



EFFECT DETERMINATION OF SUGAR CANE MOLASSES BIOHERBICIDA ON *Brassica campestris* L.

DETERMINACION DEL EFECTO BIOHERBICIDA DE LA MELAZA DE CAÑA DE AZUCAR SOBRE *Brassica campestris* L.

***Bio. Carlos Hernando García Fonseca.**

Investigador, Centro de Investigación en Sanidad Vegetal y Bioinsumos,
Universidad de Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 207) e-mail: carhergar@unipamplona.edu.co

***M. Sc. Manuel José Peláez P.**

Profesor Titular, Programa de Ingeniería Agronómica,
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona, Tel: 5685303 (ext. 207) e-mail:
manuelpelaez@unipamplona.edu.co

RESUMEN

En este trabajo se determinó el efecto bioherbicida de cuatro fermentaciones de la melaza de caña de azúcar sobre el nabo (*Brassica campestris*) mediante la fumigación con melaza a una concentración del 50% sobre cuatro tiempos fenológicos del nabo después de la germinación, bajo dos parámetros o testigos: un parámetro absoluto y uno relativo, el primero sin aplicaciones y el segundo con aplicación de un herbicida químico cuyo ingrediente activo el Paraquat, el cual tiene efectos similares a los producidos por la melaza. La información registrada en sobrevivencia del nabo y el área foliar afectada, demostró el efecto bioherbicida de la melaza de caña de azúcar, la cual mediante la prueba estadística de Durbin – Watson, con valores de 1.61 y 1.73 respectivamente y con un coeficiente de confianza de un 95%, indicó que la melaza fermentada producía un efecto bioherbicida sobre todos los tiempos fenológicos del nabo, con un mayor resultado a las 2 semanas después de germinada la planta y al estar fermentada la melaza por 4 semanas.

ABSTRACT

In this work the bioherbicide effect of four sugar cane molasses fermentations was determined on nabo (*Brassica campestris*) by means of the fumigation with molasses into a 50% concentration on four phenological times of nabo after the germination, under two parameters: an absolute and a relative one, the first without applications and a second with chemical herbicide application of an active ingredient Paraquat, with effects similar to the produced by the molasses. The survival registered information in nabo and the foliar affected area demonstrated the bioherbicide effect of the sugar cane molasses, Durbin - Watson statistical test show values of 1,61 and 1,73 respectively with a 95% confidence coefficient, showing that the fermented molasses produced a bioherbicide effect on all the phenological times of nabo, with greater results in the plant germination time of 2 weeks and at 4 weeks of molasses fermentation

KEYWORDS

Bioherbicida, fermentación, maleza, melaza





1. INTRODUCCIÓN

Desde los años cuarenta, el uso de herbicidas ha aumentado de una manera continua, llegando a cinco millones de toneladas en 2003 a escala mundial. Se observa una tendencia actual a la reducción en el uso de los mismos en los países desarrollados; no obstante éstos se siguen aplicando en forma intensiva en los países tropicales. Se ha establecido que sólo un 0.4 por ciento de la cantidad de plaguicidas aplicado llega a la maleza, mientras que el restante circula por el medio ambiente, contaminando posiblemente el suelo, agua y la biota (Carvalho et al, 2003).

Estudios en el ámbito internacional revelan la gravedad del problema. Un trabajo realizado por Hendin y Peake en Waimea, Nueva Zelanda, entre los años 1973 a 1994, arrojó que luego de un proceso de colmatación en un estuario de la región de Mapua, los niveles de contaminación encontrados, estaban ligados a liberaciones constantes de herbicidas organofosforados (Hendin y Peake, 1996).

Otras investigaciones en el área constatan la gravedad del problema. Por ejemplo, un estudio realizado en la India por Dua et al. (1996), reportó niveles de herbicidas de 2.26 ppm en suelo y 0.18 ppm en el agua, en una zona aldeaña a un centro poblado donde se controlaba malaria.

Los estudios citados hasta ahora, revelan un grave daño en el área ambiental; pero quizás lo más grave del asunto, es que estos niveles de contaminación han ocasionado graves daños a la salud en zonas expuestas al impacto de estos productos. Por ejemplo, en 1995, un estudio de mujeres embarazadas en Tailandia reveló que el 75 por ciento de ellas estaban contaminadas con herbicidas organofosforados; también se reveló que los neonatos tenían niveles de herbicidas (Atisook et al., 1995). De la misma manera, un estudio realizado en Veracruz México por Waliszewski et al. (1996), demostró que en jóvenes menores de 20 años de edad los niveles de contaminación en su sangre con herbicidas eran altísimos.

Estudios recientes demuestran que la contaminación, producto del uso de herbicidas, no sólo se limita a estos países, sino que la misma es alarmante en Colombia (Galvan 2002).

Muchas plantas comúnmente clasificadas como malezas pueden ser utilizadas para fines alimenticios o medicinales, como por ejemplo: **Portulaca oleracea** L. y **Petiveria alliacea** L. entre muchas otras. Además, muchas malezas que se desarrollan en áreas sometidas a rastrojo sirven para prevenir la erosión del suelo y para reciclar los nutrientes minerales del suelo. Por el contrario, varias plantas cultivables que aparecen como indeseables en áreas de cultivo diferente son correctamente consideradas como malezas. Por lo que debe quedar claro que «malezas» es un concepto relativo y antropocéntrico, pero en modo alguno constituye una categoría absoluta. Sin embargo, en las situaciones agrícolas las malezas, como producto de la alteración de la vegetación natural, son plantas indeseables y, posiblemente, constituyen el componente económico más importante del total del complejo de plagas, que también incluye insectos, ácaros, vertebrados, nemátodos y patógenos de plantas (Jarma, 2004).

Las pérdidas anuales causadas por las malezas en la agricultura de los países en desarrollo ha sido estimada ser del orden de 125 millones de toneladas de alimentos, cantidad suficiente para alimentar 250 millones de personas (Parker y Fryer 1975).

Por estas razones en este trabajo de investigación se propuso como objetivo general determinar el efecto bioherbicida de la melaza de caña de azúcar, en el ciclo de vida del nabo (**Brassica campestris**) aplicándola en cuatro tiempos de fermentación, con el fin de identificar en que tiempo fenológico de la planta, puede ser más al efecto del bioherbicida, así mismo correlacionar estados de fermentación y eficacia. Con los resultados de esta investigación es posible que los agricultores cuenten con alternativas orgánicas de control y manejo de las plantas no deseadas en sus





cultivos, sin menoscabo del ambiente (Monaco, 2004).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Establecimiento del cultivo de nabo

108 kilogramos de suelo fueron extraídos de la granja experimental Villa marina de la Universidad de Pamplona, este se utilizó para cultivar el nabo y fue autoclavado para darle homogeneidad y así controlar variables como la germinación de otro tipo de plantas no deseadas.

El cultivo de Nabo (*Brassica campestris*) se creó en condiciones controladas en un invernadero ubicado en el vivero del Instituto Superior de Educación Rural (ISER) de la ciudad de Pamplona, departamento Norte de Santander, a una altura aproximada de 2385 m.s.n.m y una temperatura promedio de 16°C (IDEAM, estación climatológica ISER). La precipitación durante el experimento no se tuvo en cuenta debido a que el cultivo no estuvo expuesto a las lluvias. Este invernadero se adaptó para que proporcionara una temperatura similar al del ambiente externo pero que a su vez brindara protección de las lluvias y de algunos factores externos como personas curiosas que intervinieran negativamente en el experimento.

El cultivo del nabo se realizó en 18 bolsas de siembra de 25 cm³ que contenían 2 kilogramos del suelo ya autoclavado, en cada una de las bolsas se sembraron 50 semillas seleccionadas por su morfología como semillas sanas y viables.

De este cultivo se realizó un experimento al que se le llamó original o replica A y dos replicas llamadas replicas B y replica C para una mayor confiabilidad de los datos obtenidos.

1.2 Fermentación de la melaza

La fermentación de la melaza de caña de azúcar se realizó en 16 recipientes con capacidad para 3 litros (4 para la fumigación de 1 semana, 4 para la fumigación a las 2 semanas, 4 para la fumigación a las 3 semanas y 4 para la fumigación a las 4 semanas) con el fin de tener disponibilidad de melaza con el tiempo de

fermentación correcto el día indicado para la fumigación.

2.3 Fumigación del cultivo

En las bolsas de siembra se realizó fumigación de las plantas germinadas a diferentes estados fenológicos de la planta después de la germinación, 2 - 4 - 6 y 8 semanas, y a cada uno de estos estados se fumigaron con melaza fermentada en cuatro tiempos diferentes, 1 - 2 - 3 y 4 semanas, en una concentración volumen: volumen 50:50 melaza-agua. En las 2 bolsas de siembra restantes se realizó en una de ellas un control con la aplicación de Paraquat® para comparar efectos producidos por la fermentación de la melaza con el de un herbicida químico de efectos similares a los esperados y en la otra no se realizó fumigación alguna para observar el desarrollo normal de la planta utilizada y comparar con el de las plantas fumigadas.

2.4 Medición del área foliar de las hojas afectadas

Para determinar el efecto de la fermentación de la melaza sobre el nabo, se tomaron mediciones del área de la superficie foliar de la hoja en centímetros cuadrados los cuales fueron convertidos en porcentajes para su análisis antes de la aplicación y desde los 3 días después hasta los 21 días con intervalos de 3 días. Los datos obtenidos en la medición del área foliar fueron tomados de una hoja promedio de cada bolsa de siembra, la cual fue marcada para realizar posteriores mediciones sobre ella misma.

2.5 Cuento de plantas afectadas

También se realizó conteo del número total de plantas germinadas afectadas totalmente con la misma metodología utilizada anteriormente para determinar el efecto de las diferentes fermentaciones sobre la sobrevivencia de la población de plantas de nabo de cada bolsa de siembra.

2.6 Análisis estadístico

Todos los datos se analizaron con el software Stat Graphics plus 5.1 con el cual se realizó un diseño de bloque completo randomizado





(BCR) (Gómez, 1997) de dos variables y dos factores, en las cuales las variables: área foliar afectada y sobrevivencia de la población de cada bolsa de siembra se conjugaron con los factores: tiempo de fermentación y tiempo de vida de la planta. Se realizaron los siguientes análisis para el diseño: Porcentaje de explicación, Porcentaje de explicación ajustado para grados de libertad (G.L), Error Estándar, Error absoluto de la media, Estadístico Durbin-Watson y una prueba de normalidad de datos. La unidad de experimentación fue el tratamiento realizado a cada bolsa de siembra los cuales conforman los bloques y la unidad de observación estuvo representada en el área foliar de las hojas y en el número de la población de cada bolsa de siembra.

3. RESULTADOS

3.1 Fumigación del cultivo de nabo

Los resultados de este estudio se pueden apreciar con el efecto de la fermentación de la melaza de caña de azúcar, como bioherbicida sobre el nabo (*Brassica campestris*) (figura 1). En lo correspondiente, con la fumigación del nabo a las 2 - 4 - 6 y 8 semanas con la melaza a las 1 - 2 - 3 y 4 semanas de fermentación, se produjo una reducción del área foliar de la hoja de forma gradual después de la aplicación del tratamiento, el cual presento una media de efectividad a los 21 días, posterior a la fumigación.



Figura 1. Fotografía de los efectos causados por la fermentación de la melaza en plantas de nabo.

Al analizar el efecto de la fermentación de la melaza sobre la población de plantas en cada una de las bolsas de siembra se encontró que hubo menor sobrevivencia en las plantas de menor tiempo después de la germinación, en las cuales se redujo la población drásticamente. Esto contrasta con las plantas de mayor tiempo después de la germinación, en las cuales su población se redujo pero en la gran mayoría no fue de 100%.

3.2 Análisis estadístico

3.2.1 Efecto sobre el área foliar

Se analizaron cada una de las tablas que contenían los datos obtenidos en la medición del área foliar afectada en cada una de las bolsas de siembra en los días de muestreo, es decir, el día 3, 6, 9, 12, 15, 18 y 21 y se graficaron.

La prueba de normalidad realizada para los datos obtenidos con respecto al efecto de la fermentación de la melaza sobre el área foliar de las hojas del nabo nos indica que la gran mayoría de los valores obtenidos se acercan a media normal. En la figura 2 se observa en rojo el dato mas alejado de la media normal.

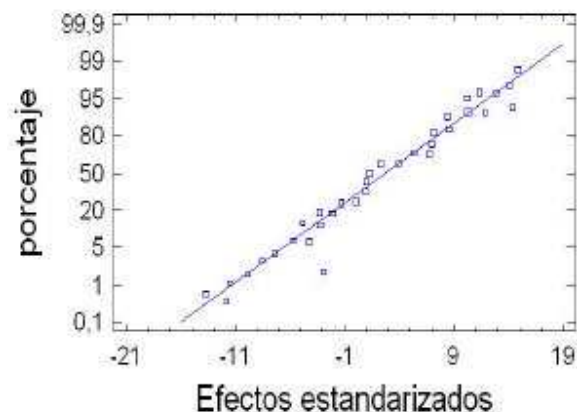


Figura 2. Grafico de normalidad de los datos en la reducción del área foliar.

En este análisis los datos obtenidos para el efecto en la sobrevivencia tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son





significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El coeficiente de explicación (R^2) posee un 97,6% de certeza lo que indica que el diseño experimental realizado para analizar el efecto de la sobrevivencia es correcto, con un índice muy alto de certeza. El R^2 ajustado a los grados de libertad proporciona un indicador más certero del diseño experimental realizado con un porcentaje del 97,5. El error estándar manejado en el análisis estadístico es de 2,6, el cual indica que es una tasa de error baja para el gran número de datos recogidos en el experimento. El error absoluto de la media indica que la media de los datos analizados posee un rango de error de 1,7 el cual es bajo. El índice de la prueba estadística de Durbin y Watson fue del 1.6 con un nivel de confianza del 95%, lo que indica que la fermentación de la melaza si posee un efecto bioherbicida sobre la sobrevivencia del nabo.

Los gráficos de Pareto para la reducción del área foliar se realizaron para cada día de muestreo: En el primer día el grafico indica que hubo una tendencia negativa (color rojo) sobre el tiempo de germinación del nabo en el área foliar de la hoja, de lo que se deduce que a menor tiempo de germinación mayor es la reducción del área foliar. También indica que el tiempo de fermentación de la melaza tiene una tendencia positiva (color fucsia) y que produce efecto sobre el área foliar pero no

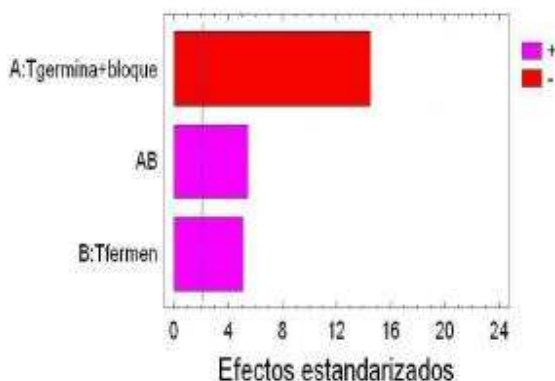


Figura 3. Gráfico de Pareto de los datos en la reducción del área foliar a los 3 días después de la fumigación.

tan marcado como el de el tiempo de germinación, de lo que se deduce que a mayor tiempo fermentación mayor es el efecto sobre el área foliar; y además esta grafica demuestra que el efecto conjunto (barra AB) entre la fermentación de la melaza y la germinación de la semilla es muy similar al producido por la fermentación de la melaza (Figura 3).

3.2.2 Efecto sobre la sobrevivencia del nabo

La prueba de normalidad realizada para los datos obtenidos con respecto al efecto de la fermentación de la melaza sobre la sobrevivencia del nabo nos indica que la gran mayoría de los valores obtenidos se acercan a media normal. En la figura 4 se indica en rojo el dato mas alejado de la media normal.

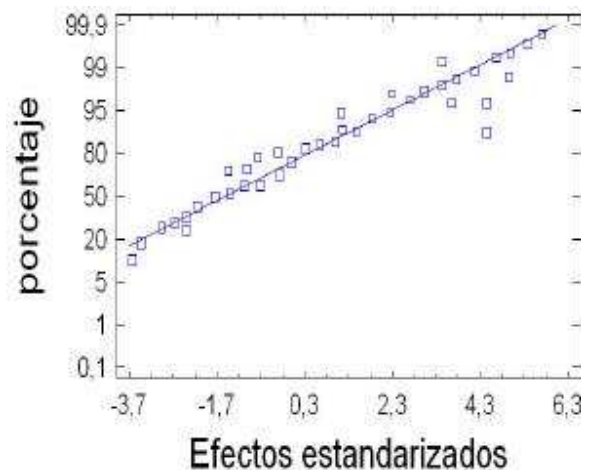


Figura 4. Gráfico de normalidad de los datos en la sobrevivencia del nabo

En este análisis los datos obtenidos para el efecto en la sobrevivencia tienen los p-valores inferiores a 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero al 95,0% de nivel de confianza. El coeficiente de explicación (R^2) posee un 95,13% de certeza lo que indica que el diseño experimental realizado para analizar el efecto de la sobrevivencia es correcto, con un índice muy alto de certeza. El R^2 ajustado a los grados de libertad proporciona un indicador más certero del diseño experimental realizado con





un porcentaje del 94.8. El error estándar manejado en el análisis estadístico es de 4.86, el cual indica que es una tasa de error baja para el gran número de datos recogidos en el experimento. El error absoluto de la media indica que la media de los datos analizados posee un rango de error de 3.25 el cual es bajo. El índice de la prueba estadística de Durbin y Watson fue del 1.73 con un nivel de confianza del 95% lo que mostró que la que la fermentación de la melaza si posee un efecto bioherbicida sobre la sobrevivencia del nabo.

Los gráficos de Pareto para la sobrevivencia de las poblaciones de nabo en cada bolsa de siembra se realizaron para cada día de muestreo: En el primer día el grafico indica que hubo una tendencia positiva (color fucsia) sobre el tiempo de germinación del nabo en la sobrevivencia, de lo que se deduce que a mayor tiempo de germinación mayor es la sobrevivencia de las plantas. También indica que el tiempo de fermentación de la melaza tiene una tendencia negativa (color rojo) y que produce efecto sobre la sobrevivencia pero no tan marcado como el de el tiempo de germinación, de lo que se deduce que a menor tiempo fermentación menor es el efecto sobre la sobrevivencia; y además esta grafica demuestra que el efecto conjunto (barra AB) entre la fermentación de la melaza y la germinación de la semilla es muy cercano a la mitad de lo producido por el tiempo de germinación de las semillas del nabo.

5. DISCUSION DE RESULTADOS

Al analizar el efecto de la fermentación de la melaza sobre la población de plantas en cada una de las bolsas de siembra se encontró que hubo menor sobrevivencia en las plantas de menor tiempo después de la germinación, en las cuales se redujo la población drásticamente en un 99.8%. Esto contrasta con las

plantas de mayor tiempo después de la germinación, en las cuales su población se redujo en un 47.6%, debido posiblemente a que la composición de los tejidos vegetales mas tiernos poseen menos capa cerosa (tejido de

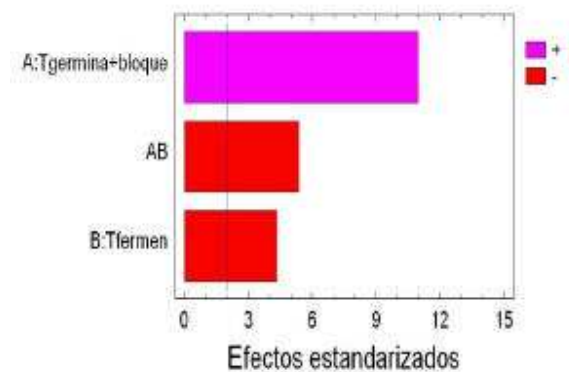


Figura 5. Grafico de Pareto de los datos en la sobrevivencia del nabo a los 3 días después de la fumigación

resistencia) permitiendo fácilmente el contacto y la penetración de los ingredientes activos, o la interacción con elementos bióticos o abióticos que pueden causar la injuria, como lo afirma Melhus y Kent en 1998: "las plantas son seres vivos, las cuales reaccionan al ser perturbadas por el medio ambiente desfavorable, exceso o defecto en alimentos o en agua, y en sustancias toxicas"

A analizar de manera conjunta el efecto de la fermentación de la melaza de caña de azúcar y el tiempo después de la germinación de las semillas del nabo en un análisis de efecto ponderado se pudo deducir que el mayor efecto de estos dos factores se dio en el tratamiento en el que la melaza fermentada era de 4 semanas y donde la planta cuenta con 2 semanas después de la germinación. De igual forma se deduce que en el tratamiento donde la melaza contaba con una semana de fermentación y la planta contaba con 8 semanas después de la germinación se encontró el menor efecto. A medida que se aumenta el tiempo de fermentación de la melaza aumenta el efecto bioherbicida, lo que infiere que existe una relación directa o positiva entre el tiempo de fermentación y el estado fenológico. Probablemente los herbicidas bien sea de característica sintética u orgánica como el estudiado en esta investigación generen la muerte de los tejidos vegetales tanto jóvenes como adultos ya que pueden estimular la





acción de microflora patogénica la cual actúa como oportunista al generarse el daño por la sustancia activa; esto implica que las sustancias pueden influir directamente estimulando o retardando en el tiempo y en el espacio el crecimiento de patógenos, o por consiguiente aumenta o disminuye la susceptibilidad de la planta hospedante, o bien indirectamente al aumentar o disminuir la actividad de la microbiota del suelo, al eliminar o seleccionar algunos hospedantes alternos de microbiota patógeno de la hoja de la planta (Altman y Campbell, 1997)

Al aplicarse la prueba estadística de Durbin y Watson para el efecto producido por la fermentación de la melaza dio significativo con un 95% lo que indica que la fermentación de la melaza posee un efecto bioherbicida sobre la sobrevivencia y el área foliar de la hoja del nabo, similar al producido por el herbicida químico paraquat, que según Hart y Di Tomaso en 1994, produce marchitamiento de las plantas tratadas, secando los tejidos y amarilleando a la planta dándole un aspecto clorótico, debido a la pérdida de agua del material vegetal conduciendo a la rápida desecación de las hojas tratadas. La melaza sobre la superficie de las hojas genera un incremento en la transpiración de la planta, esto se debe a una disminución parcial de la protección que la cutícula le brinda a las hojas, al aumento de la permeabilidad de sus células y las alteraciones que presentan los estomas. Por lo tanto esta sustancia destruye una porción de la cutícula y la epidermis, lo cual da como resultado que las zonas afectadas pierdan una cantidad incontrolable de agua. En el caso de la absorción y traslocación del agua ya no se llevan en las hojas debido a la pérdida excesiva de agua, estas últimas se marchitan y pierden su turgencia. La fuerza de succión de las hojas que transpiran en exceso aumenta normalmente y puede originar la desintegración o alteración de los vasos subyacentes a través de la producción de tálides y gomas (Agrios, 1996)

El taponamiento de los estomas observado en la superficie de las hojas fumigadas, se debe a la densidad de la melaza la cual según Lira bloquea la transpiración, mas específicamente bloquea la conductancia del CO₂, el cual no puede entrar al ciclo fotosintético para ser reconocido por la anhidrasa carbónica. La deshidratación también observada en las células acompañada por amarillamiento y muerte del tejido vegetal, es producida por los carbohidratos y el alcohol en la fermentación de la melaza, estos producen el aumento de la diferencia del potencial hídrico entre el interior de la célula y su exterior produciendo plasmolisis por excesiva deshidratación (Lira, 2000).

6. CONCLUSIONES

- Con la ejecución de este proyecto se puede concluir que la melaza de caña de azúcar fermentada a las 1, 2, 3 y 4 semanas si produce un efecto bioherbicida sobre la planta *Brassica campestris* a las 2, 4, 6 y 8 semanas después de germinada la planta.
- De los estados fenológicos del nabo trabajados el de las 2 semanas después de germinado es el más afectado y la melaza de caña de azúcar fermentada por 4 semanas es la que mayor efecto bioherbicida produce sobre el nabo, según lo observado al analizar de manera conjunta el efecto de la fermentación de la melaza de caña de azúcar y el tiempo después de la germinación de las semillas del nabo.
- El menor efecto bioherbicida se produjo sobre el nabo con 8 semanas después de germinada la planta al ser fumigado por la melaza de caña de azúcar fermentada por 1 semana, lo cual se puede observar en el grafico del análisis de los efectos ponderados.
- La fermentación de la melaza de caña de azúcar es una sustancia de origen biológico que puede ser usada como alternativa para la reducción del uso de agroquímicos utilizados en el control de malezas.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTMAN, J. and CAMPBELL, C. Effect of herbicides on plant diseases. *Annu . Rev. Phytopathol.* 15,361-385. 1997.
- ANDREWS, J. H. Estrategia de Plantas Parasitas. *Adv. Plant Pathol.* 2,105 – 130. 1999
- AGRIOS, George. *Fitopatología*. Ed. Limusa. Mexico. 1996. Capitulo 3.
- ARISTIZABAL, Alvaro. Descripción de arvenses en plantaciones de café. Editorial Carvajal S.A. 1995
- ARNAU, Joseph. Derivados de la producción de azúcar. *Revista en buenas manos.* México. 6: 2003
- BENTLEY, Jeffery et. Al. Conocimiento popular del manejo y uso de las malezas. *Prommasel.* 2002
- CARVALHO, F. Zhong, N., Tavares y Klaine S.. Rastreo de plaguicidas en los trópicos. *Boletín del OEIA No 40.* 1998
- CORDO, Hugo A. El control biológico de malezas, una alternativa factible para la lucha contra las plantas invasoras en áreas protegidas. *Revista de la sociedad Agroecológica de argentina.* 63 (1-2): 1-9, 2004.
- DUA, V.; PANT, C. y SHARMA, V.. Determination of level of HCH and DDT in soil, water, and whole blood from bioenvironmental and insecticide sprayed areas of malaria control. *Indian Journal of Malariology.* 33:1 7-15 India. 1996
- GARCIA, Luis. el uso de herbicidas y las medidas agro - ambientales. *Revista Agricultura, Madrid.* 6: 53 - 59, 2001
- HART, J. And DI TOMASO J. Sequestration and axxygen radicle detoxification as mechanism of paraquat resistance. *Weed Science* 42 277-284. 1994
- HENDI, E. y PEAKE, B.. Organochlorine pesticides in a dated sediment core from Mapua, Waiwea Inlet, New Zeland. *Marine Pollution Bulletin.* 32:10 751-754. New Zeland. 1996
- JARMA, Alfredo; et al. Efecto alelopatico de extractos de crotalaria (*Crotalaria juncea L.*) y Coquito (*Cyperus rotundus L.*) sobre malezas y cultivos anuales. *Revista Temas Agrarios.* Vol 9:2004
- KROPFFA, B., Bastiansa L. & Lotz L. Enfoques de sistemas en el manejo de malezas y el diseño de variedades de cultivo inhibidoras de malezas. Universidad agrícola de Wageningen, departamento de producción teórica y ecología productiva. 2004
- Lallana V. H. 2005. Lista de malazas comunes de los cultivos de arroz, fresa y mora. *Ecosistemas.* 2005:2
- LIRA, Ricardo. *Fisiología vegetal.* Editorial trillas. Cáp. 5 y 8. 2000
- MELHUS, I. and KENT, G. *Elements of Plant Patology.* Editorial Limusa. Mexico. 1999.
- PARKER C. y FRYER, J. Weed control problems causing major reduction in world food supplies. *FAO Plant Protection Bulletin* 23 (3/4): 83-95. 1975.
- SOTO, Adolfo y VALVERDE, Bernal. *Los Herbicidas, propiedades fisicoquímicas, clasificación y mecanismos de acción.* Editorial de la Universidad de Costa Rica. Pág. 41 -45. 2002.
- SUSZKIW, Jan. Una nueva bioherbicida para combatir las malas hiervas. *USDA Agricultural Reserach Service.* 2002
- VERA, Garita. Control biológico de malezas. *Revista Manejo Integrado de plagas y agroecología.* Costa Rica. No. 65 Pág. 118 - 119 , 2002
- WALLTERMAN W. y MCBEE R. *Introducción a la microbiología,* Compañía Editorial Continental S.A., Primera edición, México D.F., México, 1999. pp. 121, 126-134

