

NOTA TÉCNICA

COMBATE DE COYOLILLO (*Cyperus rotundus* L.) EN CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum* L.): HACIA UN MANEJO INTEGRAL¹Carlos Segura N.², Renán Agüero A.²

RESUMEN

Combate de coyolillo (*Cyperus rotundus*) en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.): hacia un manejo integral. Se llevó a cabo un experimento en el que se comparó el uso de herbicidas sobre toda el área o sobre la vecindad de los surcos del cultivo de caña de azúcar, así como el uso de herbicidas en combinación con prácticas de labranza o sólo prácticas de labranza, en un lote con una historia de alta infestación por *Cyperus rotundus* L. El Pyrazosulfuron-etil en preemergencia a la caña seguido por 2,4-D en postemergencia a la caña mostró una población de coyolillo similar al tratamiento de dos pases de escardillo separados varias semanas y al tratamiento de una aplicación de glifosato seguida varias semanas después por un pase de escardillo, en todos los casos por debajo del testigo a libre crecimiento de esta maleza. Eliminar la maleza sobre toda el área o sólo en una franja de 25 cm de ancho a cada lado de los surcos resultó en el mismo rendimiento de biomasa aérea y de azúcar. Se discuten otras alternativas, que junto a los mejores tratamientos de este experimento, podrían incorporarse dentro de un manejo integrado de esta perniciosa maleza en la caña de azúcar.

ABSTRACT

Purple nutsedge control in sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Weed control is an important component of the production cost of sugarcane thus, it should be performed in a rational manner. The history of agriculture is rich in examples that confirm the integrated weed management (IWM) strategy as the most sustainable. An experiment comparing herbicides herbicides-tillage, tillage, and band control against whole area control was conducted in a field with a history of high infestations of purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.). Pyrazosulfuron-ethyl preemergence to the crop followed by 2,4-D postemergence to the crop showed a population of the weed similar to the glyphosate/tillage treatment as well as to the tillage/tillage treatment, in all cases, significantly lower than the weedy check. Weed control over the whole area was equivalent to weed control in bands of 25 cm to each side of the crop rows in terms of crop yield. Other alternatives that might be used as part of an integrated weed management in conjunction with the best treatments found in this experiment are discussed.



INTRODUCCIÓN

Las malezas constituyen un componente del agroecosistema con un comportamiento poblacional muy dinámico, con significativos cambios en la composición florística como respuesta a las distintas prácticas de manejo. Por ello, el manejo también debe ser dinámico e ir paralelo a la dinámica poblacional que se observe.

Tecnología moderna como el uso de muestreo remoto y sistemas de información geográfica podrían facilitar el seguimiento de la dinámica poblacional de malezas.

El control de malezas es un componente importante del costo de producción de la caña de azúcar. Tradicionalmente se ha hecho a base de herbicidas de la familia de las triazinas, a menudo en mezclas con diurón y hormonales.

Otro método de control de malezas común a los cañeros es el mecánico, que además se lleva a cabo con otros objetivos como son: reducir la compactación producida por las labores propias de cosecha, mejorar la alineación del surco y ayudar en el drenaje parcelario de los lotes. Esta alternativa está limitada a la época de menor precipitación pluvial y las etapas tempranas del desarrollo fenológico del cultivo.

¹ Parte de la tesis de maestría del primer autor en la Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

² Centro de Investigación en Protección de Cultivos (CIPROC), Escuela de Fitotecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.

Levantamientos taxonómicos

Pitty y Muñoz (1991) coinciden con nosotros que el primer paso a la hora de implementar un programa integrado de malezas, es el conocimiento de la composición de la flora de malezas presente en el campo, dicho conocimiento debe responder preguntas tales como: frecuencia, porcentaje de cobertura, distribución geográfica y quizá la más importante, diversidad de malezas.

Para responder a esas preguntas se puede proceder de varias maneras. Rojas (1995), discute seis métodos para realizar un muestreo de la composición florística de una región. Algunos de esos métodos pueden resultar imprácticos y económicamente no atractivos para ser usados de manera rutinaria por los agricultores.

En los últimos años se ha estudiado el potencial de nuevas tecnologías para ese propósito. Un ejemplo de ello son los sistemas de ubicación por satélite o "posicionamiento global" (SPG) y de información geográfica (SIG). La tecnología SPG, desarrollada por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América, permite una documentación precisa de las coordenadas cartesianas en cualquier parte de la superficie terrestre (Lass y Callihan, 1993).

Everitt y colaboradores (1995) citan que el uso de datos obtenidos por muestreo remoto e integrados al SIG pueden ser usados en la agricultura en actividades como mapeo de la distribución de malezas, desarrollo de estrategias de manejo, así como evaluación de una medida de control.

Es posible que en el mediano plazo podamos dar seguimiento a la dinámica poblacional de malezas, de manera efectiva, práctica y rápida. En Costa Rica, algunas empresas ya utilizan información de satélite para banderilleo electrónico en aplicaciones aéreas de agroquímicos.

Biología de malezas: el caso del coyolillo (*Cyperus rotundus* L.)

Conocer sobre distintos aspectos de la biología de las malezas, es una de las mejores herramientas para la toma de decisiones, cuando se desea desarrollar un programa de manejo sostenible.

El coyolillo es una especie perenne, cuyo principal mecanismo de reproducción es por tubérculos y rizomas. Menos del 5% de la semilla sexual es fértil. Horowitz (1972) encontró que *C. rotundus* L y *C. esculentus* L creciendo sin interferencia de otras plantas logran producir entre 10 y 30 millones de tubérculos por hectárea en una estación de crecimiento.

El propósito de este trabajo fue contrastar varias alternativas de combate del coyolillo en caña de azúcar y discutir sobre las posibilidades de manejo integrado de esta perniciosa maleza.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre Mayo de 1994 y Marzo de 1995 en el área experimental del Ingenio Taboga, Guanacaste, Costa Rica, a una altura de 10 msnm, con una precipitación promedio anual de 1522,5 mm (últimos 12 años). El suelo se caracteriza por presentar una textura liviana con contenidos de arena de 51 %, limo 16 % y 33 % de arcilla.

La preparación del terreno consistió en un pase de arado de cinceles, un pase de rastra afinadora, micronivelación, otro pase de rastra, surcado a una profundidad de 35 a 40 cm.

La siembra se realizó semimecanizada, colocando 3 cañas paralelas (siembra a tres cañas) al fondo del surco.

Los tratamientos que incluían herbicidas, se aplicaron con una bomba de espalda marca Carpi, con capacidad para 18 litros, provista con un aguilón que portaba una boquilla 8002. El equipo se calibró para una descarga promedio de 192 l/ha. La velocidad de aplicación fue de 1 m/s. Los tratamientos evaluados se detallan en el Cuadro 1.

El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar, con ocho repeticiones. La unidad experimental consistió en una parcela de cinco surcos de 7 m de longitud, espaciados 1,5 m entre sí. Se dejó una distancia de 5 m entre parcelas de un mismo bloque y 3 m entre bloques.

Se evaluó el número de plantas de *C. rotundus* en 0,25 m² al azar en el surco central de cada parcela y el número de tallos por metro de caña, en los primeros estados de crecimiento del cultivo (Cuadros 2 y 3). También se registraron variables de rendimiento industrial, por medio de protocolos de laboratorio establecidos por LAICA (Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar), para el pago de caña por el contenido de sacarosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El coyolillo produjo 48 plantas/0,25 m² en los primeros 21 días después de la siembra del cultivo (d.d.s), y llegó a 100 plantas/0,25 m² a los 91 d.d.s. (Cuadro 2). De acá en adelante, la maleza no es importante pues la

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos evaluados. Guanacaste, Costa Rica. 1994.

Tratamiento	Dosis (g ia/ha)	Epoca	Descripción
A. Pyrazosulfuron-etil	75	Pre1	franja de 0,5 m de ancho
B. Pyrazosulfuron-etil /2,4-D	75/2160	Pre1/Post	franja de 0,5 m de ancho
C. Pyrazosulfuron-etil/2,4-D	75 /2160	Pre1/Post	franja de 0,5 m / toda el área
D. Varias deshieras			franja de 0,5 m ancho
E. Varias deshieras total			sobre toda el área
F. Testigo con coyolillo			maleza a libre crecimiento
G. 2,4-D	2160	Post	sobre toda el área
H. Glifosato/control mecánico	1440	Pre2	1 pase de escardillo (52 dds)
I. Control mecánico			dos pases de escardillo (24 y 52 dds)

Pre1 = en preemergencia a la caña (11 dds). Ya había algunas plantas de coyolillo, con un promedio de 5,4 hojas y 13,6 cm de altura.

Pre2 = en preemergencia a la caña (14 dds), en postemergencia al coyolillo.

Post = cincuenta días después de la siembra.

Deshieras = 12, a intervalos semanales, la primera se hizo a los 15 dds.

Cuadro 2. Número de plantas de *Cyperus rotundus* L en 0.25 m², en varias épocas de muestreo. Guanacaste, Costa Rica. 1994.

Tratamiento	brotes de coyolillo/0,25 m ²			
	21 d.d.s	35 d.d.s	49 d.d.s	91 d.d.s
A.	22,6 a	28,1 ab	29,5 ab	60,6 b
B.	17,8 a	23,8 ab	34,3 abc	37,3 ab
C.	27,1 a	29,4 ab	33,5 abc	23,9 a
D.	23,0 a	17,6 a	23,1 a	45,8 ab
E.	27,1 a	17,1 a	31,0 abc	44,5 ab
F.	48,1 b	52,4 c	64,1 d	100,5 c
G.	25,0 a	35,3 bc	49,3 cd	41,8 ab
H.	29,4 ab	25,4 ab	29,3 ab	35,5 ab
I.	47,5 b	35,9 bc	43,0 bc	45,6 ab

Medias (promedio de 8 repeticiones) seguidas por las mismas letras no difieren, según la prueba de DMS, protegida de Fisher ($\alpha=0,05$).

sombra del cultivo la regula a un nivel no competitivo. Keeley (1987) considera que en el caso de la caña de azúcar el periodo de interferencia de esta maleza se da en los 3 primeros meses de crecimiento del cultivo.

Hasta los 35 días después de la siembra, el coyolillo no había afectado el número de tallos de la caña/m. Esto, por cuanto los tallos de la variedad CP-721210 empiezan a emerger entre 25 y 30 días después de la siembra. Ya para los 49 días después de la siembra si se

detectaron diferencias en el número de tallos de la caña, entre las áreas donde la maleza creció libremente y aquellas que recibieron algún tratamiento.

No se encontró efecto de *Cyperus rotundus* L sobre las variables agro-industriales de la caña de azúcar como son: brix, pol del jugo, pureza, pol de la caña, humedad de la caña, ni los kilogramos de azúcar por tonelada de caña, variables intrínsecas de la variedad (datos no incluidos). En cambio, su efecto sobre el rendimiento

expresado en toneladas de caña por hectárea (tc/ba) y toneladas de azúcar por hectárea (taz/ha) fue notorio, debido principalmente a que la maleza afectó el número de tallos de caña por metro, parámetro que contribuye a definir la cantidad de biomasa procesable (Cuadros 3 y 4).

C. rotundus L., a libre crecimiento, disminuyó la producción de la caña en un 24%, comparado con los mejores tratamientos y en un 15% comparado con el tratamiento de la finca que consiste en aplicar 2,4-D sobre coyolillo, que en esta ocasión se hizo a los 50 d.d.s. Esta última aplicación resulta inconveniente, por cuanto para ese entonces ya había ocurrido más de la mitad del daño potencial por esta especie.

Alternativas para el manejo integrado de coyolillo en caña de azúcar. Con base en los datos del experimento discutido (Cuadros 2, 3 y 4) y observaciones de campo de los autores, se visualiza una estrategia de manejo integrado de esta especie como sigue:

Sistema de mínima labranza

Lotes con altas poblaciones de coyolillo, que se vayan a renovar en el próximo ciclo, y que además cuentan con una adecuada nivelación del terreno y la infraestructura necesaria de trazado de canales y calles se puede hacer con mínima labranza. Esta consiste en eliminar la caña vieja con glifosato (2.4 - 3.4 kg. i.a./ha). Si se sincroniza esa aplicación con la presencia de coyolillo, mediante la aplicación de un riego varias semanas antes de la aplicación del herbicida condición, apropiada para

Cuadro 4. Rendimiento de la caña var. CP-721210, sometida a distintos tratamientos de control de coyolillo. Guanacaste, Costa Rica. 1994

Trat.	toneladas de caña/ha	toneladas de azúcar/ha
A	107,4 bc	13,7 bcd
B	103,3 ab	13,1 ab
C	105,5 b	13,2 abc
D	110,7 bcd	14,2 bcd
E	117,6 cd	15,2 d
F	93,6 a	11,7 a
G	109,5 bc	13,9 bcd
H	116,9 cd	14,9 cd
I	121,4 d	15,3 d

Medias (promedio de ocho repeticiones) seguidas por las mismas letras no difieren, según la prueba de DMS, protegida de Fisher $\alpha=0,05$.

uniformizar de la germinación de los tubérculos en clima áridos (Horowitz, 1972), esas dosis de glifosato reducen sustancialmente la población de esta maleza.

Uso de herbicidas preemergentes

En vista de que el tratamiento convencional con hormonales como el 2.4-D, permitió un daño de más del 50% del potencial competitivo del coyolillo, cuando se aplicó 50 d.d.s., los esfuerzos deben enfocarse al desarrollo de moléculas que controlen esta maleza por

Cuadro 3. Número de tallos de caña de azúcar por metro de surco en varias épocas de muestreo (se muestreó el surco central de cada parcela). Guanacaste, Costa Rica. 1994.

Tratamiento*	22 d.d.s	35 d.d.s	49 d.d.s	57 d.d.s
A	5,0 NS	5,9 NS	10,8 C	12,6 D
B	4,6	6,7	10,1 bc	12,3 cd
C	5,1	5,4	10,5 c	12,8 d
D	4,6	5,9	10,1 bc	12,4 d
E	4,7	5,7	10,3 bc	13,0 d
F	4,0	5,4	6,6 a	7,8 a
G	4,3	5,9	8,3 ab	10,2 bc
H	4,8	6,5	10,1 bc	11,1 bcd
I	4,9	6,5	7,7 a	10,1 b

* Ver Cuadro 1.

Medias (promedio de ocho repeticiones) seguidas por las mismas letras no difieren, según la prueba de DMS, protegida de Fisher $\alpha=0,05$. Cuando se indica NS al inicio de una columna, significa que no hubo diferencias entre tratamientos, según el análisis de variancia.

lo menos desde el momento en que la caña empieza a brotar del suelo.

Se tienen datos promisorios con dos sulfonilureas, para el pyrazosulfuron-etil se incluyen datos en este documento. La otra molécula, halosulfuron-metil es muy efectivo contra esta maleza a dosis entre 125 y 250 g i.a./ha (datos por publicar). Si se integra la eficiencia de esta sulfonilurea, al resultado de que una franja de control de 50 cm de ancho fue suficiente para prevenir el daño del coyolillo a la caña de azúcar, entonces se hace factible pensar en moléculas, que como las sulfonilureas, en general, tienen un costo superior a los herbicidas tradicionales, pues se estaría asperjando un 66% menos del área.

Como una ventaja potencial de aspejar sólo en franjas, se hipotiza que disminuirían las posibilidades de desarrollo de poblaciones resistentes de coyolillo a los herbicidas que se usen, en vista de que las reinfestaciones ocurrirán, en buena medida, a partir de rizomas del coyolillo de las zonas no tratadas, que reinvadirán la zona tratada, una vez que se pierda la residualidad, dando origen a poblaciones similares en susceptibilidad a la original. Lo anterior es una gruesa especulación que sólo podrá constatararse o desecharse, luego de varios años de observación en el campo.

La conveniencia de controlar solo las franjas o toda el área, es algo que se sabrá a mediano o largo plazo. La ventaja es que mientras se llegue a una conclusión definitiva, según los datos discutidos, ambas estrategias conducen al mismo rendimiento de la caña; aunque ese resultado debe corroborarse en lotes comerciales.

Control biológico

En Guanacaste, en ocasiones hemos observado poblaciones de coyolillo infestadas por una especie del hongo *Puccinia*. Se sospecha que podría tratarse de *Puccinia romagnoliana*, pero esto no se ha confirmado. El follaje del coyolillo luce clorótico por un tiempo considerable, antes de morir en ataques severos.

A futuro, si se concluyera que es importante controlar el coyolillo en toda el área, quizás todavía se podría insistir en control químico sólo en las franjas y favorecer el desarrollo de *Puccinia* sp. en el resto del área, manipulando artificialmente el nivel de inóculo.

Estudios realizados por Callaway *et al.* (1987) en *C. esculentus* usando *Puccinia canaliculata* en combinación con imazaquin, bentazon o metribuzin, mostraron una significativa reducción en el peso total de la planta y el número de tubérculos, cuando se comparó con el uso de los herbicidas solos.

Uso de implementos agrícolas

El uso correcto de los implementos agrícolas es una herramienta más en el manejo del coyolillo.

El tratamiento 1 (Cuadros 2, 3 y 4) que consistió de dos pases de escardillos (rastra integral de picos), el primero a los 24 d.d.s. y el segundo a los 52 d.d.s., fue mejor que varias deshieras a intervalos semanales, tanto en franja (0,5 m de ancho), como sobre toda el área. A su vez, el rendimiento de la caña en el tratamiento con los pases de escardillo fue similar a aquel en los mejores tratamientos químicos. El éxito de esta labor se asocia a la escasez de lluvia o agua de irrigación, en los días posteriores a su realización, con lo que las cadenas de coquitos del coyolillo pierden humedad, al encontrarse seccionadas por acción del implemento.

Stoller y Sweet (1987) citan varios estudios donde se ha demostrado que una pérdida de humedad de los tubérculos de su estado natural (85 % agua) a 15 %, en el caso de *C. rotundus* les produce la muerte, y pérdidas intermedias les reduce su viabilidad, condiciones que se logran entre 7 a 14 días en condiciones de campo a plena exposición de luz.

Siembra de variedades de germinación y cierre rápido

Observaciones preliminares de campo han mostrado que la velocidad de germinación de la caña es otro factor a tomar en cuenta para el manejo de *Cyperus rotundus* L. La variedad CP-721210, de rápida germinación, es menos afectada por esta maleza que variedades de germinación más lenta como la B-74132, cuando se les compara en el porcentaje de disminución de tallos por metro.

Si además de un rápido establecimiento, la variedad también cubre el entresurco en un tiempo menor que otras variedades, entonces se facilitará notoriamente el manejo de muchas malezas.

Investigaciones realizadas en varios cultivos, demostraron que aquellos que presentan rápida emergencia, un crecimiento inicial acelerado y altos índices foliares a lo largo de la estación de crecimiento logran contrarrestar mejor la interferencia de *C. rotundus*. En el caso particular de la caña de azúcar, cuando se presenta una adecuada humedad en el suelo y un nivel nutricional óptimo, el crecimiento inicial es vigoroso, desarrollando una densa biomasa que reduce la población de coyolillo (Keeley, 1987).

Uso de sistemas expertos en el manejo de malezas

Dejando a un lado al coyolillo y volviendo al contexto general de malezas, luego de varios años de un

manejo sistemático, se puede acumular una cantidad tal de información, que no será explotada con eficiencia; por el contrario, es probable que ocurra una tendencia hacia la pérdida de información, dando origen a situaciones donde se "tropieza con la misma piedra" en más de una ocasión. Los sistemas expertos son una formidable herramienta para el manejo sistemático de la información, en apoyo a la toma de decisiones.

Un sistema experto se puede definir como un programa de cómputo que usa el conocimiento especializado para desenvolverse como lo haría un humano en el área en que es experto. Normalmente, un sistema experto es capaz de examinar y explicar su proceso de razonamiento y manejar áreas de conocimiento que a un humano le llevaría años de entrenamiento y educación (Gutiérrez, 1989).

Linker *et al.* (1990), consideran que es imposible lograr dominar todas las relaciones de cada uno de los tratamientos químicos, con el cultivo, las malezas y el suelo.

Una de las ventajas del uso de los sistemas expertos es la gran flexibilidad en su uso, ya que se les puede integrar la mayoría de los componentes de la producción, facilitando al agricultor la toma de decisiones. Esta es una tecnología poco desarrollada en el país, pero algunas empresas de avanzada ya la consideran. entre sus planes futuros de investigación.

Conclusión general

Por muchos años se ha dependido del uso de los herbicidas. Estos raras veces solucionan los problemas por malezas a largo plazo. El manejo integrado es la mejor alternativa para proveer sostenibilidad en los agroecosistemas. Existe una clara oportunidad de lograr ese propósito en la caña de azúcar, en el ámbito local.

LITERATURA CITADA

- CALLAWAY, M.; PHATAK, S.; WELLS, H. 1987. Interactions of *Puccinia canaliculata* (Schw) Lagerh. with herbicides on tuber production and growth of *Cyperus esculentus* L. Tropical Pest Management. 33(1):22-26
- EVERITT, I.; ANDERSON, G.; ESCOBAR, D.; DA VIS, M.; SPENCER, N.; ANDRASCIK, R. 1995. Use of Remote Sensing for Detecting and Mapping Leafy Spurge (*Euphorbia esula*). Weed Technology 9: 599-609.
- HOROWITZ, M. 1972. Growth, tuber formation and spread of *Cyperus rotundus* from single tubers. Weed Res. 12:348-363.
- KEELEY, P. 1987. Interference and Interaction of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*) with Crops. Weed Technology 1 :74-81
- LASS, L.; CALLIHAN, R. 1993. GPS and GIS for weed surveys and management. Weed Technology 7: 249-254.
- LINKER, H.; YORK, A; WILHITE, D. 1990. Weeds - A System for Developing a Computer - Based Herbicide Recommendation Program. Weed Technology 4: 380-385.
- GUTIÉRREZ, C. 1989. Sistemas expertos. Rho Sigma S. A (Ed.). San José, Costa Rica. 32 p.
- PITTY, A; MUÑOZ, R. 1993. Guía práctica para el manejo de malezas. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 223 p.
- ROJAS, M. 1995. Estudio de las malezas asociados a canales de riego y zonas aledañas del cultivo de arroz anegado en el Distrito de Riego Arenal- Tempisque y Combate biológico de *Hydrilla verticillata* Vahl con carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella* Via). Tesis Mag.Sc. San José, Costa Rica, Universidad de Costa Rica, Sistemade Estudios de Posgrado. 218 p.
- STOLLER, E.; SWEET, R. 1987. Biology and Life Cycle of Purple and Yellow Nutsedges (*Cyperus rotundus* and *C. esculentus*). Weed Tech. 1:66-73.