insectos asociados a *Ipomoea purpurea* L. Roth. La diversidad de insectos asociados y visitantes de las batatillas es grande y de vital importancia ecológica para los ecosistemas agrícolas cafeteros. Esta diversidad representada en valores superiores de ocho órdenes, 40 familias y 60 especies, al igual que diversos nichos ecológicos, convierten a la *Ipomoea purpurea* en un reservorio de insectos útiles así como nocivos, de acuerdo con el criterio de quienes valoren su desempeño dentro del ecosistema. De la gran cantidad de insectos es importante destacar algunas observaciones generales y particulares que enfatizan el papel de la *ipomoea purpurea* como eje integrador del ecosistema cafetero.

De acuerdo con los resultados y observaciones de este estudio, los hemípteros asociados a las batatillas (23%), son insectos chupadores que dejan una mancha blanca característica en las hojas, son el grupo más diverso asociado a plantas de *Ipomoea purpurea* con diez familias, cada una en un nicho particular en relación con esta fuente alimenticia destacándose los predadores y los transmisores de enfermedades. Es de subrayar la abundancia de los trips asociados a una familia (Thripidae, 15%), que se han especializado en flores marchitas y cápsulas secas, por lo cual son considerados los insectos más relacionados directamente con las semillas de *Ipomoea purpurea* de todos los que se haya podido encontrar en este estudio. Los coleópteros por su parte (23%), con cuatro familias, están vinculados con daños en el follaje propios de varios géneros de crisomélidos (8%) (*Cerotoma* sp., *Diabrotica* sp., *Systema* sp. y *Epitrix* sp.); a una acción depredadora y de control biológico por parte de *Cycloneda sanguinea*, único coccinélido (1,6%) que se encontró asociado a las poblaciones de *Ipomoea purpurea* en la zona, e igualmente cabe destacar el nicho ecológico de los estafilínidos (15%) encontrados casi siempre en las flores de la batatilla, donde causan raspado en la corola y poseen una alta afinidad con el polen sugiriendo un rol polinizador, al tiempo que son considerados depredadores (de escolítidos, larvas de dípteros, etc.) útiles para el control biológico dentro de los sistemas agrícolas.

El grupo de los ortópteros (12%) mostró gran afinidad hacia la batatilla, registrándose cuatro familias representativas: Acrididae (9,57%), Tettigonidae (3,2%), Eumastacidae

(1,1%) y Gryllidae (0,53%) de los cuales los pequeños fueron los más abundantes al alimentarse frecuentemente de las hojas de *I. purpurea*; mientras los tetigónidos por su parte enseñaron afinidad estrecha con la planta, expuesta por la presencia de diferentes estados de desarrollo que se encontraron posándose y alimentándose sobre las hojas. Aparte de los insectos arriba referidos, vale la pena destacar los áfidos (2,13%) como un grupo de importancia agronómica por la incidencia de sus daños (insecto chupador y portador de virus) y por la gran facilidad de diseminación gracias a los individuos alados que fueron los que más se notaron alimentándose de los tejidos de *Ipomoea purpurea* y de varios hospedantes alternos registrados como flora asociada a la batatilla.

Sin embargo, los órdenes con menor representación [Díptera (9%), Lepidóptera (9%), Hymenóptera (7%) y Psocóptera (1%)] de acuerdo con la abundancia de especies, no se pueden desechar ecológicamente en este estudio ya que, con las observaciones de campo, insectos de estos órdenes tienen un papel importante en los ecosistemas cafeteros donde se desarrolla *Ipomoea purpurea*. Ejemplo de ello son las mariposas asociadas (Geometridae, Noctuidae, Nymphalidae, Ctenuchidae, Brassolidae, Sphingidae y Pterophoridae) las que, como criterio general, se caracterizan por presentarse en estados inmaduros como larvas fitófagas agresivas asociadas directamente al fuerte daño por herbivorismo ejercido sobre las plantas y una marcada atracción de los adultos hacia las flores de *Ipomoea purpurea*. Se hallaron larvas alimentándose tanto de hojas como de flores,

Por su parte, dentro del orden Díptera se identificaron moscas de la familia Lonchaeidae (4%) estrechamente asociadas a las flores ya sea como medio de protección, sitio para deposición de huevos o como fuente de azúcares para su alimentación. Igualmente se han observado larvas minadoras asociadas a las hojas de *Ipomoea purpurea* formando galerías características. Otro de los órdenes que registró poca abundancia pero gran importancia ecológica fueron los himenópteros, entre los cuales se destacan los de la familia Ichneumonidae (4,78%), Braconidae (1,06%), Apidae (1,06%), Formicidae (1,06%) y Vespidae (0,53%), insectos con múltiples funciones: las hormigas son fitófagas y visitantes de los nectarios, los ichneumonidos y los braconidos son reconocidos parasitoides asociados a cultivos de café, que durante el ejercicio de su control biológico, utilizan las hojas de las batatillas como superficies de aterrizaje y de búsqueda de azúcares; las abejas son polinizadores por excelencia de múltiples componentes de los ecosistemas, para el caso de Manizales se encontró que no son grandes factores de diseminación de las batatillas ya que sus poblaciones no son elevadas y este nicho es ocupado por mariposas con largas espiritrompas para acceder al polen de las anteras ocultas dentro de sus flores tubulares.

La presencia y supervivencia de estados inmaduros (23%) en las batatillas *Ipomoea purpurea* sugiere un factor de protección suministrado por la planta. En grupos específicos como Lepidoptera y ciertas especies de Diptera, los estados inmaduros pueden ser mucho más agresivos y causan daño más grave que ciertos adultos especialmente en las hojas. Entre los insectos en estado adulto (77%) que producen impacto directo sobre la planta están ortópteros, hemípteros, coleópteros, tisanópteros e igualmente lepidópteros e himenópteros que sirven como polinizadores y en algunos casos, los dos estados, inmaduro y adulto afectan indistintamente el desarrollo de la planta como es el caso de los ortópteros y cicadélidos.

De acuerdo con la literatura y las observaciones de campo, en especies como *Ipomoea purpurea* el herbivorismo es ubicuo y ha sido una de las principales fuerzas selectivas en la evolución de las plantas. La herbivoría experimentada por este tipo de organismos es detrimental para la calidad de la planta con pocas excepciones. Sin embargo, la resistencia es solo una de dos estrategias que las plantas pueden emplear para reducir el impacto potencial del herbivorismo, la segunda, es la evolución hacia la tolerancia al herbivorismo (TIFFIN & RAUSHER, 1999).

En un estudio reciente sobre *I. purpurea*, donde se consideró el éxito reproductivo para los componentes femenino y masculino de la flor, se encontró que la depresión por endogamia no es el mecanismo principal que contribuye a contra-balancear la transmisión ventajosa de la autopolinización (CHANG & RAUSHER, 1998). Es decir, *I. purpurea* tiene la capacidad de reproducirse por autogamia, pero aún no están claros los mecanismos que impiden que este sea su único modo de reproducción (GALETTO *et al.*, 2002).

Entre las distintas especies del género *Ipomoea* existen diferencias entre los polinizadores asociados, colores florales y sistemas de fecundación. Las flores de estas plantas son visitadas por un diverso arreglo de animales, incluyendo abejas, polillas, escarabajos, mariposas, moscas de lengua larga, colibríes y murciélagos [p.e. VAN DER PIJL (1954), VOGEL (1954), SCHLISING (1970), SOBREIRA-MACHADO & SAZIMA (1987) y MCDONALD (1991) citados por GALETTO y BERNARDELLO (2004)]. Estos visitantes buscan el néctar floral secretado por un nectario discoidal que circunda la base del ovario (FAHN, 1979 y CRONQUIST, 1981 citados por GALETTO & BERNARDELLO, 2004). Adicionalmente, el néctar extrafloral y los nectarios están ampliamente extendidos en *Ipomoea* en pecíolos y sépalos que son principalmente visitados por hormigas y sirven como un mecanismo de defensa a herbívoros (ELIAS, 1983 y KEELER & KAUL, 1984 citados por GALETTO & BERNARDELLO, 2004).

Sin hacer caso del polinizador, las especies de *Ipomoea* presentes en Suramérica tienen el néctar predominante en azúcares tipo sucrosa. Este es un resultado inusual para las especies polinizadas por abejas, las cuales comúnmente poseen néctar predominante en azúcares tipo hexosa (GALETTO & BERNARDELLO, 2004), de este modo, no puede mostrarse generalización alguna con respecto a la composición de azúcares y la preferencia de los polinizadores. Para el caso de *Ipomoea purpurea* e *Ipomoea rubriflora* (especies que tienen una cantidad más pequeña de néctar por flor) secretan la mayoría del néctar durante la primera hora del tiempo de vida de la flor (GALETTO & BERNARDELLO, 2004). Algunas evidencias indican que la preferencia de solo unos pocos minutos por parte de las abejas en la deposición de polen, da a éste una fuerte ventaja competitiva en plantas de *Ipomoea purpurea*.

Después de toda la interacción insecto-planta arriba descrita, el éxito adaptativo de la *Ipomoea purpurea* le ha permitido convivir con sus enemigos naturales, en un grado tal, que su desarrollo no es afectado drásticamente y logra cumplir con su papel como arse trepadora agresiva no solo en cafetales sino también en otras zonas de explotación agrícola. Más importante aún, es su función como reservorio de especies polinizadoras y controladores biológicos. Todo lo anterior indica la importancia ecológica de una planta que para muchos es vista como de alta interferencia productiva y que alcanza a disminuir los rendimientos de muchos de los cultivos agrícolas tradicionales.

FASE DE LABORATORIO

Análisis bromatológico

Los resultados del análisis bromatológico, aunque hacen énfasis en las propiedades digeribles o relacionadas a la alimentación animal, arrojan cifras acerca de la composición fitoquímica de tejidos que caracterizan a la especie *Ipomoea purpurea*. Vale la pena destacar los contenidos de varias formas de compuestos nitrogenados [proteína bruta (20,81%), nitrógeno total (3,33%) y fibra bruta (12,08%)] que definen las propiedades orgánicas de estos tejidos al tiempo que son moléculas de vital importancia para la conformación de alcaloides. En especies del género *Ipomoea* se han reportado contenidos de látex (BHATTACHARYYA & MIDYA, 1979 citados por SHALTOUT *et al.*, 2006) relacionado estrechamente con contenidos alcaloidales y de otros metabolitos secundarios, y que se encuentra presente en varias batatillas de la zona cafetera. *Ipomoea trifida*, posee una mayor cantidad de látex que *Ipomoea purpurea*, el cual se halla en hojas y tallos en proporciones relativamente escasas de acuerdo con las condiciones de humedad del suelo y el genotipo (para flor rosada es más evidente que para flor morada o fucsia, etc.).

Algunos estudios adicionales reportados en la literatura, han mostrado que las hojas secas de varias *Ipomoeas* contienen alcaloides, azúcares reductores, glucósidos y taninos (TIRKEY *et al.*, 1988 citados por SHALTOUT *et al.*, 2006). Dentro de los compuestos hallados en el látex hay insecticidas no identificados, sustancias como el acacetin-7-galactósido, glucósidos de flavona, y saponinas de estructura química desconocida llamadas ipomotoxinas, azúcares tipo galactosa a 1-2% (LEGLER, 1965 citado por SHALTOUT *et al.*, 2006). Análisis de la composición química del néctar han exhibido aminoácidos (alanina, arginina, asparagina, ácido glutámico, glicina, isoleucina y serina) y azúcares (sucrosa, glucosa, fructosa, melibioasa y rafinosa), en néctares peciolares, pediculares y florales (KEELER, 1977 citado por SHALTOUT *et al.*, 2006).

Los resultados más notorios del análisis bromatológico se relacionaron con los contenidos de metales considerados pesados (Hierro 59,83 mg/kg, Cobre 15,95 mg/kg, Manganeso 17,34 mg/kg y Zinc 39,03 mg/kg), ya que estos contenidos reflejarían la sensibilidad (o el papel como bio-indicador) de las plantas de batatilla *Ipomoea purpurea* para las condiciones especiales de los suelos y los ambientes disturbados donde se desarrolla, ya que estas plantas tendrían la cualidad de acumular y movilizar estos elementos químicos desde el suelo hasta las semillas, contribuyendo a la descontaminación de suelos agrícolas. Plantas acuáticas y terrestres son conocidas por bioacumular metales pesados en sus tejidos, y aunque representan una fuente potencial de estos químicos contaminantes dentro de la cadena alimenticia humana, estas plantas podrían ser empleadas para la restauración de sitios contaminados (MASSOL-DEYÁ *et al.*, 2005). El fuego, la descomposición de tejidos vegetales muertos, la dispersión aérea y el consumo por parte de aves y herbívoros de frutos, hojas y semillas de este tipo de plantas bioacumuladoras de metales pesados, podrían ser todas unas rutas históricas de la movilización de estos elementos dentro de los ecosistemas naturales y perturbados (MASSOL-DEYÁ *et al.*, 2005).

El conocimiento de las dinámicas de bio-acumulación de elementos traza, metales pesados y otros contaminantes de los ecosistemas en lugares determinados, podría

ayudar a establecer prácticas de manejo tendientes a prevenir futuras exposiciones de los seres humanos y animales a estos elementos dentro de sus cadenas alimenticias. A su vez, mecanismos de mitigación y de una mejor restauración del medio ambiente también pueden ser desarrollados gracias a estos conocimientos. Considerar a la batatilla *Ipomoea purpurea* como una planta bio-indicadora de la calidad del suelo y bio-acumuladora de contaminantes, le asigna a este tipo de especies unas funciones ecológicas y ambientales que muy pocas veces son reconocidas a arvenses agresivas como estas.

Extracción de componentes alcaloidales de semillas de *Ipomoea purpurea* mediante el protocolo adaptado de FESTER (1995). En términos generales, la cuantificación de alcaloides presentes en semillas de distintas especies de Convolvuláceas muestra valores bajos. Se han comunicado determinaciones no solo en las especies, sino también en variedades de cultivo, en diversas regiones y bajo diferentes condiciones climáticas y culturales, con variaciones no muy notorias en las concentraciones de este tipo de sustancias (MANDRILE & BONGIORNO DE P., 1990). Según GARCÍA & GUTIÉRREZ (2006), la presencia de alcaloides es bastante dudosa en varias especies Convolvuláceas, además de que hay escasas referencias de estudios que confirmen la presencia de alcaloides en algunas de estas plantas; para el caso de *Ipomoea purpurea*, sin embargo, los resultados no son lo suficientemente claros como para corroborarlo.

La ocurrencia única de alcaloides tipo ergolina en las Convolvuláceas representa un interesante problema quimio-taxonómico. Hasta la fecha, los alcaloides ergolínicos han sido reportados en 28 especies Convolvuláceas representando seis diferentes géneros de la familia de las batatillas, para el género *Ipomoea* 11 especies han sido positivas para alcaloides ergolínicos (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973). A la fecha, 22 alcaloides ergolínicos han sido descritos dentro de las Convolvuláceas. Estos alcaloides incluyen: ergina, isoergina, chanoclavina-I, elimoclavina, lisergol, agroclavina, festuclavina, penniclavina, cicloclavina, ergometrina (ergonovina), ergometrinina, ácido lisérgico α -hidroxietilamida (ácido lisérgico metilcarbinolamida), ácido isolisérgico α -hidroxietilamida (ácido isolisérgico metilcarbinolamida), ergosina, y ergosinina (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973). La chanoclavina-I, alcaloide indólico tricíclico, es uno de los principales compuestos presentes en las semillas y está ampliamente distribuido a través de la familia Convolvulaceae. La ergina y la isoergina constituyen un par isomérico y son los dos principales compuestos de la mayoría de las especies de la familia Convolvulaceae. No hay dos especies que posean exactamente los mismos patrones de alcaloides; por lo tanto, los alcaloides tipo ergolina pueden ser útiles en estudios quimio-taxonómicos de las Convolvuláceas, particularmente para la distinción entre especies (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973).

Muchos estudios han sido indicados en la quimio-taxonomía de las Convolvuláceas, por ejemplo: distribución de alcaloides ergolínicos, constituyentes alcaloides no ergolínicos, resinas, esteroides, pigmentos de la cubierta de las semillas, principios volátiles, patrones de ácidos grasos en los lípidos, glicósidos, y otros tantos (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973); sin embargo, aún son necesarias investigaciones farmacológicas sobre las resinas purgativas, las sustancias psico-tomiméticas y sedativas, las ergolinas uterotónicas, los principios antihistamínicos y las sustancias hipotensivas, etc. (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973).

La ausencia de reportes sobre la ocurrencia de los otros alcaloides ergolínicos comúnmente encontrados en la naturaleza, puede ser atribuida al hecho de que en muchas instancias, los estudios fueron realizados sobre muy pequeñas cantidades de semilla obtenida de especímenes de herbario. Razonablemente puede esperarse que más alcaloides tipo ergolina, incluyendo nuevos alcaloides indólicos, puedan ser encontrados en cuanto más especies y cantidades más grandes de materiales convolvuláceos vayan siendo estudiados y vayan estando disponibles para la ciencia (CHAO & DERMARDEROSIAN, 1973). El procedimiento seguido en esta investigación para extracción de alcaloides garantiza la presencia de alcaloides ergolínicos en el extracto, pero se hace menester definir la especie química detectada

Aplicación del extracto de semillas de batatilla (*Ipomoea purpurea* L. Roth) sobre el picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) plaga importante en cultivos de plátano y banano

Teniendo en cuenta que las plantas sintetizan metabolitos para defenderse del ataque de herbívoros (HARBONE, 1997 citado por LIZARAZO *et al.*, 2008), se ha demostrado que la aplicación de extractos obtenidos a partir de ellas tiene la capacidad de ocasionar algún efecto inhibitorio sobre una gran variedad de insectos plaga (GRAINGE & AHMEDS, 1988 y PHILOGENE *et al.*, 2004 citados por LIZARAZO *et al.*, 2008). Sin embargo, el uso de metabolitos secundarios ha ido más allá, ya que algunos extractos vegetales pueden inhibir el desarrollo de otros organismos vegetales, destacándose en este sentido las arvenses o malezas (ZÁRATE-HERNÁNDEZ *et al.*, 2006). Estos extractos se pueden obtener utilizando solventes orgánicos de diferente polaridad, con el objeto de extraer una mayor cantidad de metabolitos de las plantas y de esta manera potenciar los efectos repelente, antialimentario, ovicida o insecticida de los extractos sobre las plagas a controlar [MEJÍA (1995), AUGER & THIBOUT (2004) y DUCROT (2004) citados por LIZARAZO *et al.* (2008)]. Los beneficios ecológicos del uso de compuestos orgánicos naturales, mejor conocidos como aleloquímicos, para el combate de plagas en el procesos de producción agrícola son muchos, ya que son biodegradables, persistentes en el suelo, no causan daños en los mantos acuíferos y, sobre todo, no son perjudiciales al ser humano (ZÁRATE *et al.*, 2006).

El picudo negro, *Cosmopolites sordidus*, es una de las plagas más importantes a nivel mundial por los graves impactos económicos ocasionados no solo al cultivo del plátano sino también al de banano, ya que las galerías que forman las larvas en la base del pseudotallo debilitan la planta, provocando su posterior volcamiento con la ayuda del viento. Acorde con la literatura, según GARCÍA & GUTIÉRREZ (2006), a los herbívoros los alcaloides les resultan desagradables por su sabor amargo. Los efectos metabólicos del alcaloide son primariamente la inhibición neuronal, produciendo agudos signos de toxicidad como convulsiones y parálisis respiratoria (CHEEKE & KELLY, 1989 citados por GARCÍA & GUTIÉRREZ, 2006), efectos que pueden explicar la mortalidad de *C. sordidus* con los tratamientos de mayores concentraciones del extracto.

En la presente investigación, sería necesario identificar y aislar por diversos métodos analíticos las moléculas que componen este tipo de extractos para determinar cuál o cuáles son los que generan los efectos insecticida y si la acción se debe a un efecto sinérgico entre los metabolitos presentes en el extracto (DUCROT, 2004 citado por LIZARAZO *et al.*, 2008).

Alcaloides como las saponinas (encontrados en *Ipomoea purpurea*, según la caracterización fitoquímica), solaninas, solanigrina, tienen un mayor efecto como repelente que como insecticida o antialimentario; además, estos componentes pueden presentar especificidad por algunos insectos como los dípteros y las hormigas (GRAINGE & AHMEDS, 1988 citados por LIZARAZO *et al.*, 2008). *Calia secundiflora*, así como varias especies de Convolvuláceas, han sido consideradas especies tóxicas por el alto contenido de alcaloides quinolizidínicos, principalmente en las semillas y las hojas, al crecer en zonas perturbadas, en suelos con bajo contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo, y en grandes espacios sin vegetación, lo cual se asocia al papel ecológico de los alcaloides que contienen (ZAVALA-CHÁVEZ *et al.*, 2006 citados por ZÁRATE *et al.*, 2006). Sin embargo, el efecto de los insecticidas vegetales es dependiente de algunos factores extrínsecos, tales como la especie y variedad de la planta, época de recolección, parte cosechada y forma de preparación, extracción y aplicación (RODRÍGUEZ, 1996 citado por BOBADILLA *et al.*, 2002).

Hasta la fecha se han llevado a cabo experimentos exitosos con extractos de plantas Convolvuláceas para el control de hongos fitopatógenos [p.e., con *Ipomoea carnea* Jacq., sobre *Botrytis fabae* (MAHMOUD *et al.*, 2004)], extractos de hojas de *Ipomoea carnea-fistulosa* con actividad intoxicante e inhibitoria del crecimiento de larvas de dípteros para el control de larvas y pupas de *Anopheles gambiae* (OPS, 1999 citado por BOBADILLA *et al.*, 2002) y otros tantos ensayos con agentes fitosanitarios y plantas arvenses.

BIBLIOGRAFÍA

- AHIMSA-MÜLLER, M.A., MARKERT, A., HELLWIG, S., KNOOP, V., STEINER, U., DREWKE, C. & LEISTNER, E., 2007.- Clavicipitaceous Fungi Associated with Ergoline Alkaloid-Containing Convolvulaceae. *Journal Natural Products*, 70 (12): 1955-1960.
- BARKER, E.E., 1917.- Heredity Studies in the Morning-Glory (*Ipomoea purpurea* L. Roth). Department of Plant Breeding. *Cornell University Agricultural Experiment Station Bull.*, 392 (60): 5-37.
- BOBADILLA, M., ZAVALETA, E.G., GIL, F., POLLACK, V.L., SISNIEGAS, G.M. & GONZALES, M., 2002.- Efecto bioinsecticida del extracto etanólico de las semillas de *Annona cherimolia* Miller "chirimoya" y *A. muricata* Linneaus "guanábana" sobre larvas del IV estadio de *Anopheles* sp. *Revista Peruana de Biología*, 9 (2): 64-73.
- CHANG, S. & RAUSHER, M.D., 1998.- Frequency-Dependent Pollen Discounting Contributes to Maintenance of a Mixed Mating System in the Common Morning Glory *Ipomoea purpurea*. *The American Naturalist*, 152 (5): 671-683.
- CHAO, J. & DERMARDEROSIAN, A.H., 1973.- Identification of Ergoline Alkaloids in the Genus *Argyrea* and Related Genera and Their Chemotaxonomic Implications in the Convolvulaceae. *Phytochemistry*, 12 : 2435-2440.
- COBERLY, L.C. & RAUSHER, M.D., 2003.- Analysis of a Chalcone Synthase Mutant in *Ipomoea purpurea* reveals a novel function for flavonoids: Amelioration of Heat Stress. *Molecular Ecology*, 12: 1113-1124.
- FERGET, G., 1994.- Hidrolatos de plantas cultivadas biológicamente y su utilización en la producción de cultivos: una forma innovadora de manejo agrícola. Santafé de Bogotá. 35p.
- FESTER, U., 1995.- *Practical LSD Manufacture*. Published by Loompanics Unlimited.
- GALETTO, L. & BERNARDELLO, G., 2004.- Floral Nectaries, Nectar Production Dynamics and Chemical Composition in Six *Ipomoea* Species (Convolvulaceae) in Relation to Pollinators. *Annals of Botany*, 94: 269-280.
- GALETTO, L., FIONI, A. & CALVIÑO, A., 2002.- Éxito reproductivo y calidad de los frutos en poblaciones del extremo sur de la distribución de *Ipomoea purpurea* (Convolvulaceae). *Darwiniana*, 40 (1-4): 25-32.
- GARCÍA DE S., M., CAÑIZARES, A.; SALCEDO, F. & GUILLÉN, L., 2000.- Un aporte a la determinación del periodo crítico de interferencia de malezas en cafetales del Estado Monagas. *Bioagro*, 12 (3): 63-70.
- GARCÍA, O.D. & GUTIÉRREZ, A.D., 2006.- Rastreo cualitativo de alcaloides, saponinas y glicósidos cianogénicos en malezas usadas como forrajes en el Estado de Querétaro. Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro, México. 350p.

- GÓMEZ, A.A. & RIVERA, P.H., 1987.- *Descripción de malezas en plantaciones de café*. Cenicafé. Chinchiná (Colombia).
- GÓMEZ de E., C., ARRIETA, H.M.; MORALES, V.W. & DÍAZ, D.A., 2003.- Ecobiología de pajamona (*Leptochloa filiformis*), batatilla (*Ipomoea* sp.), rodilla de pollo (*Boerhaavia erecta*), granadilla (*Paspalum fasciculatum*) y mentolada (*Stemodia durantifolia*), malezas problema en el cultivo del algodón en los Valles cálidos del Alto Magdalena y Río Sinú. Cartilla informativa, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Bogotá.
- GUILLOT, O.D., 2006.- *Ipomoea nil* (L.) Roth e *Ipomoea hederacea* (L.) Jacquin, dos especies invasoras nuevas para la flora valenciana. Jardín Botánico Universidad de Valencia, España. *Acta Botánica Malacitana*, 31: 153-156.
- HENAO, D., SOTO, G.A. & FLÓREZ, E.L., 2001.- Evaluación de cinco extractos de plantas para el manejo de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en tomate. *Fitotecnia*, 51. Departamento de Fitotecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia.
- HOFMANN, A., SCHULTES, R.E. & RÄTSCH, CH., 2001.- *Plants of the gods: Their Sacred, Healing and Hallucinogenic Powers*. Healing Arts Press, Rochester, Vermont.
- JONES, D.A., KEYMER, R.J. & ELLIS, W.M., 1978.- Cyanogenesis in plants and animal feeding: 21-24 (en HARBOME, J.B. (ed.) *Biochemical Aspects of Plant-Animal Coevolution*. Academic Press, N.Y.
- LIEBMAN, M., MOHLER, C.L. & STAVAR, C., 2001.- *Ecological Management of Agricultural Weeds*, Cambridge University Press. 544p.
- LIZARAZO, K., MENDOZA, C. & CARRERO, R., 2008.- Efecto de extractos vegetales de *Polygonum hydropiperoides*, *Solanum nigrum* y *Calliandra pittieri* sobre el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Agronomía Colombiana*, 26 (3): 35-45.
- MAHMOUD, Y.A.G., EBRAHIM, M.K.H. & ALY, M.M., 2004.- Influence of some plant extracts and microbioagents on some physiological traits of faba bean infected with *Botrytis fabae*. *Turk Journal Botanical*, 28: 519-528.
- MANDRILE, E.L. & BONGIORNO de P., G., 1990.- Principios activos naturales con acción alucinógena. VIII. Alcaloides derivados de la ergolina. Su presencia en especies de Convolvuláceas. *Acta Farmacéutica Bonaerense*, 9 (1): 41-52.
- MASSOL-DEYÁ, A., PÉREZ, D., PÉREZ, E., BERRIOS, M. & DÍAZ, E., 2005.- Trace Elements Analysis in Forage Samples from a US Navy Bombing Range (Vieques, Puerto Rico). *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2 (2): 263-266.
- MOHLENBROCK, R.H., 1990.- Flowering Plants, Nightshades to Mistletoe Illustrated Flora of Illinois. Southern Illinois University Press.
- PAPA, J.C., 2005.- Detección de especies de malezas de importancia emergente en el centro-sur de la provincia de Santa Fe. *Soja para mejorar la producción*, 30.
- PLAZA, G.A. & PEDRAZA, M., 2007.- Reconocimiento y caracterización ecológica de la flora arvense asociada al cultivo de uchuva. *Agronomía Colombiana*, 25 (2): 306-313.
- PASCUAL-VILLALOBOS, M.J. 1998.- Repelencia, Inhibición del Crecimiento y Toxicidad de Extractos Vegetales en Larvas de *Tribolium castaneum* Herbst. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 24: 143-154.
- RAUSHER, M.D. & SIMMS, E L., 1989.- The evolution of resistance to herbivory in *Ipomoea purpurea* L. Attempts to detect selection. *Evolution*, 43 (3): 563-572.
- RODRÍGUEZ, S.H., 1998.- Determinación de toxicidad y bioactividad de cuatro insecticidas orgánicos recomendados para el control de plagas en cultivos hortícolas. *Revista Latinoamericana de Agricultura y Nutrición*, 1(3): 14-21.
- ROSENTHAL, S.S., 1985.- Potential for biological control of field bindweed in California's coastal vineyards. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 13: 43-58.
- SALAZAR, G.L. & HINCAPIÉ, G.E., 2005.- Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. *Avances Tecnicos Cenicafé*, 333.
- SHALTOUT, K.H., AL-SODANY, Y.M. & EID, E.M., 2006.- The biology of egyptian woody perennials 2. *Ipomoea carnea* jacq. *Ass. Univ. Bull. Environ. Res.*, 9 (1): 75-91.
- TIFFIN, P. & RAUSHER, M., 1999.- Genetic Constraints and Selection Acting on Tolerance to Herbivory in the Common Morning Glory, *Ipomoea purpurea*. *The American Naturalist*, 154 (6): 700-716.
- TRUCCO, F., 2007.- *Resistencia a Herbicidas en Malezas*. XV Congreso de de Aapresid - Reinención y Prospectiva. (14 al 17 de agosto de 2007). Bolsa de Comercio de Rosario, Argentina.
- WITTERS, W.L., 1975.- Extraction and identification of clavine and lysergic acid alkaloids from morning glories. *Ohio J. Sci.*, 75 (4): 198-201.
- ZÁRATE, HJ. & GARCÍA, R., ZAVALA, F., PÉREZ, R. & SOTO, M., 2006.- Toxicidad de los Extractos de *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev. *Revista Chapingo Serie horticultura*, 12 (002): 197-202.