

**Análisis de efectividad del Herbicida Alion 50  
SC: El caso del Ingenio Tres Valles,  
Cantarranas, Honduras, C.A.**

**Sergio David Juárez Figueroa**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE ADMINISTRACION DE AGRONEGOCIOS

# **Análisis de efectividad del Herbicida Alion 50 SC: El caso del Ingenio Tres Valles, Cantarranas, Honduras, C.A.**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Administración de Agronegocios en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Sergio David Juárez Figueroa**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2010

## RESUMEN

Juárez, S. 2010. Análisis de efectividad del Herbicida Alion 50 SC: el caso del Ingenio Tres Valles, Cantarranas, Honduras, C.A. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Administración de Agronegocios, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 21 p.

El control de malezas representa una proporción importante en los costos de producción de la caña de azúcar; por esta razón se debe buscar alternativas efectivas en control. El objetivo general de esta investigación fue evaluar la efectividad económica del herbicida Alion 50 SC en el control de malezas en el cultivo de caña de azúcar, en el Ingenio Tres Valles, Cantarranas, Honduras. La investigación se realizó mediante un ensayo de campo, determinando la efectividad de los herbicidas sobre las malezas y la determinación de los beneficios económicos netos obtenidos. Durante el ensayo de campo, se tomaron datos de porcentaje de cobertura y conteo de malezas a los 0, 15, 30, 45 y 60 días de aplicación. Luego se realizó un análisis estadístico a través del análisis de varianza (ANOVA) y de la prueba Duncan y Tukey para la separación de medias, finalmente se realizó una matriz de presupuestos parciales. Los resultados del análisis de varianza muestra que a un nivel de confianza del 95%, todos los tratamientos tienen diferencias significativas en las variables evaluadas, mientras que las pruebas de separación de medias de Duncan y Tukey por su parte reflejaron que, tanto Alion 50 SC como Pendimentalin no mostraron diferencias significativas ya que  $P > 0.05$  en todos los casos, por lo tanto sus medias de control son idénticas. Finalmente Alion 50 SC a dosis de 0.12 litros por hectárea, generó el mayor beneficio económico, siendo este \$1,658/hectárea, según la inferencia en rendimientos hecha.

**Palabras clave:** Alion 50 SC, análisis estadístico, efectividad económica, muestreo, presupuestos parciales.

## CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Página de firmas.....	ii
	Resumen.....	iii
	Contenido.....	iv
	Índice de Cuadros y Anexos.....	v
<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>5</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>19</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro		Página
1.	Tratamientos y dosis por hectárea.....	5
2.	Matriz del método de presupuestos parciales.....	7
3.	Malezas promedio en el tiempo por tratamiento.....	9
	Promedio general de malezas por tratamiento.....	10
4.	ANOVA de los datos recolectados de los muestreos.....	11
5.	Separación de medias por Tukey y Duncan para conteo otras malezas.....	12
6.	Separación de medias por Tukey y Duncan para conteo de Coyolillo.....	12
7.	Separación de medias por Tukey y Duncan para porcentaje de cobertura de otras malezas.....	13
8.	Separación de medias por Tukey y Duncan para porcentaje de cobertura de Coyolillo.....	13
9.	Beneficio económico por tratamiento.....	14
Figura		Página
1.	Mapa de la localización del lote del ensayo.....	4
2.	Distribución de los tratamientos en las repeticiones.....	6
Anexo		Página
1.	Gráfico de presencia de malezas 15 días después de aplicación.....	19
2.	Gráfico de presencia de malezas 30 días después de aplicación.....	19
3.	Gráfico de presencia de malezas 45 días después de aplicación.....	20
4.	Gráfico de presencia de malezas 60 días después de aplicación.....	20
5.	Rendimiento estimado de Caña de azúcar en Ton/ha por tratamiento....	21
6.	Costos de aplicación de los tratamientos.....	21
7.	Costos de almacenamiento de los productos.....	21
8.	Costos de control manual.....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene su origen en el sureste asiático y fue trasladada por los musulmanes hasta territorio Europeo. Posteriormente los españoles la llevaron al continente americano, desarrollándose en países como Brasil, México y Perú. Sus principales subproductos son: guarapo, miel integral, bagazo, harina de caña, etanol; sin embargo, el objetivo principal es la producción de azúcar de mesa para el consumo humano (fuente de carbohidratos).

Actualmente, la caña de azúcar tiene gran importancia para los países centroamericanos. Por ejemplo, en el año 2008, en Guatemala habían alrededor de 287,000 ha sembradas (rendimiento promedio 88 ton/ha), Honduras con áreas cercanas a 81,600 ha (rendimiento promedio 73 Ton/ha) y Nicaragua con 54,128 ha (rendimiento promedio 79 Ton/ha). Toda esta producción generó divisas de \$674 millones para la región (FAO 2010).

El ciclo de producción del cultivo varía entre 11-17 meses, durante el cual es necesario realizar una secuencia de labores para su buen crecimiento y producción. Entre ellas están: requema del corte, rastra sanitaria, descarte del suelo, riegos, control químico de malezas, fertilizaciones, arranques manuales de maleza y control de malezas de cierre.

Una de las labores importantes es el control de malezas, ya que éstas intervienen en el desarrollo normal del cultivo debido a que compiten por luz, agua y nutrientes (Subirós 1995). Además, se pueden mencionar los altos costos de manejo, la dificultad y demora en labores agrícolas, los hospederos de plagas y principalmente reducción del rendimiento de los cultivos.

Dado las extensiones de los lotes, el uso de herbicidas es la principal alternativa que tienen los productores de caña de azúcar, para el control de malezas. Por esta razón, muchas empresas de agroquímicos investigan y desarrollan productos con ingredientes activos diferentes, para el control de malezas, buscando principalmente que estos nuevos productos sean usados en dosis bajas, amigables con el ambiente y económicamente efectivos (Pitty 1997).

De acuerdo a la importancia económica que tienen las malezas en el cultivo de caña de azúcar, es necesario medir el impacto y la relación beneficio costo que tiene la adopción de una nueva tecnología vs tecnologías existentes. (Miranda 2002) Existen “herramientas de análisis que ayudan a estimar el resultado económico de una actividad agropecuaria”, en la cual se utilizan únicamente los costos directos implicados.

Con el uso de presupuestos parciales (partial budgeting) se busca desarrollar una matriz en la cual se indican los beneficios adquiridos y los egresos incurridos por el uso de la nueva tecnología bajo análisis, considerando únicamente los costos directos incrementados por el uso de la nueva tecnología y los rendimientos o ingresos generados a partir de esta. Así se podrá comparar con otras tecnologías existentes y tomar decisión sobre implementar o no la tecnología evaluada (Roth y Hyde 2002).

Este estudio se realizó, para analizar una nueva alternativa química para el control de malezas en caña de azúcar, llamado Alion 50 SC. Dicho herbicida se encuentra en fase pre-comercial y es desarrollado por Bayer CropScience. Es a base del ingrediente activo Indaziflam, perteneciente al grupo químico de los Allicylazinas y su mecanismo de acción es directamente inhibiendo la biosíntesis de celulosa (Arias 2010)<sup>1</sup>. En este estudio, se evaluó su efectividad en control de malezas, su eficiencia en términos de costos y su relación beneficio costo.

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Previo a comercializar un producto químico de uso agrícola, es necesario validarlo a nivel de campo. Es importante considerar que en la validación, además de evaluar eficiencia en control de malezas, se evalúan los costos y los beneficios de la nueva tecnología a usar. Por lo tanto, es una condición necesaria validar en el campo este nuevo herbicida antes de poder comercializarlo.

Para validar en el campo este nuevo herbicida se desarrollaron los siguientes aspectos: un diseño experimental de bloques al azar, con siete tratamientos y cinco repeticiones, en el Ingenio azucarero Tres Valles, Cantarranas, Honduras, C.A., verificando cual de los tratamientos usados refleja mejores resultados económicos y de eficiencia en control de malezas. Para por medio de esto determinar si Alion 50 SC puede competir en el mercado con Pendimetalin, el cual es un herbicida del tipo pre emergente, perteneciente al grupo químico de las Dinitroanilinas, que actúa al ser absorbido por raíces y hojas, inhibiendo la división celular de los meristemos del tallo y raíz (Espinoza y Morales 2008). Y que ya está establecido en el país.

La investigación se realizó bajo condiciones de campo, en un lote de caña de renovación sembrado con la variedad NA 5642. Es importante mencionar que la presencia de malezas en éste lote es muy variada, existiendo gramíneas y del tipo de hojas anchas, además de ciperáceas.

---

<sup>1</sup> Arias, O. 2010. Selectividad y Efecto de Indaziflam sobre malezas (entrevista personal). San José, CR, Bayer CropScience.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio sirvió principalmente para demostrar las diferencias a nivel de costos que existen entre Alion 50 SC y Pendimentalin, herbicida de amplio uso en el control de malezas en caña de azúcar en Honduras. Considerando que el costo es un factor importante para la adopción o no de un nuevo herbicida por parte de los agricultores. Cabe mencionar que Alion 50 SC tiene efecto a nivel de pre emergencia sobre las malezas gramíneas, actúa en el embrión de las semillas de las malezas, inhibiendo su capacidad germinativa y afectando el crecimiento radicular de las mismas.

Evaluaciones previas realizadas a nivel de campo en Guatemala con Alion 50 SC, mostraron buenos resultados de control de malezas. Por lo tanto, es importante evaluar este producto en Honduras para validar si es posible obtener buenos resultados de control de malezas a un menor costo. Esto con el objetivo de brindar una alternativa a las ya conocidas para los ingenios y facilitar la decisión de compra de alguno de ellos por parte de los ingenios cañeros.

## **1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO**

El siguiente estudio sólo es aplicable a las condiciones de manejo y de eficiencia del Ingenio Tres Valles. No se debería asumir los resultados del estudio, como resultados generales para otros lugares o zonas cañeras.

En el estudio no se consideran otras variables que pueden influir en el efecto de los herbicidas sobre las malezas, por ejemplo: condiciones del suelo, condiciones del clima y el manejo agronómico del lugar.

## **1.4 OBJETIVOS**

A continuación se mencionan los objetivos del estudio realizado en el Ingenio Tres Valles

### **1.4.1 General**

Evaluar el desempeño de Alion 50 SC en comparación con otros herbicidas de uso comercial en Honduras.

### **1.4.2 Específicos**

- Determinar la efectividad en control de malezas de Alion 50 SC y compararlo con herbicidas comerciales en uso en Honduras.
- Evaluar los costos de adopción y el beneficio económico de Alion 50 SC, comparándolo con herbicidas comerciales en el Ingenio Tres Valles.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 EFECTIVIDAD DE LOS HERBICIDAS

**Selección del área y los tratamientos.** Se realizó con personal del ingenio, en el cual ellos sugirieron el lote de interés para realizar la aplicación. El lote designado se encuentra ubicado al costado de la calle principal aproximadamente al centro del lote siete, en la finca Los Encuentros, ya que se consideró que era el área más representativa con referencia a presencias de malezas (figura 1). Las dosis y productos aplicados se designaron a partir de las dosis que recomienda Bayer CropScience para Alion 50 SC y las dosis de Pendimentalin usadas en el Ingenio para control de malezas (cuadro 1).

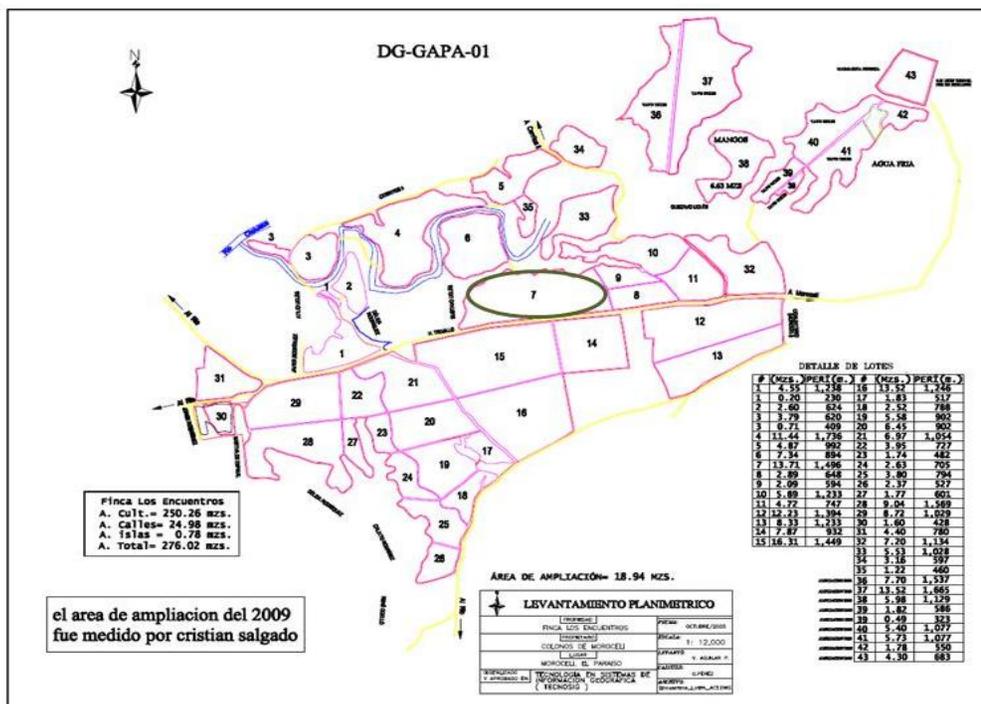


Figura 1. Mapa de la localización del lote del ensayo.

Fuente: Planos de fincas Ingenio Tres Valles.

En la figura 1, se muestra el mapa de la finca Los Encuentros, referenciada de Norte a Sur. Se especifican los lotes de la finca y encerrado en círculo, se indica el lote siete, lugar donde se realizó el ensayo de campo para la investigación.

Cuadro 1. Tratamientos y dosis por hectárea.

Código	Tratamiento	Ingrediente Activo	Concentración	Dosis/ha	Mezcla
T0	Testigo Absoluto	---	---	---	---
T1	Alion	Indaziflam	50 SC	0.1 L	2.84 L Gesapax + 1.42 L 2,4 D + 0.08 L Bivert + 0.1 L Trifol
T2	Pendimentalin	Pendimentalin	50 EC	2.84 L	2.84 L Gesapax
T4	Alion	Indaziflam	50 SC	0.12 L	2.84 L Gesapax + 1.42 L 2,4 D + 0.08 L Bivert + 0.1 L Trifol
T5	Alion	Indaziflam	50 SC	0.15 L	0.08 L Bivert + 0.1 L Trifol
T7	Pendimentalin	Pendimentalin	50 EC	2.84 L	2.84 L Gesapax + 1.42 L Igran

En el cuadro 1, se detallan los tratamientos que se evaluaron durante el ensayo, así como el respectivo ingrediente activo de cada herbicida. En el Testigo Absoluto (T0), no se realizó aplicación, el T1 fue de Indaziflam a dosis de 0.10 L/ha + mezcla completa. El T2 de Pendimentalin, a dosis de 2.84 L/ha + Gesapax. El T4 de Indaziflam, a dosis de 0.12 L/ha + mezcla completa. El T5 de Indaziflam, a una dosis de 0.15 L/ha + coadyuvantes. Finalmente el T7 de Pendimentalin, aplicado con dosis de 2.84 L/ha + Mezcla. Se debe recalcar la dosis usada de cada uno de estos, ya que se puede observar que Alion 50 SC es aplicado en dosis bajas por hectárea, comparado con los otros herbicidas evaluados. Además, se indican las mezclas de productos realizadas por tratamiento, los cuales sirven como complemento para lograr un efectivo control de malezas. Las mezclas fueron sugeridas por parte del Ingenio Tres Valles y personal técnico de Bayer CropScience.

**Tipo de diseño y distribución de los tratamientos.** El ensayo de investigación se realizó bajo diseño experimental Bloques al Azar (DBA) en el lote 7 de la finca Los Encuentros, Moroceli, Honduras. Como área experimental considerada, se usaron 6 tratamientos (figura 2) con 5 repeticiones, para un total de 50 x 34 m. Cada unidad experimental fue de 6 x 10 m, con estado de pre emergencia de malezas y cultivo. Es importante mencionar que, para el estudio de la investigación se omitieron los tratamientos 3 y 6 (herbicida nuevo en el Ingenio, no objetivo del estudio), los cuales servirán únicamente de análisis para el Ingenio Tres Valles y no serán tomados en cuenta en este estudio.

Los tratamientos se aplicaron tomando en cuenta las dosis recomendadas por sus respectivas casas comerciales y por criterio generado por uso de los productos en el ingenio. Los Tratamientos se aplicaron con las siguientes dosis: 0.1, 0.12 y 0.15 L/ha de Alion y 2.84 L/ha; de Pendimentalin en dos mezclas diferentes. Las dosis de Pendimentalin es la usada en el ingenio, por lo cual sólo se realizó dos mezclas diferentes con la misma dosis. Los tratamientos se aplicaron solamente una vez durante 60 días del estudio y el orden de los mismos va de T0 (testigo absoluto) a T7 (Pendimentalin) (figura 2).

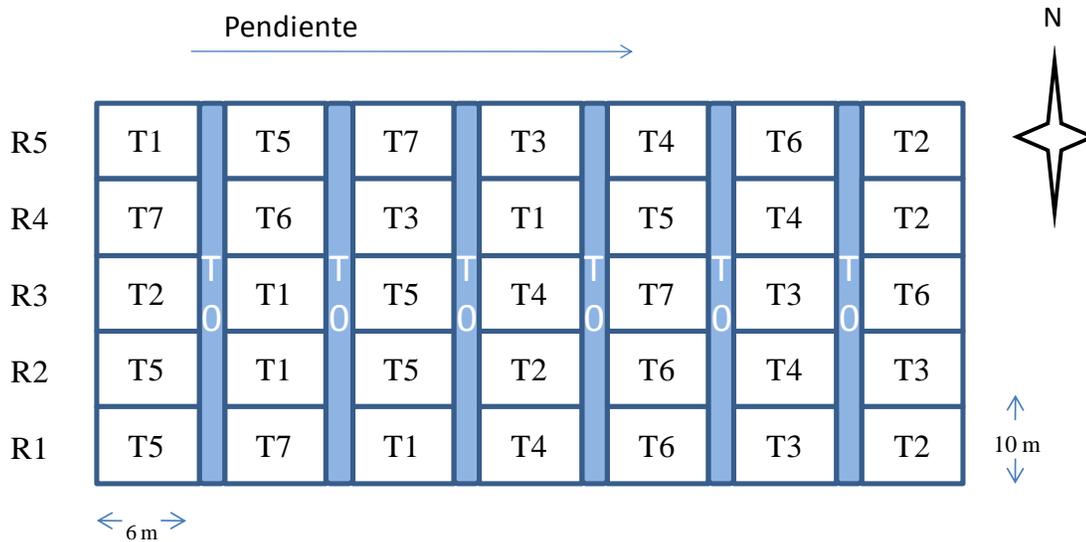


Figura 2. Distribución de los tratamientos en las repeticiones.

En la figura 2, se muestra la distribución espacial de los tratamientos, en donde T significa tratamientos y la numeración es el orden del tratamiento asignado. Siendo por ejemplo T1 Indaziflam + mezcla sugerida. Además, la R acompañada de un número de 1 a 5, hace referencia al número de repetición o bloque de tratamientos dentro de la investigación.

**Toma de Datos.** La determinación del porcentaje de control de malezas por los tratamientos se realizó por el método de estimación visual que se usa en el Ingenio Tres Valles y conteo de malezas, ambas en  $0.5 \text{ m}^2$  al centro de cada uno de los tratamientos. En total se tomaron cinco lecturas en todas las unidades experimentales, siendo estas a los 0, 15, 30, 45 y 60 días de aplicación.

**Análisis de efectividad.** A los datos obtenidos de efectividad en el control de malezas, se le aplicó Análisis de Varianza (ANOVA) el cual permitió validar o rechazar las hipótesis planteadas: que las medias o promedios de los datos muestreados de los tratamientos sean iguales o que por lo menos la media o promedio de presencia de malezas de un tratamiento muestre resultados diferentes al resto (Snedecor y Cochran 1980). Después de comprobar la existencia de diferencias significativas en las medias de las muestras, se procedió a realizar la prueba de separación de medias Duncan ( $P \leq 0.05$ ) y Tukey ( $P \leq 0.05$ ), para determinar las diferencias o grupos en los cuales las medias de los tratamientos son estadísticamente iguales, o si existen diferencias significativas entre los mismos, se utilizó el programa estadístico “Statistical Package for Social Science” SPSS.

## 2.2 COSTOS DE ADOPCIÓN Y BENEFICIO ECONÓMICO

Para el análisis de estas variables, se hizo uso de la herramienta de análisis de costos llamada presupuestos parciales. La cual básicamente, nos permite comparar en términos económicos alternativas de tecnologías que queremos adoptar.

**Presupuestos Parciales.** Las variables usadas y evaluadas para determinar el costo de adopción de los tratamientos fueron: costos de aplicación, precio total de mezcla aplicada, almacenamiento de productos, control manual de malezas (pos ensayo). Dichas variables sirvieron para la validación de Alion 50 SC y verificar su capacidad de competir en el mercado con los herbicidas pre emergentes, luego se analizaron por medio del método de presupuestos parciales (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz del método de presupuestos parciales.

Indaziflam	Pendimentalin	Testigo Absoluto
<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Ingresos</b>
Rendimientos (T/ha)	Rendimientos (T/ha)	Rendimientos (T/ha)
Precio T caña azúcar	Precio T caña azúcar	Precio T caña azúcar
<b>Total Ingresos</b>	<b>Total Ingresos</b>	<b>Total Ingresos</b>
<b>Egresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Egresos</b>
Costos Aplicación	Costos Aplicación	Costos Aplicación
Costos de Almacenaje	Costos de Almacenaje	Costos de Almacenaje
Costos de control manual	Costos de control manual	Costos de control manual
<b>Total de egresos</b>	<b>Total de egresos</b>	<b>Total de egresos</b>
<b>Beneficio Neto/ha</b>	<b>Beneficio Neto/ha</b>	<b>Beneficio Neto/ha</b>

En el cuadro 2 se muestra el formato de la matriz que se usó para la evaluación económica de Indaziflam, Pendimentalin y testigo absoluto (costo de oportunidad del ingenio), para realizar la comparación del beneficio neto de estas. Únicamente se consideraron los costos de aplicación, costos de almacenaje y costos de control manual.

**Estimación de rendimientos.** Los rendimientos se estimaron utilizando como referencia el promedio de producción de los últimos cuatro años del lote en toneladas de caña/ ha. Dado que se usa el supuesto de que aquí se incluye el efecto de los herbicidas sobre el control de malezas y su efecto en la producción final. Además, se consideró que cuando la aplicación de herbicidas se hace en pre-emergencia total, los rendimientos no se disminuyen por presencia de las mismas, mientras que a los 60 días, el rendimiento se reduce en un 34% (Bosch 2009). Se calculó el rendimiento para los tratamientos, asumiendo que las malezas presentes a los 60 días en el testigo absoluto, representan el 100% de malezas. Luego según la cantidad de malezas encontrada en cada tratamiento, se hizo la inferencia para encontrar la reducción en rendimientos y por ultimo estimar el rendimiento para cada tratamiento (Anexo 5).

**Costos de Aplicación.** Estos se determinaron para cada uno de los tratamientos, según la cantidad de producto aplicada regularmente por el ingenio, para todos los productos de mezcla y también para Pendimentalin. Los precios de los productos mencionados anteriormente, son los ofrecidos al ingenio por parte de los distintos distribuidores. Mientras que las dosis y el precio de Alion 50 SC fueron provistas por personal Técnico de Bayer CropScience.

**Costos de Almacenamiento.** Se realizó la medición de los materiales de empaque de los productos evaluados, para obtener el área de ocupación de cada uno de estos en una bodega. Luego se procedió a calcular el costo por hectárea de almacenamiento de dichos productos, basados en el costo por m<sup>2</sup> de construcción para bodegas de este tipo, que nos referenció el departamento de Ingeniería Civil del Ingenio Tres Valles.

**Costo de control manual.** Se procedió a realizar arranque manual de malezas en cada uno de los tratamientos, cronometrando tiempo de arranque y cuantificando a costo por mano de obra o jornales por hectárea. Este proceso se realizó para todos los tratamientos y sirvió para calcular el costo de esta actividad, siendo asignado a la matriz de presupuestos parciales.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 EFECTIVIDAD DE LOS HERBICIDAS EN CONTROL DE MALEZAS

Cuadro 3. Malezas promedio en el tiempo por tratamiento.

TRT	15 días de aplicado				30 días de aplicado				45 días de aplicado				60 días de aplicado			
	Coyolillo		Otras malezas		Coyolillo		Otras malezas		Coyolillo		Otras malezas		Coyolillo		Otras malezas	
	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo	% cobertura	conteo
T0	14.6	4.6	0	0	42.2	40.8	33	28.4	53.4	76	33	13.6	39.65	83.4	49	23.4
T1	1.8	6.6	0	0	5	10	1	0.4	3	5	0	0	5	12.6	0	0
T2	1	5	0	0	23.6	25.4	17	14.4	31	16	5	1.4	23	24.2	12	1.8
T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0.6	1	0	0	4.2	3.8	0	0
T5	1.6	5.4	0	0	4	7.6	0	0	5.6	10.8	0	0	11	18.4	0.2	1
T7	1.8	6.2	0	0	6	7.8	0.2	0.6	6.6	8.4	4	0.8	8	12.2	2.4	0.8

El cuadro 3, muestra los datos promedio de malezas para cada tratamiento, obtenidos en cada una de las lecturas realizadas en el ensayo de investigación. Se evaluó el efecto de los herbicidas sobre el Coyolillo y Otras malezas, desde los cero días hasta los 60 días de aplicación.

Durante los muestreos realizados en la investigación para el día cero, es decir, previo a realizar la aplicación de los tratamientos, se observó cero presencia de malezas. Lo cual podría atribuirse a que el lote es de renovación o posiblemente el lote tiene baja presión de malezas por metro cuadrado y estado de pre emergencia total en malezas.

Durante el muestreo realizado a los 15 días de aplicación, el tratamiento con 0.12 L/ha de Indaziflam (T4) mostró los mejores resultados de control con cero presencia de malezas. Mientras que Pendimentalin a 2.84 L/ha (T2) mostró niveles de 1% de cobertura espacial y malezas/0.5m<sup>2</sup> de Coyolillo, 0% de cobertura espacial y cero otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>. El Testigo Absoluto (T0) con 14.6% de cobertura espacial y 4.6 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo fue el que más malezas mostró. Según lo anterior, se observó que en general, las dosis aplicadas de Indaziflam, mostraron menor presencia de malezas, que los que mostraron las dosis con Pendimentalin y el Testigo Absoluto. Sin embargo, se debe considerar que es una lectura que no representa mucho ya que regularmente, no se puede observar diferencias entre los controles de malezas tan rápidamente (cuadro 3).

En el muestreo de malezas a los 30 días, los tratamientos con Indaziflam mostraron buen control, siendo Indaziflam 0.12 L/ha (T4) el que mantuvo los niveles de Coyolillo y otras malezas en cero. De los testigo regionales Pendimentalin 2.84 L/ha (T7) mostró 6% de cobertura espacial y 7.8 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo, 0.2% de cobertura espacial y 0.6 otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>. Mientras que el Testigo Absoluto (T0) mostró 42.2% de cobertura

espacial y 40.8 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo, 33% de cobertura espacial y 28.4 otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>. En conclusión, a los 30 días los tratamientos con Indaziflam mostraron menor conteo de malezas, que los mostrados por Pendimetalin. Aquí se observó que Pendimetalin + Gesapax, perdió control comparado con los demás tratamientos, superando solamente al Testigo Absoluto (cuadro 3).

A los 45 días de aplicación, los tres tratamientos con Indaziflam mostraron los mejores resultados, siendo Indaziflam 0.12 L/ha (T4) el mejor con niveles de 0.6% de cobertura espacial y una maleza/0.5m<sup>2</sup> de Coyolillo, además cero presencia de otras malezas. Los dos testigos regionales estuvieron por debajo de Indaziflam, se observó que Pendimetalin 2.84 L/ha (T7) mostró 6.6 % de cobertura espacial y 8.4 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo, 4% de cobertura espacial y 0.8 otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>. Se concluyó que los tratamientos de Indaziflam y el tratamiento de Pendimetalin + Mezcla, mostraron resultados similares en general, mientras que Pendimetalin + Gesapax mostró niveles altos de malezas (cuadro 3).

En el muestreo a los 60 días de aplicación, se observó que los tres tratamientos con Indaziflam, mostraron los mejores resultados de efectividad sobre las malezas, siendo el T4 (0.12 L/ha) el mejor a nivel de conteo y porcentaje de cobertura con 4.2% de cobertura espacial y 3.8 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo, además cero presencia de otras malezas. Mientras que los testigos regionales están por debajo del control de los mencionados anteriormente, siendo el mejor Pendimetalin 2.84 L/ha (T7) que mostró 2.4% de cobertura espacial y 0.8 otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>, 8% cobertura espacial y 12.2 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo. El testigo absoluto (T0) siguió con su tendencia incremental, alcanzando 49% de cobertura y 23.4 de otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>, 39.65% de cobertura y 83.4 malezas/0.5 m<sup>2</sup> de Coyolillo. Por lo tanto, al cierre del ensayo se observó que los mejores tratamientos son las dosis de Indaziflam y 2.85 L/ha de Pendimetalin + mezcla a nivel de Otras malezas, con resultados similares. Mientras que en Coyolillo, los tratamientos con Pendimetalin mostraron los mejores resultados (cuadro 3).

Cuadro 4. Promedio general de malezas por tratamiento.

Tratamiento	Promedio			
	Otras malezas		Coyolillo	
	Conteo	% cobertura	Conteo	% cobertura
T4	0.00	0.00	0.96	0.96
T1	0.08	0.20	6.84	2.96
T5	0.20	0.04	8.44	4.44
T7	0.44	1.32	6.92	4.48
T2	0.92	3.76	11.72	14.88
T0	13.08	23.00	40.96	29.97

En el cuadro 4, se observan los promedios de malezas encontrados en conteo y porcentaje de cobertura de Otras malezas y Coyolillo, para cada uno de los tratamientos.

Según el cuadro 4, Indaziflam a una dosis de 0.12 L/ha (T4), tiene un promedio en conteo y porcentaje de cobertura de Otras malezas de 0.00. En Coyolillo también fue el mejor

tratamiento con medias para conteo y porcentaje de cobertura de 0.96 malezas respectivamente. Le siguen Indaziflam 0.1 y 0.15 L/ha (T1 y T5) con medias bajas principalmente para conteo y porcentaje de Otras malezas. El tratamiento que mejor resultado mostró de Pendimetalin fue la dosis de 2.84 L/ha + mezcla completa (T7), ya que se observó una media de 0.44 malezas/0.5 m<sup>2</sup> y 1.32% de cobertura/0.5 m<sup>2</sup>. Además este tratamiento presentó medias de 6.92 Coyolillos/0.5 m<sup>2</sup> y 4.48 % de cobertura en 0.5 m<sup>2</sup>. Por último, el Testigo Absoluto (T0) fue el que mostró las medias más altas de presencia de las cuatro variables, con 13.08 otras malezas/0.5 m<sup>2</sup> y 23% de cobertura de otras malezas/0.5 m<sup>2</sup>, además se observó en promedio 40.96 Coyolillos/0.5 m<sup>2</sup> y 29.97% de cobertura de Coyolillos/0.5 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se concluye que según los promedios de conteo y porcentaje de cobertura para Otras malezas y Coyolillo, se observaron diferencias entre estos, siendo los mejores las dosis de Indaziflam a 0.12, 0.1 y 0.15 L/ha. Sin embargo, en la variable conteo de Coyolillo la dosis de 2.84 L/ha Pendimetalin + mezcla, supero a la dosis de 0.15 L/ha de Indaziflam.

Cuadro 5. ANOVA de los datos recolectados de los muestreos.

Variable	Suma de cuadrados		gl		Cuadrado medio		Valor F	Pr > F
	Entre tratamientos	Error experimental	Entre tratamientos	Error experimental	Entre tratamientos	Error experimental		
Conteo O. malezas	3401.49	4125.68	5	144	680.30	28.65	23.74	<0.0001
% cob. O. malezas	10281.28	13774.96	5	144	2056.26	95.66	21.50	<0.0001
Conteo Coyolillo	25582.24	67628.32	5	144	5116.45	469.64	10.89	<0.0001
% Cob. Coyolillo	15359.83	32648.00	5	144	3071.97	226.72	13.55	<0.0001

El cuadro 5 muestra los resultados del ANOVA realizado a las variables en referencia a los datos obtenidos de los muestreos de los tratamientos. Se muestran las sumas de cuadrados (SC), los grados de libertad (gl), los cuadrados medios (CM) el valor del estadístico F, el valor de significancia (P) del estadístico F.

Según el ANOVA realizado (cuadro 5), se muestra que el error experimental de conteo de otras malezas con 4,125.7 es el menor, comparado con las demás variables, siendo la de que mayor error presenta Conteo de Coyolillo con 67,628.3. La variabilidad en los datos se atribuye a que el error experimental considera el efecto de la distribución de los tratamientos de forma aleatoria y a las repeticiones (Calzada, 1970). El valor del estadístico F de 23.7 para el conteo de malezas, muestra que hay diferencias significativas entre los tratamientos, ya que la probabilidad que el valor P sea mayor que el estadístico F, es <0.0001, lo cual interpretando ambos estadísticos, demuestra que existen diferencias significativas en las medias de las muestras de los tratamientos, por lo tanto se acepta la hipótesis que por lo menos dos de las medias de los tratamientos, son diferentes al resto. Cuando los valores del CM entre tratamientos y el error experimental, son más cercanos o parecidos, existen más posibilidades de aceptar la hipótesis de igualdad de medias, puesto que el estadístico F se acerca a uno, pero a medida que las varianzas entre los tratamientos es mayor, el estadístico F aumenta su valor (Levin y Rubin, 2004). Por lo tanto, el análisis de varianza ayuda a identificar la necesidad de hacer pruebas de separación de medias de los tratamientos, para conocer cuales tratamientos difieren unos de los otros. Según lo mencionado anteriormente, se concluye que es

necesario realizar este tipo de pruebas, para lo cual se realizó la prueba de Tukey y para validar esta misma, la prueba de Duncan.

Cuadro 6. Separación de medias por Tukey y Duncan para conteo otras malezas<sup>1</sup>.

Tratamiento	Tukey		Duncan	
	Media	Agrupamientos	Media	Agrupamientos
4	0.00	A	0.00	A
1	0.08	A	0.08	A
5	0.20	A	0.20	A
7	0.44	A	0.44	A
2	0.92	A	0.92	A
0	13.08	B	13.08	B

<sup>1</sup> Los promedios con diferente letra, muestran diferencias significativas entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

En el cuadro 6, se muestran los tratamientos evaluados para el conteo de otras malezas, así como la separación de medias que determino la prueba de significancia de Tukey y la prueba de significancia de Duncan, ambas pruebas diferencian los tratamientos en los mismos grupos en este análisis. En este cuadro, se refleja que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos de Indaziflam a dosis de 0.12, 0.1 y 0.15 L/ha (T4, T1 y T5) y los de Pendimetalin a dosis de 2.84 L/ha + mezcla y 2.84 L/ha + Gesapax (T7 y T2). Mientras que el Testigo Absoluto (T0) muestra diferencias estadísticas entre todos los tratamientos.

Cuadro 7. Separación de medias por Tukey y Duncan para Conteo Coyolillo<sup>1</sup>.

Tratamiento	Tukey		Duncan	
	Media	Agrupamientos	Media	Agrupamientos
4	0.96	A	0.96	A
1	6.84	A	6.84	A
7	6.92	A	6.92	A
5	8.44	A	8.44	A
2	11.72	A	11.72	A
0	40.96	B	40.96	B

<sup>1</sup> Los promedios con diferente letra, muestran diferencias significativas entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

El cuadro 7, detalla los resultados de la separación de medias para los tratamientos, obtenidos según las pruebas de Tukey y Duncan. En este análisis ambas pruebas diferencian los tratamientos en los mismos grupos. Es importante mencionar que, a excepción del testigo absoluto, todos los tratamientos de Indaziflam (0.12, 0.1 y 0.15 L/ha) y Pendimetalin (2.84 L/ha + mezcla y 2.84 L/ha + Gesapax) son estadísticamente idénticos en control de malezas.

Cuadro 8. Separación de medias por Tukey y Duncan para porcentaje de cobertura de otras malezas<sup>1</sup>.

Tratamiento	Tukey		Duncan	
	Media	Agrupamientos	Media	Agrupamientos
4	0.00	A	0.00	A
5	0.04	A	0.04	A
1	0.20	A	0.20	A
7	1.32	A	1.32	A
2	3.76	A	3.76	A
0	23.00	B	23.00	B

<sup>1</sup> Los promedios con diferente letra, muestran diferencias significativas entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

En el cuadro 8, se indican los tratamientos ordenados de menor a mayor, con referencia en su media de presencia de porcentaje de cobertura de otras malezas. Así como los resultados obtenidos de las pruebas de separación de medias Tukey y Duncan.

En el cuadro 8, para la variable cobertura de Otras malezas, a pesar de las diferencias en medias de malezas, tanto los tratamientos de Indaziflam a dosis de 0.12, 0.15 y 0.1 L/ha (T4, T5 y T1) y los de Pendimetalin a dosis de 2.84 L/ha + mezcla y 2.84 L/ha + Gesapax (T7 y T2) son estadísticamente similares en presencia de malezas. Solamente el Testigo Absoluto (T0) muestra diferencias estadísticas entre todos los tratamientos.

Cuadro 9. Separación de medias por Tukey y Duncan para porcentaje de cobertura de Coyolillo<sup>1</sup>.

Tratamiento	Tukey		Duncan	
	Media	Agrupamientos	Media	Agrupamientos
4	0.96	A	0.96	A
1	2.96	AB	2.96	A
5	4.44	AB	4.44	A
7	4.48	AB	4.48	A
2	14.88	B	14.88	B
0	29.97	C	29.97	C

<sup>1</sup> Los promedios con diferente letra, muestran diferencias significativas entre sí ( $P \leq 0.05$ ).

En el cuadro 9, para la variable cobertura de Coyolillo, se indican los tratamientos y su media de presencia de malezas, así como también el grupo al que según las pruebas de separación de medias Tukey y Duncan pertenecen por presencia de malezas.

Las Pruebas realizadas mostraron que el Tratamiento A es el mejor, con una media de 0.96% de cobertura de Coyolillo/0.5 m<sup>2</sup>, sin embargo en Tukey se diferencia una transición del Grupo A al grupo B para los tratamientos 0.1 L/ha y 0.15 L/ha de Indaziflam (T1 y T5), también para 2.84 L/ha de Pendimetalin + mezcla completa, con medias de 2.96, 2.44 y 4.48 % respectivamente. Mientras que Duncan los coloca dentro del Grupo A ya que no considera los tratamientos en transición al grupo B. Ambos

métodos coinciden en diferenciar la dosis de 2.84 L/ha de Pendimentalin + Gesapax en el Grupo B, con una media de 14.88% de cobertura de Coyolillo/0.5 m<sup>2</sup>. Quedando el Testigo Absoluto en un tercer grupo C, con una media de 29.97% de cobertura de Coyolillos/0.5 m<sup>2</sup>. Por lo tanto, para Tukey y Duncan los tratamientos de Indaziflam (T4, T1 y T5) y el tratamiento de Pendimentalin + mezcla, no muestran diferencias estadísticas. A pesar que Tukey diferencia los tratamientos uno, cinco y siete como en transición, estos son tomados como parte del grupo A. el Tratamiento 2 de Pendimentalin dosis de 2.84 L/ha + Gesapax, mostró diferencias estadísticas en comparación con los demás tratamientos. Por último también mostró diferencias estadísticas el Testigo Absoluto. Si asignáramos una puntuación a los tratamientos, los asignados con letra A son los mejores, los de letra B debajo de los mejores y los de letra C, los de peores resultados comparativamente con los demás (cuadro 9). Por lo tanto, las tres dosis de Alion 50 SC y la dosis de 2.84 L/ha + mezcla, mostraron niveles más bajos de cobertura de Coyolillo.

### 3.2 BENEFICIO ECONÓMICO DE LOS HERBICIDAS

Cuadro 10. Beneficio económico por tratamiento.

	Testigo Absoluto	Alion 50 SC			Pendimentalin	
		0.10 L/ha	0.12 L/ha	0.15 L/ha	2.84 L/ha	2.84 L/ha
Ingresos	\$ 1,149	\$ 1,692	\$ 1,724	\$ 1,683	\$ 1,584	\$ 1,667
Costos	\$ -	\$ 65	\$ 66	\$ 54	\$ 73	\$ 69
Beneficio Neto	\$ 1,149	\$ 1,628	\$ 1,658	\$ 1,629	\$ 1,511	\$ 1,598

En el cuadro 10 se muestran los tratamientos evaluados y la aplicación de presupuestos parciales. La nueva tecnología evaluada Indaziflam, incluye los tratamientos T1, T4 y T5 (0.1, 0.12 y 0.15 L/ha). Los cuales mostraron los mayores beneficios netos con \$1,628, \$1,658 y \$1,629 respectivamente. Comparados con los testigos regionales de Pendimentalin T2 y T7 (2.84 L/ha + Gesapax y 2.84 L/ha + mezcla completa), los cuales mostraron beneficios netos por hectárea menores que Alion 50 SC con \$1,511 y \$1,598 respectivamente. Es importante mencionar que el análisis de presupuestos parciales solamente considera los costos directos incurridos por la adopción de esta nueva tecnología, por medio del cual nos permite identificar la alternativa que nos genera mayores beneficios económicos netos.

El tratamiento que mostró los menores costos de aplicación (anexo 6) fue el T5 de Indaziflam con 0.15 L/ha siendo \$31 por hectárea. Mientras que los dos tratamientos que generan mayores costos son el T7 2.84 L/ha de Pendimentalin + mezcla completa con \$51 y el T4 0.12 L/ha de Indaziflam con \$48.5 por hectárea. Es necesario mencionar que el costo depende del tipo de mezcla complemento y los tipos de productos utilizados. Los costos de almacenaje (Anexo 7) fueron calculados para el producto en evaluación, los cuales mostraron para Indaziflam costos de \$0.38, \$0.45 y \$0.56 por hectárea y para Pendimentalin de \$0.57 por hectárea (cuadro 10).

Los costos de control manual pos evaluación (Anexo 8), mostraron que 2.84 L/ha de Pendimentalin (T2) genera costos de \$30 por hectárea siendo el más costoso. Mientras

que el de menor costo son 0.12 L/ha de Indaziflam (T4) y 2.84 L/ha Pendimetalin (T7) con \$17 por hectárea (anexo 7). Se debe mencionar que el costo depende de la cantidad de malezas y sin considerar Coyolillo (cuadro 10).

La matriz de presupuestos parciales (cuadro 10), muestra que las tres dosis de Alion 50 SC, generan los mejores beneficios económicos, siendo el mejor la dosis de 0.12 L/ha de Alion 50 SC (T4) con \$1,658/hectárea, seguido de 0.15 L/ha y 0.10 L/ha de Alion 50 Sc con \$1629 y \$1628 respectivamente. El mejor ubicado de Pendimetalin fue la dosis de 2.84 L/ha + mezcla con beneficios netos de \$1.598/hectárea. El Testigo Absoluto (T0) o en este caso también llamado el costo de Oportunidad de no realizar el control químico de malezas y dejar el cultivo a la deriva hasta cosecha, muestra un beneficio neto de \$1,149 por hectárea. Esto último debido a que los rendimientos pueden reducirse hasta en un 34% a los 60 días sin aplicación (Bosch 2009).

## 4. CONCLUSIONES

- Las dosis de Alion 50 SC (0.1, 0.12 y 0.15 L/ha) y las dosis de Pendimentalin (2.84 L/ha + Gesapax y 2.84 L/ha + Mezcla) son estadísticamente similares en efectividad en control de malezas.
- Los costos de adopción por hectárea de Alion 50 SC (Indaziflam) comparados con los que genera Pendimentalin, son menores. Además, los beneficios netos generados por las tres dosis de Alion 50 SC son mejores que los beneficios económicos de Pendimentalin.
- Alion 50 SC es más atractivo económicamente que Pendimentalin usado comercialmente. Controla la misma cantidad de malezas a un menor costo y menores dosis.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Desarrollar nuevos ensayos con el enfoque de este tipo, para demostrar que Alion 50 SC es igual de efectivo que los herbicidas comerciales. Incluyendo algún método válido para la estimación del efecto de las malezas sobre el rendimiento del cultivo.
- Plantear un estudio en el cual se incluyan variables que pueden influir en el efecto de los herbicidas sobre las malezas, como por ejemplo; características del suelo, condiciones climáticas, tipo de manejo agronómico, cantidad de agua de riego y las dosis de los herbicidas a aplicar.
- Evaluar Alion 50 Sc en distintas dosis, acorde con el uso de los Cañicultores.
- Evaluar Alion 50 SC en otras latitudes y otras plantaciones de Caña de azúcar.

## 6. LITERATURA CITADA

Bosch, Santiago. 2009. Control de Malezas en Caña con el uso de Pre Emergentes. En línea. México. Consultado 7 Sep. 2010. Formato pdf. Disponible en <http://www.cesavesin.gob.mx/memoria/mega2009/canaazucar/santiagoboschcontroldemalezas.pdf>.

Calzada, J. 1970. Métodos estadísticos para la Investigación. Tercera edición. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. 644 p.

Espinoza, G. y Morales, J. 2008. Catalogo de herbicidas zafra 2008-2009. CENGICAÑA. Guatemala. 18 P.

FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT). FAOSTAT. (En línea). Consultado 2 Jul. 2010. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>

Gómez, J. 1993 Control químico de malezas. Trillas. México. 250 p.

Miranda, O. 2002. Presupuestos Parciales para la Administración de Fincas. INTA. San Juan, Argentina. 2 p.

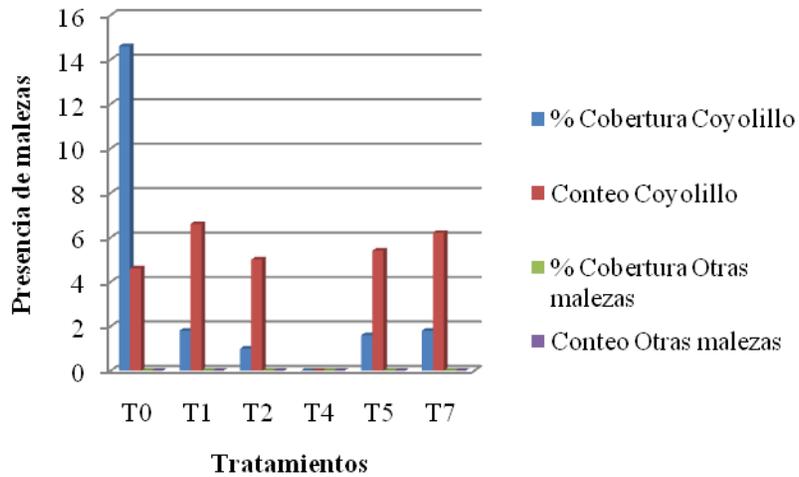
Pitty, A. 1997. Introducción a la Biología, Ecología y Manejo de las Malezas. Zamorano Academic Press, Honduras. 300 p.

Roth, S y Hyde, J. 2002. Partial Budgeting for Agricultural Businesses. The Pennsylvania State University. USA. 7 p.

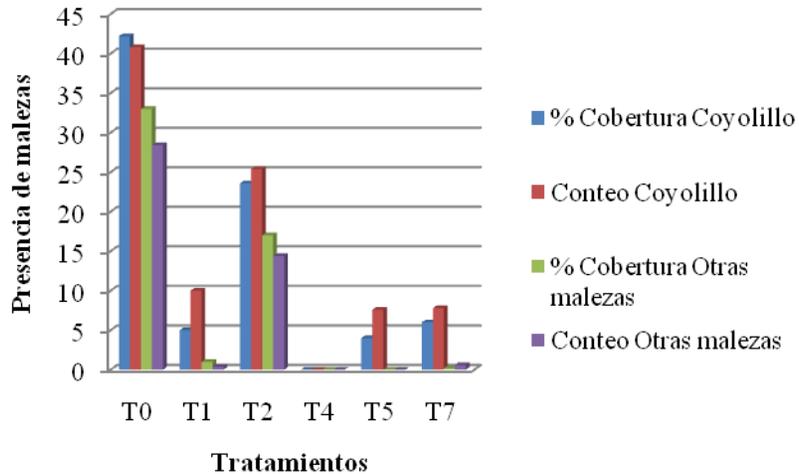
Subirós, F. 1995, El Cultivo de la caña de azúcar. EUNED. 1. ed. San José, Costa Rica. 448 p.

Snedecor, G. and Cochran, W. Statistical Methods. Seventh edition. The IOWA State University Press. U.S.A. 499 p.

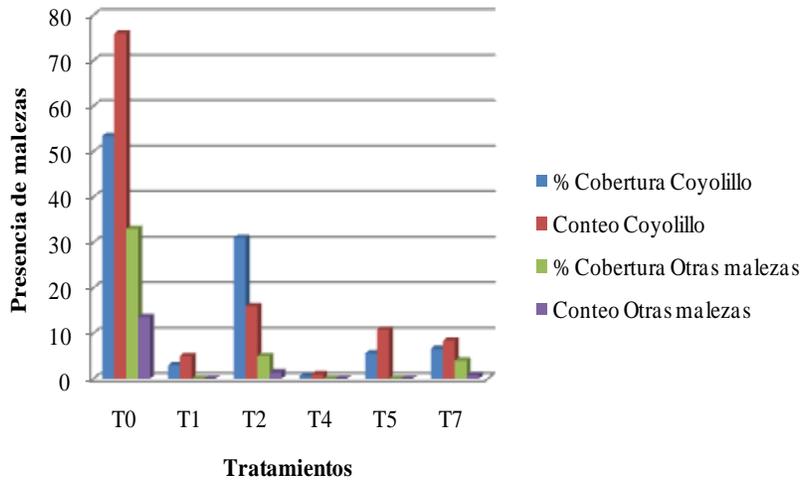
## 7. ANEXOS



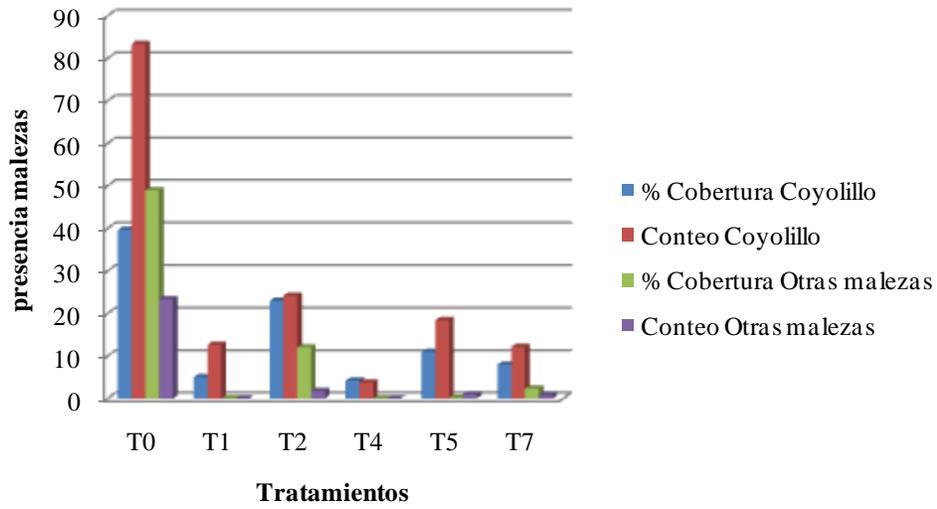
Anexo 1. Gráfico de presencia de malezas 15 días después de aplicación.



Anexo 2. Gráfico de presencia de malezas 30 días después de aplicación.



Anexo 3. Gráfico de presencia de malezas 45 días después de aplicación.



Anexo 4. Gráfico de presencia de malezas 60 días después de aplicación.

## Anexo 5. Rendimiento estimado de caña de azúcar en Ton/ha por tratamiento.

Producto	TRT	Dosis L/ha	Promedio de malezas	Rendimiento T/ha
Testigo Absoluto	T0	---	26.75	48.56
Indaziflam	T1	0.10	2.48	71.53
Indaziflam	T4	0.12	0.48	72.88
Indaziflam	T5	0.15	2.94	71.12
Pendimentalin + G	T2	2.84	7.82	66.95
Pendimentalin + M	T7	2.84	3.67	70.47

## Anexo 6. Costos de aplicación de los tratamientos.

Producto	TRT	Dosis (L/ha)	Precio/lt		Costo mezcla/ha		Costo Total/ha	
			L.	\$	L.	\$	L.	\$
Indaziflam	T1	0.10	3804.00	200.00	465.26	24.46	845.66	44.46
Indaziflam	T4	0.12	3804.00	200.00	465.26	24.46	921.74	48.46
Indaziflam	T5	0.15	3804.00	200.00	24.30	1.28	594.90	31.28
Pendimentalin	T2	2.84	157.59	8.29	367.46	19.32	815.01	42.85
Pendimentalin	T7	2.84	157.59	8.29	529.57	27.84	977.13	51.37

## Anexo 7. Costos de almacenamiento de los productos.

Producto	TRT	Presentación		Dosis (L/ha)	ha/bote	ha totales	Cantidad anual		Área Total (m <sup>2</sup> )	Costo Total	
		área (m <sup>2</sup> )	volumen (L)				Botes	Tonel		L.	\$
Indaziflam	T1	0.002	0.1	0.10	1.00	4930.00	4930.00		11.713	7.128	0.38
Indaziflam	T4	0.002	0.1	0.12	0.83	4930.00	5916.00		14.055	8.553	0.45
Indaziflam	T5	0.002	0.1	0.15	0.67	4930.00	7395.00	5916.00	17.569	10.69	0.56
Pendimentalin	T2	0.264	208	2.84	73.24	4930.00		67.31	17.785	10.82	0.57
Pendimentalin	T7	0.264	208	2.84	73.24	4930.00		67.31	17.785	10.82	0.57

## Anexo 8. Costos de control manual.

Producto	TRT	Área (m <sup>2</sup> )	Tiempo (min)	Horas trabajo	Rendimiento/día		Costo por hectárea <sup>o</sup>	
					m <sup>2</sup>	ha	L.	\$
Indaziflam 0.10 L/ha	T1	60.00	8.00	8.00	3600.00	0.36	375.00	19.70
Indaziflam 0.12 L/ha	T4	60.00	7.00	8.00	4114.30	0.41	328.10	17.30
Indaziflam 0.15 L/ha	T5	60.00	9.00	8.00	3200.00	0.32	421.90	22.20
Pendimentalin 2.84 L/ha	T2	60.00	12.00	8.00	2400.00	0.24	562.50	29.60
Pendimentalin 2.84 L/ha	T7	60.00	7.00	8.00	4114.30	0.41	328.10	17.30

<sup>o</sup> Los costos por hectárea fueron calculados según el salario mínimo pagado en el Ingenio Tres Valles, de L.135/día.