

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS SUR**  
Facultad de Ingeniería



**EVALUACIÓN DE 5 CEPAS DE *Trichoderma spp.* Y LA INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO PARA ACELERAR EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS QUE SE OBTIENEN DE LA COSECHA MECANIZADA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*)**

Trabajo de graduación presentado por:  
Gabriela Lourdes Son Puy  
para optar el cargo académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología  
Agrícola y Pecuaria

Guatemala  
2016



**“EVALUACIÓN DE 5 CEPAS DE *Trichoderma spp.* Y LA INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO PARA ACELERAR EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS QUE SE OBTIENEN DE LA COSECHA MECANIZADA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*) “**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA CAMPUS SUR**  
Facultad de Ingeniería



**EVALUACIÓN DE 5 CEPAS DE *Trichoderma spp.* Y LA INCORPORACIÓN DE NITRÓGENO PARA ACELERAR EL PROCESO DE DEGRADACIÓN DE LOS RESIDUOS QUE SE OBTIENEN DE LA COSECHA MECANIZADA DEL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum L.*)**


Trabajo de graduación presentado por:  
Gabriela Lourdes Son Puy  
para optar el cargo académico de Licenciada en Ingeniería en Tecnología  
Agrícola y Pecuaria

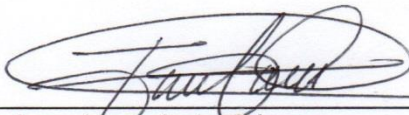
Guatemala


Vo.Bo.:

(f)   
Ingeniera Tracy Pamella Vela Andrade

Tribunal Examinador:

(f)   
Ingeniera Tracy Pamella Vela Andrade

(f)   
Ing. Jorge Luis Gómez

(f)   
Ing. Luis Valerio Macz

Fecha de aprobación: Guatemala, 27 de Enero 2016.

## **PREFACIO**

### **DEDICO ESTE TRABAJO A:**

- DIOS:** Por permitirme llegar a esta etapa de mi vida con salud, por guiarme en todos los momentos de dificultad y de alegría y por brindarme toda la sabiduría para tomar las decisiones correctas.
- MIS QUERIDOS PADRES:** Edgar Salvador Son García y Graciela Puy de Son por acompañarme en todo momento, por darme todas las oportunidades de vida y de triunfar, por la confianza, el amor, comprensión y el gran ejemplo de salir adelante luchando por lo que queremos lograr en esta vida, son la base y a ustedes dedico este gran triunfo
- MIS ABUELOS:** Juana Paula Ajzalan  
Juan Paz  
Margarita García (QEPD)  
Justiniano Son (QEPD)
- A MIS PRIMOS:** Karina Son y David Son, por su cariño, por acompañarme en muchos momentos de alegría y por alentarme a seguir adelante.
- A MI SEGUNDA FAMILIA:** Familia López Aguilar: Anali, Brayan, Vivian, Doña Fide, Doña Araceli, Don Rafael. Gracias por todo su apoyo, su cariño, su amistad y su confianza ante todo.
- A MI HERMANA:** Por 10 años de amistad Saraí Sosa, por todo tu cariño, comprensión, apoyo incondicional, gracias por acompañarme en cada momento, en cada decisión a lo largo de mi carrera universitaria. Te quiero.
- A MI TÍO Y PRIMA:** Juan José Paz y Sofía Paz por todo su cariño y apoyo incondicional durante distintas etapas de mi vida los amo.

- A MI FAMILIA:** Familia Larios García, Familia Son, Familia Paz Barrios, Ana Chámale, Eunice Padilla, por todo el cariño y apoyo que me han brindado.
- A MIS GRANDES AMIGOS:** Miguel Padilla, Ana Gonzales, Daniel Martínez, Antonio Molina, Javier Monterroso, por cada momento vivido a su lado, por todo el apoyo, entendimiento, gracias por haber formado parte de toda mi carrera universitaria y de mi vida, los amo, ustedes son mi familia del alma pero ante todo muchas gracias por enseñarme a vivir la vida de una forma totalmente distinta.
- A EJEMPLOS A SEGUIR:** Alejandra Francisca Bonilla Barreda y Carlos R. Paredes, por todos sus consejos, apoyo, por enseñarme a comprender mejor la vida y al aprovechamiento de las oportunidades que se me presentaron a lo largo de mi carrera universitaria.
- A COMPAÑEROS:** A mis compañeros del lugar donde realice mi investigación: Carlos Barneond, Tracy Vela, Edin Valenzuela, Julio Fernández, Lester Torres y Nitza Padilla, por su maravillosa amistad, por transmitirme sus conocimientos, por apoyarme, por permitirme entrar en cada una de sus vidas, por su confianza y por hacer de mi estancia en dicho lugar la mejor experiencia.
- A ENACTUS UVG SUR:** Por enseñarme a ver la vida de una perspectiva distintas, por darme la oportunidad de conocer a grandes amigos, por permitir que me desenvolvimiento profesional fuera mucho mejor y por dejarme las mejores experiencias de vida. Gracias a la generación 2011-2013 por todo lo vivido.

## AGRADECIMIENTOS

Ing. Agr. Tracy Pamella Vela, por aceptar asesorarme en dicha investigación y su acompañamiento en cada fase de esta.

Ing. Agr. Estuardo López y a gerencia de investigación Agrícola por permitirme realizar dicha investigación en *Ingenio Magdalena S.A.*

Ing. Lester Torres, por sus valiosos consejos para la elaboración de esta investigación y su apoyo incondicional.

Inga. Alejandra Bonilla, por sus consejos y apoyo incondicional.

Equipo de Laboratorio CENGICAÑA: Por ayudarme a procesar las muestras de dicha investigación.

Al equipo de trabajo de *Ingenio Magdalena S.A.* que de distintas formas me ayudaron para llevar a cabo cada fase de la investigación: Edin Valenzuela, Tracy Vela, Carlos Barneond y Adán Reyes.

A los colaboradores que me ayudaron a realizar distintas actividades de manejo de dicha investigación: Selvin, Esdras, Alex, Pablo, Abel y Esvin.

## TABLA DE CONTENIDO

PREFACIO.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vii
TABLA DE CONTENIDO .....	viii
LISTA DE TABLAS.....	x
LISTA DE CUADROS.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE GRÁFICAS.....	xiii
RESUMEN .....	xv
I.    INTRODUCCIÓN .....	1
II.   OBJETIVOS .....	2
III.  JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.  MARCO TEÓRICO.....	4
A.  Aspectos generales de la caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum L.</i> ).....	4
B.  Degradación de residuos.....	5
C.  Aspectos generales de <i>Trichoderma spp.</i> .....	7
D.  Dosis de <i>Trichoderma spp.</i> : .....	8
E.  Residuos de caña de azúcar .....	8
(Delgado, s.f.) .....	9
F.  Relación Carbono / Nitrógeno (C/N).....	9
G.  Composición adecuada para residuos.....	10
H.  Historia institucional .....	10
V.   ANTECEDENTES .....	12
A.  Mineralización de la paja de caña de azúcar en suelo adicionado con vinaza (Subproducto de la industria del alcohol de caña de azúcar) y fertilizante nitrogenado .....	12
VI.  MARCO METODOLÓGICO .....	13
A.  Hipótesis.....	13
B.  Tratamientos .....	13
C.  Modelo del diseño experimental .....	14
D.  Disposición espacial del ensayo .....	14

E.	Manejo de la investigación.....	15
F.	Variables de respuesta .....	21
1.	Peso de los residuos.....	21
2.	Estado físico.....	21
3.	Temperatura.....	22
4.	Porcentaje (%) de nitrógeno y carbono. ....	23
G.	Delimitaciones.....	23
H.	Plan de trabajo .....	24
I.	Análisis estadístico .....	24
VII.	RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	25
A.	Temperatura.....	25
1.	Modelo matemático.....	25
2.	Temperatura.....	25
B.	Estado físico de los residuos .....	33
C.	Peso de los residuos .....	35
D.	Porcentaje (%) de Carbono y Nitrógeno .....	40
VIII.	CONCLUSIONES .....	42
IX.	RECOMEDACIONES .....	43
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	44
XI.	ANEXOS .....	46

## LISTA DE TABLAS

1. Tabla 1: Estado de material vegetal en descomposición .....	6
2. Tabla 2: Características de los residuos de caña de azúcar .....	9
3. Tabla 3. Composición adecuada para residuos .....	10
4. Tabla 4: Tratamientos y su respectiva repetición.....	13
5. Tabla 5: Calendario de actividades.....	24

## LISTA DE CUADROS

1. Cuadro 1: Análisis de varianza y la prueba TUKEY para el peso antes de la aplicación -----	35
2. Cuadro 2: Análisis de varianza de peso final ( 5 meses después de la aplicación en sus distintas fases de la degradación de los residuos-----	36
3. Cuadro 3:Prueba de TUKEY para la variable cepa para degradar residuos de caña de azúcar -----	37
4. Cuadro 4: Prueba de TUKEY para la variable factor (con nitrógeno o sin nitrógeno según el peso de los residuos-----	38
5. Cuadro 5: Análisis de TUKEY evaluando la variable Cepa*factor para el peso de los residuos -----	39

## LISTA DE FIGURAS

1. Figura 1: Marcos de madera	15
2. Figura 2: Medición de área	16
3. Figura 3: Recolección de residuos	16
4. Figura 4. Traslado	17
5. Figura 5: Marcos con residuos	17
6. Figura 6: Dosis de hongo	18
7. Figura 7: Lavado de arroz	18
8. Figura 8: Aplicación de las respectivas dosis	19
9. Figura 9: Disolución de nitrógeno (urea)	19
10. Figura 10: Aplicación de nitrógeno	20
11. Figura 11: Residuos luego del volteo	20
12. Figura 12: Pesaje de residuos en campo	21
13. Figura 13: Muestreo del estado físico	22
14. Figura 14: Características del estado ligeramente Descompuestos (masas blancas de residuos)	22
15. Termómetro digital láser	23

## LISTA DE GRÁFICAS

1. Gráfica 1. Promedio de temperatura del tratamiento 1 (Cepa Mag-Con nitrógeno) y la dispersión de datos en un periodo de 150 días.....25
2. Gráfica 2. Promedio de temperatura del tratamiento 2(Cepa CG 14-02 con nitrógeno) y la dispersión de datos en un periodo de 150 días.....26
3. Gráfica 3. Promedio de temperatura del tratamiento 3 (Cepa CG 14-01 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....26
4. Gráfica 4. Promedio de temperatura del tratamiento 4 (Cepa CG 14-10 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....27
5. Gráfica 5. Promedio de temperatura del tratamiento 5 ( Cepa CG 14-16 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....27
6. Gráfica 6. Promedio de temperatura del tratamiento 6 (Nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....28
7. Gráfica 7. Promedio de temperatura del tratamiento 7 (Cepa MAG sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....28
8. Gráfica 8. Promedio de temperatura del tratamiento 8 (Cepa CG 14-01 Sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....29
9. Gráfica 9. Promedio de temperatura del tratamiento 9 (Cepa CG 14-02 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....29
10. Gráfica 10. Promedio de temperatura del tratamiento 10 (Cepa CG 14-10 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....30
11. Gráfica 11. Promedio de temperatura del tratamiento 11 (Cepa CG 14-16 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....30
12. Gráfica 12. Promedio de temperatura del tratamiento 12 (Testigo absoluto) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.....31

13. Gráfica 13. Promedio de temperatura a 150,121,117 y 0 días luego de la aplicación de cada tratamiento.....	32
14. Gráfica 14. Estado inicial de los residuos por tratamiento.....	33
15. Gráfica 15. Estado final de los residuos por tratamiento.....	34
16. Gráfica 16. Peso de los residuos en el estado inicial del proceso de la degradación de residuos.....	36
17. Gráfica 17. Medias de peso para la variable cepa para degradar residuos caña.....	37
18. Gráfica 18. Medias de peso de los residuos de caña de azúcar para la Variable factos (con nitrógeno y sin nitrógeno).....	38
19. Gráfica 19. Medias de peso evaluando la interacción cepa*factor.....	39
20. Gráfica 20. Porcentaje (%) de nitrógeno en los residuos antes de la aplicación y 5 meses después.....	40
21. Gráfica 21. Porcentaje (%) de carbono en los residuos antes de la aplicación y 5 meses después.....	41

## RESUMEN

Hace algunos años el *Ingenio Magdalena S.A* ha incorporado a su sistema de corte de caña el proceso del corte de caña de azúcar de una manera mecanizada la cual consiste en hacer uso de maquinaria especializada para cortar los tallos de la caña de azúcar no incluyendo la hoja, pues esta hoja son los que conforman los residuos de caña de azúcar, pero esto ha traído grandes beneficios a la reducción de contaminantes del medio ambiente con la quema de caña, también consigo se han adquirido ciertas desventajas las cuales consisten el evitar que los nutrientes proporcionados a este cultivo no lleguen en su totalidad debido a que estos residuos no son removidos de los campos y también elevar las enfermedades fúngicas por las altas concentraciones de humedad.

Por otro lado el ingenio al ser una empresa altamente productiva, se ha enfocado en la reproducción de distintos microorganismos benéficos para la agricultura en el cultivo de caña de azúcar, tal es el caso del hongo *Trichoderma spp.* Que según investigaciones anteriores tiene propiedades degradatorias de material vegetal.

Queriendo fusionar ambas tecnologías, se realizó la presente investigación con el fin de evaluar la degradación de residuos de caña de azúcar que se quedan en los campos de cosecha aplicando distintas cepas de hongo e incorporando una dosis de nitrógeno a estos para determinar si el hongo degrada material vegetal de caña de azúcar y si la incorporación o no incorporación de nitrógeno tendría un efecto positivo en el proceso.

## I. INTRODUCCIÓN

La agricultura avanza tecnológicamente, cuando hablamos de microorganismos benéficos entendemos que ellos mejorarán algunos procesos en la agricultura moderna, siendo el fin de esta investigación mejorar procesos productivos, esperamos utilizar dichos microorganismos luego de evaluarlos mediante el método científico. De una forma sostenible en *Ingenio Magdalena S.A.* se implementó un método adecuado para establecer una relación ambiental entre la agricultura y la tecnología de los microorganismos disponibles en suelos fértiles.

La finalidad de esto es evaluar cinco distintas cepas que poseen el potencial de desarrollarse bajo las condiciones de campo con que se cuenta en el área y que se tengan referencias de su capacidad de descomposición de M.O. al incorporar nitrógeno aumentando la eficiencia del proceso. Para obtener una comparación de datos también se pretende evaluar cuál es el resultado si solo se aplica el hongo ya antes mencionado.

Como parte de la investigación se establecen las siguientes variables de respuesta: Temperatura (°C), Porcentaje de nitrógeno (%), de carbono, peso de los residuos inicial y final (gr) y la caracterización física de los niveles de la degradación de residuos vegetales (tabla de referencia).

De esta manera se pretende aceptar o rechazar la hipótesis planteada más adelante que pretende establecer de cuál de los tratamientos se obtienen mejores resultados con respecto a las variables que se medirán.

## II. OBJETIVOS

### A. OBJETIVO GENERAL

Evaluar qué tratamiento proporcionará mejores resultados en el efecto de la degradación de residuos de caña de azúcar cuando es cosecha mecanizada en verde en fincas del *Ingenio Magdalena S.A.*

### B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Comparar los tratamientos a través de indicadores, como: peso inicial y peso final, para comprobar si el peso fue reducido en la aplicación de distintas cepas de *Trichoderma* y de la incorporación de nitrógeno.
2. Determinar el tiempo en que la temperatura se mantiene estable para la adecuada degradación de los residuos.
3. Evaluar los aspectos físicos de los residuos de cada tratamiento para analizar a que punto de la degradación se llegó a los cinco meses, (ver Tabla 1).

### III. JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia del cultivo de caña de azúcar la evolución agrícola se da constantemente y por esto se ha incorporado la labor de cosecha mecanizada en verde.

La investigación que se plantea surge a partir de que el *Ingenio Magdalena S.A.* se enfoca en la reproducción de organismos benéficos (*Trichoderma spp.*) y se quiere comprobar lo que la literatura indica: El hongo *Trichoderma spp.* degrada residuos de material vegetal. Al evaluar cepas del laboratorio de microorganismos que produce el *Ingenio Magdalena S.A.* se generará un mecanismo de aceleración del proceso de la degradación de los residuos de caña de una manera biológica aplicando el hongo.

Al realizar esta investigación se tendrá información específica sobre la degradación de residuos de una forma biológica debido a que existe un bajo porcentaje (%) de investigaciones que se enfoquen con este tema.

Ambientalmente esta es una evaluación de respaldo para la reducción de la quema de caña de azúcar la cual no solamente ocasiona contaminación ambiental si no también un daño a la fertilidad del suelo para futuras plantaciones de caña de azúcar debido a la quema de esta.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Aspectos generales de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)

-Clasificación científica

Reino: Plantae  
División: Magnoliophyta  
Clase: Liliopsida  
Subclase: Commelinidae  
Orden: Poales  
Familia: Poaceae  
Subfamilia: Panicoideae  
Tribu: Andropogoneae  
Género: Saccharum  
Especie: S. officinarum L.

Son plantas cespitosas con tallos de hasta 5 ó 6 m x 2-5 cm, con numerosos entrenudos alargados vegetativamente, dulces, jugosos, duras y desnudo abajo. Vainas glabras o pelosas; lígula de 2-4 mm; láminas 1-2 m x 2-6 cm, glabras o la costilla media pelosa. Panícula 25-50 cm; pedúnculo glabro o densamente puberulento; eje glabro o peloso; entrenudos del raquis de 5 mm, glabros. Espiguillas 3-4 mm, agudas, con tricomas de hasta 7 mm; gluma inferior glabra; lema inferior ciliada in el 1/ 2 superior; lema superior y arista generalmente ausentes; anteras 3, 1.5-2 mm.

El jugo de su tallo es la principal fuente de azúcar. Después de cosechar la caña, pasa bajo unas cuchillas desmenuzadoras, para luego pasar al trapiche. Este jugo es depurando por una serie de filtros; a continuación, se somete a un tratamiento clarificante y de ahí se coloca en depósitos de cocción al vacío, donde se concentra el jugo; por último, se cristaliza el azúcar del jugo. Una vez cristalizado el azúcar, se extrae el agua restante quedando así el azúcar blanco común que se conoce habitualmente.

En las zonas donde se cosecha, también se masca la caña fresca, por su jugo; pero también el jugo dulce se vende en vasos o conos de papel poco después de haber sido extraído empleando una máquina con ese fin. En algunos países como Cuba, Colombia y República Dominicana este jugo se conoce como Guarapo.

Diferentes microorganismos asociados a sus raíces y algunos que crecen dentro de los tejidos de la planta (endófitos), como en el tallo y las hojas, pueden fijar el nitrógeno atmosférico, lo que permite su cultivo en muchas zonas sin aporte de abonos nitrogenados. (Anon., 2013)

## B. Degradación de residuos

El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener "compost", abono excelente para la agricultura. El compost o mantillo se puede definir como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica, bajo condiciones controladas y en ausencia de suelo. El compost es un nutriente para el suelo que mejora la estructura y ayuda a reducir la erosión y ayuda a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas.

-Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad, y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.

-Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K, y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.

-Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.

-La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

Como se ha comentado, el proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno, ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada. Los factores más importantes son:

-Temperatura: Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-60 °C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados.

-Humedad: En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua

ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica.

Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas.

Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

-Oxígeno: El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo y de la presencia o ausencia de aireación forzada. (AgriNova, 2015)

**Tabla 1. Estado de material vegetal en descomposición**

No	Estado	Descripción
1	Semi – Fresco	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fragmentos grandes color verde amarillento.</li> <li>✓ Humedad a 40%.</li> <li>✓ Estado semiseco.</li> <li>✓ Olor a yerba.</li> <li>✓ Aspecto tosco.</li> </ul>
2	Ligeramente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos quebradizos con facilidad</li> <li>✓ Color café oscuro.</li> <li>✓ Humedad a 40%.</li> <li>✓ Olor a fermentación fuerte.</li> <li>✓ Presencia de hongos actinomicetos.</li> <li>✓ Masas blancas o verdes.</li> </ul>
3	Medianamente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Color oscuro.</li> <li>✓ Color oscuro negruzco.</li> <li>✓ Olor a fermentación.</li> <li>✓ Olor agridulce.</li> <li>✓ Se identifican algunas fibras.</li> </ul>
4	Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos desmenuzados de color intenso.</li> <li>✓ No se observan fibras y si se encuentran se desasen al tacto.</li> </ul>
5	Totalmente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No se observa ninguna fibra.</li> <li>✓ Su aspecto es fino similar al humus.</li> <li>✓ Tienden a confundirse con frac de suelo al exponerse a luz directa.</li> </ul>

(Garcia, 2009)

### C. Aspectos generales de *Trichoderma spp.*

Este hongo fue descrito por primera vez hace 200 años por los micólogos como un gasteromicetes y solo un siglo después se realizó el análisis de su estructura y características para ser clasificado como género entre los hongos filamentosos, con propiedades y actividades biológicas cada vez más usadas en la agricultura actual. Su habilidad como antagonista solo fue descubierta hace 50 años y gran cantidad de artículos técnicos se han escrito describiendo sus bondades en el manejo biológico de los cultivos agrícolas.

El género *Trichoderma* está en el ambiente y especialmente en el suelo. Se ha utilizado en aplicaciones comerciales para la producción de enzimas y para la regulación de los Fito patógenos que enferman las plantas. Se encuentra en suelos abundantes en materia orgánica y por su relación con ella está clasificado en el grupo de hongos hipogeos, lignícolas y depredadores. Es aeróbico y pueden estar en los suelos con pH neutro hasta ácido.

La clasificación taxonómica actual lo ubica dentro del Reino de las plantas,

- División: Mycota,
- Sub división: Eumycota,
- Clase: Deuteromicetes,
- Orden: Moniliales,
- Familia: Moniliaceae,

Género: *Trichoderma* con 27 especies conocidas como: *T. harzianum* Rifai, *T. viride* Pers., *T. polysporum* Link fr, *T. reesei* EG Simmons, *T. virens* , *T. longibrachatum* Rifai, *T. parceromosum* , *T. pseudokoningii* , *T. hamatum* , *T. lignorum* y *T. citroviride* .Su fase perfecta (estado Telomorfo) lo ubica en la Clase Ascomycetes, Serie Pyrenomycetes, Orden Hipocreales, Género *Hypocrea*. Tiene como sinónimos el género *Tolypocladium*.

Morfológicamente, es un hongo que posee estructuras del tipo de conidias hialinas uniceluladas, ovoide en conidioforo hialino largo no verticilado, nace en centros pequeños. Tiene la capacidad de producir clamidosporas en sustratos naturales, estructuras de vital importancia para la sobrevivencia del género en el suelo bajo condiciones adversas. Es saprofito del suelo y de la madera y el crecimiento en el suelo es muy rápido.

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* se caracterizan por ser hongos saprófitos, que sobreviven en suelos con diferentes cantidades de materia orgánica, los cuales son capaces de descomponerla y en determinadas condiciones pueden ser anaerobios facultativos, lo que les permite mostrar una mayor plasticidad ecológica.

El modo de acción de *Trichoderma* está asociado a la descomposición de la materia orgánica que hay en el suelo y por el antagonismo con microorganismos patógenos a las plantas usando procesos de amensalismo, depredación, parasitismo y competición, y por su Hiperparasitismo.

*Trichoderma* participa en la biotransformación de celulosa (polímeros de glucosa de alto peso molecular), en la transformación de hemicelulosa (polisacarido que por hidrólisis libera hexosa y pentosa), en la mineralización del Nitrógeno (reacciones hidrolíticas) y de algunas proteínas presentes, en la degradación y en la descomposición de la lignina y el humus que al tener estructuras basadas en núcleos aromáticos son degradados por oxidación de cadenas laterales. (Arenas, 2015)

#### **D. Dosis de *Trichoderma spp.* :**

En el *Ingenio Magdalena S.A* en el área de Biotecnología Magdalena, finca San Patricio se encuentra ubicado el laboratorio de microorganismos benéficos en donde se reproducen distintas cepas de *Trichoderma spp.* y la dosis que está trabajando dicha empresa es de  $3e^{12}$  conidios por hectárea. La cual también será usada en esta investigación. (Lopez, 2015)

#### **E. Residuos de caña de azúcar**

La cosecha de la caña origina residuos sólidos, estimándose que estos residuos– las hojas verdes, las hojas secas y el cogollo representan el 25% del peso de la caña limpia; su cosecha indica una separación del 50% que se quedan en el campo, un 25% se separa en los centros de limpieza en seco y aproximadamente el 25% restante se procesa junto con la caña denominándose como materias extrañas y representando la mayor parte de ellas. Una fábrica que procese 1000 toneladas de caña por día puede disponer de 76 toneladas de RAC como combustible adicional, pues otras 76 toneladas se procesan junto con la caña como materias extrañas y las 152 restantes se quedan en el campo. (Delgado, s.f.)

**Tabla 2. Características de los residuos de caña de azúcar.**

Parámetros	Cogollo %	Hojas Verdes%	Hojas secas %	Promedio%
Carbono	42.11	43.41	41.76	42.20
Hidrógeno	6.25	6.38	6.26	6.29
Humedad	76.79	66.21	8.85	46.11

(Delgado, s.f.)

### **F. Relación Carbono / Nitrógeno (C/N)**

Esta relación es muy importante para comprender y cuantificar la dinámica que mantiene un material orgánico en su proceso de descomposición en el suelo. Consiste en la relación cuantitativa que se establece entre el peso del carbono orgánico y el peso del nitrógeno total determinado en un suelo, o también en un material orgánico.

La relación se obtiene a partir de la división del porcentaje de carbono orgánico (C) respecto al porcentaje de nitrógeno total (N) existentes en la muestra. Esta relación es muy variable pues depende entre otros factores de las especies valorada y la edad de las mismas; normalmente entre más viejo un material (gramínea por ejemplo) menor es el contenido de proteínas y minerales y mayor el de lignina, lo que eleva la relación C / N a valores > 30:1.

Tal como ya se indicó, la velocidad con que ocurre el proceso de la Mineralización depende de factores tales como el tipo de materia orgánica (residuos de caña de azúcar) y las condiciones ambientales involucradas, que condicionan a su vez la actividad de los organismos descomponedores.

En el caso supuesto de que un material por descomponer posea una baja concentración de N en relación a la de C (alta relación C/N), entonces los microorganismos que intervienen utilizarán el N presente ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) en el suelo para promover la descomposición del referido material; se dice en este caso que hubo inmovilización del N en la masa microbiana. En el caso alternativo de que el material vegetal posea un elevado contenido de N respecto al C (baja relación C/N), la descomposición del material será rápida y equivalente al N presente, liberando y poniendo disponible al suelo una buena cantidad de N. En términos generales puede asegurarse que al adicionar al suelo material orgánico (residuos de caña de azúcar) con una relación C/N > 30:1 ocurrirá Inmovilización del N del suelo en la fase inicial de la descomposición. Si la relación está entre 20 y 30:1 no habrá inmovilización o liberación de N; en caso de que la relación fuera inferior a 20:1 entonces existirá liberación de N al medio en el inicio del proceso. (MALAVOLTA, 1976; BERTSCH, 1995; OLIVEIRA *et al*, 1987).

## G. Composición adecuada para residuos

**Tabla 3. Composición adecuada para residuos**

Humedad	30 a 60%
PH	6.8 a 7.2
Nitrógeno	1 a 2.6 %
Fósforo	2 a 8 %
Potasio	1 a 2.5%
Calcio	2 a 8%
Magnesio	1 a 2.5%
M.O	30 a 70%
Ácido fúlvico	2.8 a 5.8%
Ácido húmico	1.5 a 3%
Sodio	0.02%
Cobre	0.05%
Hierro	0.02%
Manganeso	0.006%
Relación C/N	10 a 11%

(Rodríguez, s.f.)

## H. Historia institucional

La presente investigación se llevó a cabo en el *Ingenio Magdalena S.A*, en el área de Investigación agrícola, sub área Microorganismos benéficos.

### *Ingenio Magdalena S.A*

1983-1984. En este periodo de tiempo se estableció el ingenio en el municipio de La Democracia Escuintla, finca Buganvilla (localización actual). Anteriormente el ingenio se encontraba ubicado en El Rodeo, Escuintla, dedicaba su operación a producción de mieles como materia, para fabricación de licor.

1990-1991. Durante esta zafra se alcanza una producción de 53,792 TM de azúcar con una plantación de 5,550 hectáreas. En los años siguientes se innovan los sistemas de corte, alojamiento de cortadores, sistema de transporte se completa la instalación de los molinos 5 y 6 de Guanica y se adicionara terceras mazas.

Misión: Desarrollamos con innovación y eficiencia productos alimenticios, agrícolas y energéticos para mejorar la calidad de vida de las personas.

Visión: Al 2015 desarrollaremos y atenderemos con presencia directa en al menos cinco mercados seleccionados en sus distintas líneas de negocio, con productos y servicios diferenciados con un negocio energético equivalente al 50% del resultado Magdalena. (Magdalena, 2002) .

## V. ANTECEDENTES

### A. MINERALIZACIÓN DE LA PAJA DE CAÑA DE AZÚCAR EN SUELO ADICIONADO CON VINAZA (SUBPRODUCTO DE LA INDUSTRIA DEL ALCOHOL DE CAÑA DE AZÚCAR) Y FERTILIZANTE NITROGENADO

Brasil posee una área cultivada con caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) mayor de 5,4 millones de hectáreas (IBGE, 2004). Últimamente, la cosecha de la caña se realiza sin quema (Mendonza *et al.*, 2000), permaneciendo una cobertura vegetal en el suelo, la pajada. En el Estado de São Paulo, Brasil, la cantidad de pajada después del corte de la caña varió de 13 a 29 t ha<sup>-1</sup> de materia seca (Oliveira *et al.*, 1999). La descomposición de la paja depende de la acción de los microorganismos, que son los principales responsables de la mineralización y reciclaje de los nutrientes en el suelo (Powlson *et al.*, 1987).

Debido a la gran cantidad de lignocelulosa (aproximadamente el 60% de la materia seca), es importante conocer el proceso de degradación de la paja, porque las reacciones implicadas proporcionan carbono rápidamente disponible para el crecimiento de microorganismos del suelo (Deng y Tabatabai, 1994). La comunidad de microorganismos celulolíticos en el suelo, es bastante grande por consiguiente, es de esperar una actividad significativa en la descomposición de los materiales celulósicos. En suelos con diferentes cultivos, fuentes de fósforo y de encalado, el número de bacterias y de hongos celulolíticos fue de 80 y 38% del total, respectivamente (Sanomiya y Nahas, 2003).

La degradación completa de la celulosa depende de un sistema complejo de enzimas, constituido por endo- y exo-glucanasas y  $\beta$ -glucosidasa, sin embargo, no todos los microorganismos secretan todas las celulasas (Béguin y Aubert, 2000). Una baja velocidad de descomposición se ha atribuido a la deficiencia de N y a la presencia de constituyentes recalcitrantes en los vegetales. Materiales pobres en N como la paja de maíz (*Zea mays* L.) mostraron baja velocidad de degradación (Recous *et al.*, 1995). La paja de la caña de azúcar de la variedad SP 71-616338 contiene 38% de carbono y 0,5% de nitrógeno (Abramo Filho, 1995). Por eso se adiciona fertilizante nitrogenado para aumentar la velocidad de descomposición de la pajada. (Sanomiya, 2006)

## VI. MARCO METODOLÓGICO

### A. Hipótesis

Ha. Al menos un tratamiento presenta mayor nivel de la degradación de residuos de caña de azúcar cuando es cosecha mecanizada en verde.

Ha. La incorporación de nitrógeno acelera el proceso de la degradación de los residuos de caña de azúcar cuando es cosecha mecanizada en verde.

HØ: No existirá diferencia en los tratamientos de la degradación de los residuos en sus distintas variables.

### B. Tratamientos

Los tratamientos son 12: a cinco se evaluará nitrógeno adicionado a la cepa del hongo; a un tratamiento se le aplicó nitrógeno (en forma de nitrato de amonio; ùrea) sin cepa de hongo; a cinco solamente la cepa del hongo sin nitrógeno; y a un tratamiento testigo al cual se le omitió la aplicación de Trichoderma y Nitrógeno. Se establecieron tres repeticiones por cada tratamiento, como se describe a continuación:

**Tabla 4. Tratamientos y su respectiva descripción**

TRAT.	DESCRIPCIÓN	DOSIS
T1	MAG+ NITRÓGENO	3e <sup>12</sup> +25% N
T2	CG 14-02+NITRÓGENO	3e <sup>12</sup> +25%N
T3	CG 14-01+NITRÓGENO	3e <sup>12</sup> +25%N
T4	CG 14-10+NITRÓGENO	3e <sup>12</sup> +25%N
T5	CG 14-16+NITRÓGENO	3e <sup>12</sup> +25%N
T6	NITRÓGENO	25%N
T7	MAG	3e <sup>12</sup>
T8	CG 14-01	3e <sup>12</sup>
T9	CG 14-02	3e <sup>12</sup>
T10	CG 14-10	3e <sup>12</sup>
T11	CG 14-16	3e <sup>12</sup>
T12	TESTIGO	0e <sup>0</sup> +0%N

### C. Modelo del diseño experimental

La investigación se estableció en el departamento de Biotecnología Magdalena, finca San Patricio *Ingenio Magdalena S.A*, Escuintla y fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial, en el factor 1. Se realizó la aplicación de cinco distintas cepas de *Trichoderma spp.* y en el factor 2. Se realizó la incorporación de nitrógeno al hongo.

$$Y_{ijk} = U + A_i + B_j + A_iB_j + R_j + E_{i.k} + E_{ijk}$$

En donde:

$Y_{ijk}$  = Variable respuesta asociada a la i-j-k-ésima unidad experimental.

$U$  = media general.

$A_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A.

$B_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B.

$A_iB_j$  = Efecto de la posible interacción entre el i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B.

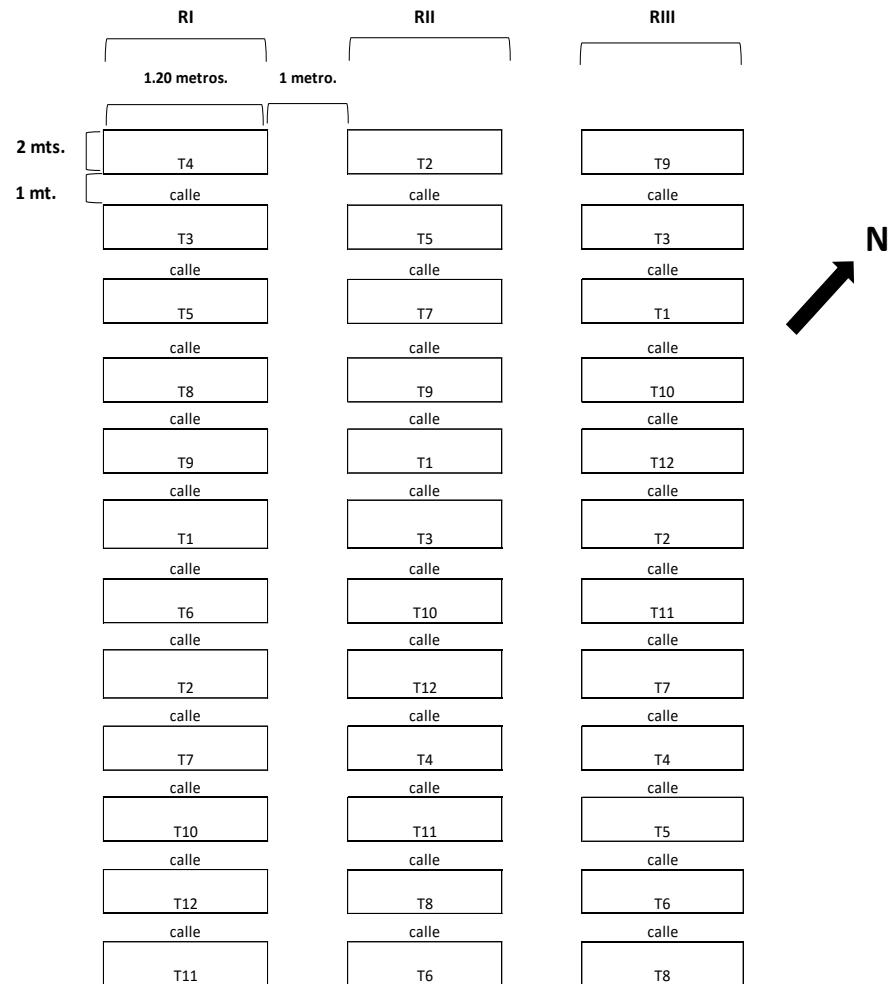
$R_j$  = Efecto del j-ésimo bloque.

$E_{i.k}$  = Error experimental asociado a las parcelas grandes.

$E_{ijk}$  = Error experimental asociado a la i-j-k-ésima unidad experimental (parcela pequeña).

### D. Disposición espacial del ensayo

Se utilizaron parcelas de 1.2 metros de ancho x 2.0 metros de largo (2.4 m<sup>2</sup>) y cada tratamiento se constituyó con tres repeticiones. Haciendo uso de 196 metros cuadrados para el establecimiento de dicha investigación.



### E. Manejo de la investigación

- ✓ Se realizaron 36 marcos de madera de 1.2x2.0 mts. Con 15 cm de altura cada uno, para poder colocar ahí los residuos de caña de azúcar y poder mantener las condiciones adecuadas para que la evaluación se lleve a cabo de una manera precisa respecto a la obtención de datos.

Figura 1. Marcos de madera.



(Elaboración propia)

- ✓ Los residuos de caña de azúcar que se utilizaron en la investigación se recogieron en el área de campo, de la finca Buganvilia, del *Ingenio Magdalena S.A*, para obtener los residuos necesarios se hicieron diez muestras: cada muestra se hizo en un área de 2.4 m<sup>2</sup>, en donde se recogieron todos los residuos que contenía esta área para que se proceda a su pesaje; luego de finalizar con las 10 muestras, se procedió a obtener un promedio de peso de las mismas, el dato obtenido fue cantidad en libras de residuos que se usaron para cada tratamiento.

Figura 2. Medición del área.



(Elaboración propia)

Figura 3. Recolección de residuos.



(Elaboración propia)

- ✓ Los residuos fueron trasladados en bolsas plásticas recicladas al área ya designada y los marcos de madera fueron ocupados por los residuos de una forma homogénea.

Figura. 4 Traslado.



(Elaboración propia)

Figura. 5 Marcos con residuos.



(Elaboración propia)

- ✓ Se realizaron los cálculos matemáticos respectivos a nivel laboratorio para obtener datos de cuantos gramos de cada cepa de hongo *Trichoderma spp* eran necesarios para que tengan una concentración de  $3e^{12}$  conidios (Laboratorio Biológicos, *Ingenio Magdalena S.A.*), luego se procedió a un lavado de arroz con agua desmineralizada para extraer las distintas cepas de hongo el cual es reproducido en los laboratorios biológicos de *Ingenio Magdalena S.A.* El agua desmineralizada se tornó en un color verde en distintas tonalidades la cual contenía el hongo, luego de esto se procedió con la aplicación.

Figura 6. Dosis de hongo.



(Elaboración propia)

Figura.7 Lavado de arroz.



(Elaboración propia)

Figura. 8 Aplicación de las respectivas dosis.



(Elaboración propia)

- ✓ La aplicación de la dosis de nitrógeno se realizó 13 días después de la aplicación de *Trichoderma spp.* Debido a que se ha establecido que la dosis de nitrógeno debía ser de un 25% más de lo que contengan los residuos que previamente se recogieron en campo y que los cuales se enviaron dos muestras al laboratorio de CENGICAÑA para que el dato del porcentaje (%) de nitrógeno sea conocido y estos datos fueron entregados a los 13 días luego del establecimiento de la investigación. Con base en datos recibidos de la cantidad de nitrógeno de los residuos se realizaron los cálculos para determinar qué cantidad de nitrógeno en gramos se aplicó.
- ✓ La aplicación del producto se llevó a cabo con una bomba de mochila MATABI, haciendo uso de una boquilla de aplicación de abanico para poder abarcar adecuadamente todo el área correspondiente, de acuerdo al área a aplicar, se usó un volumen de agua de 7 litros por cada tratamiento en la cual previamente se lavó el hongo.

Figura. 9 Disolución del nitrógeno (urea).



(Elaboración propia)

Figura. 10 Aplicación de nitrógeno.



(Elaboración propia)

- ✓ Siendo la humedad un factor importante en la descomposición de los residuos, se enviaron dos muestras de residuos para obtener el porcentaje (%) de humedad. En caso de encontrarse demasiado seco con un porcentaje (%) de 25 a 30% de humedad se procederá a aplicar riego tomando en cuenta que el porcentaje (%) de humedad adecuado para una buena descomposición la mínima está entre un 40% y la máxima un 60% de humedad. (AgriNova, 2015)
- ✓ En el proceso de la degradación de material vegetal es importante la aireación, debido a esto se realizó la práctica del volteo. Esta práctica se realizó con una periodicidad de treinta días, durante 5 meses.

Figura. 11 Residuos luego del volteo.



(Elaboración propia)

## F. Variables de respuesta

1. Peso de los residuos. Es una variable importante ya que el proceso de la degradación disminuye su peso, por esta razón se estableció un volumen de 1000cc, este volumen fue ocupado por residuos de caña de azúcar para ser pesados y establecer el peso de los residuos por cada tratamiento, en gramos. Este proceso se realizó previo a la aplicación de los distintos tratamientos y 5 meses después de la primera medición de esta variable. Esta práctica se llevó a cabo con una balanza digital recargable.

Figura. 12 Pesaje de residuos en campo.



(Elaboración propia)

2. Estado físico: Debido a que se evaluó el estado físico de los residuos de cada tratamiento, se tomaron datos en dos fechas específicas realizando dos muestreos cada mes durante 5 meses (10 muestreos) para establecer a qué proceso de la degradación se llegó, este dato se tomó a partir de los distintos estados físicos que se encuentran en la Tabla 1.

Figura. 13 Muestreo del estado físico.



(Elaboración propia)

Figura. 14 Característica del estado ligeramente descompuesto, masas blancas en residuos.



(Elaboración propia)

3. Temperatura: Para la adecuada descomposición de los residuos la literatura cita que se debe tener una temperatura de un rango  $40^{\circ} - 60^{\circ} \text{C}$ . por esta razón se llevó un control de temperatura, midiendo la  $T^{\circ}$  con una periodicidad de tres días y 4 días en un horario establecido de cada tratamiento; esto se realizó con un termómetro digital láser, para determinar en qué momento la temperatura se estableció dentro del rango mencionado anteriormente.

Figura. 15 Termómetro digital láser.



(Elaboración propia)

4. Porcentaje (%) de nitrógeno y carbono: Cuando la investigación llegó a los 5 meses después del establecimiento de fue necesario tomar una muestra por tratamiento contenida por 1 libra cada una, esta fue trasladada a CENGICAÑA para obtener datos finales de porcentaje de carbono, nitrógeno y humedad.

### **G. Delimitaciones**

Se evaluaron cinco distintas cepas y la incorporación de nitrógeno para degradar residuos de cosecha mecanizada en verde de caña de azúcar. Debido a esto la investigación no evaluó los efectos directos al cultivo de caña de azúcar. Según la revisión literaria que se ha realizado nos indica que el tiempo estimado para la adecuada degradación del material vegetal se da en un aproximado de 4 meses, pero debido a que fue una investigación relacionada directamente a los residuos de caña de azúcar el proceso tuvo un límite de 5 meses, durante este periodo se evaluaron únicamente las variables ya mencionadas y se analizan los resultados obtenidos. Algunos de los métodos mencionados en el marco metodológico relacionados con laboratorio no se realizaron debido a las restricciones de la empresa.

## H. Plan de trabajo

Tabla 5. Calendario de actividades

Actividad	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Montaje de ensayo	*8					
Recolección de residuos en campos	*8					
Toma de datos peso de residuos	*10					*10
Análisis C/N de los residuos	*9					*8
Aplicación de los tratamientos	*10					
Aplicación de nitrógeno	*18					
Evaluación de aspectos físicos de los residuos	*10-25	*10-25	*10-25	*10-25	*10-25	*10

Nota: La temperatura se tomó con una periodicidad de tres días.

\*Fecha específica en el mes en que se realizó cada actividad.

## I. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de ciertos datos se usó el programa de Infostat versión 2015. Haciendo uso del análisis de varianza con interacciones, siendo así factorial. 1er. Factor: Cepa de hongo *Trichoderma spp.* y el 2do. Factor es la incorporación de nitrógeno y la no incorporación del mismo.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### A. Temperatura

1. Modelo matemático. En las gráficas que se presentan a continuación, se muestran un modelo matemático el cual consta de lo siguiente:

$$Y=a(x)+b \text{ (Ecuación 1)}$$

Y= El eje de las y nos representa la temperatura a la cual se llegó a los 150 días después de la aplicación de los respectivos tratamientos.

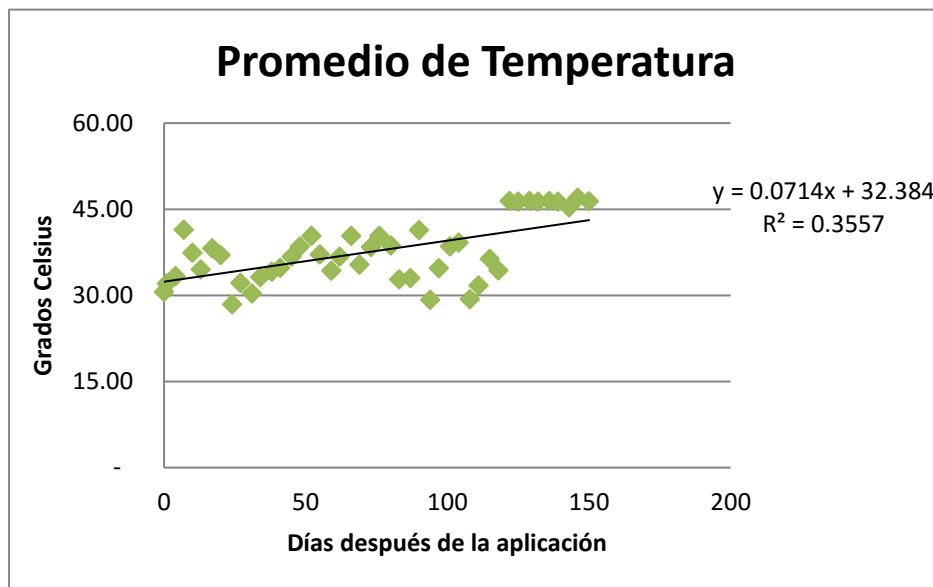
X= Representa los días que transcurrieron luego de la aplicación de los Respectivos tratamientos.

a= Grados Celsius de temperatura que cada tratamiento aumento por día luego de la respectiva aplicación.

b= Temperatura inicial en grados Celsius de los tratamiento previa a su aplicación.

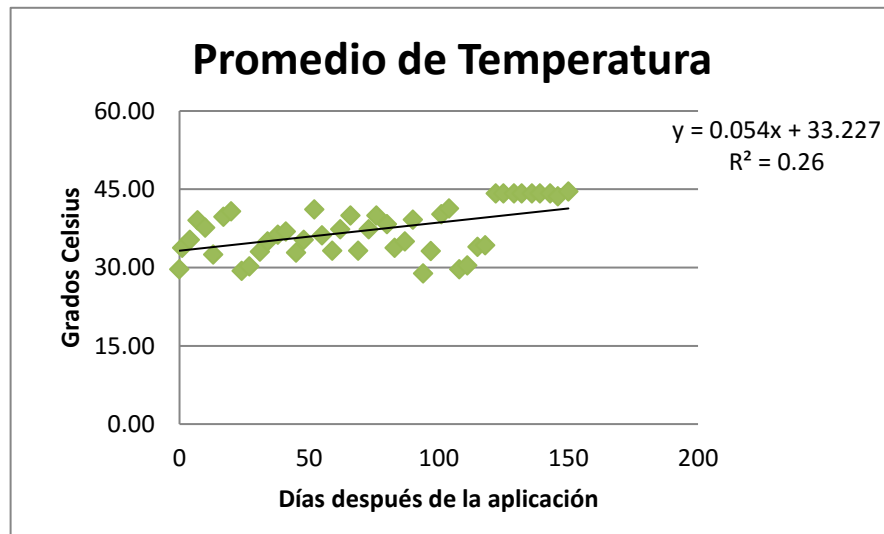
### 2. Temperatura

Gráfica 1. Promedio de temperatura del tratamiento 1 (cepa MAG-Con nitrógeno y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



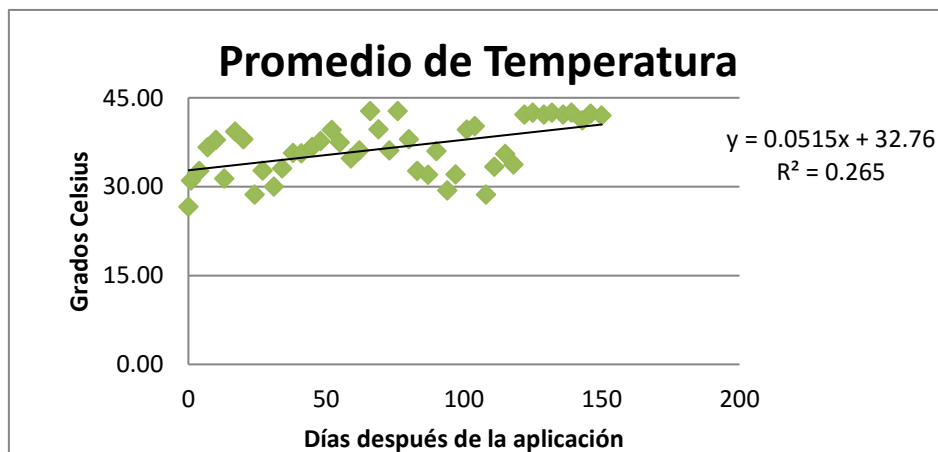
En la Gráfica 1 se muestra un análisis de dispersión la cual muestra que en el tratamiento 1 por cada día luego de la aplicación aumentaba 0.0714 grados C de temperatura adicionalmente a una temperatura inicial de 32.84 grados C, llegando a establecerse al final a los 122 días un rango de temperatura de 46 grados Celsius.

Gráfica 2. Promedio de temperatura del tratamiento 2 (cepa CG 14-02)-Con nitrógeno y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



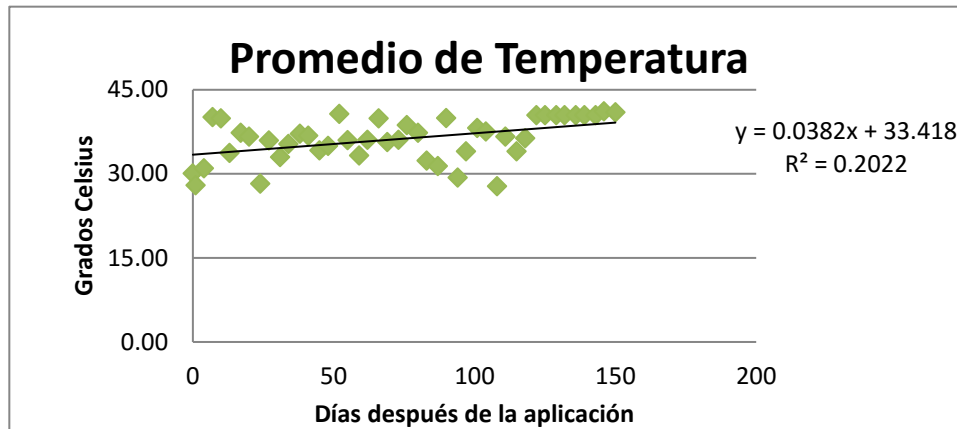
En la gráfica dos se puede observar que por cada día luego de la aplicación aumentaba 0.054 grados Celsius de temperatura, iniciando con una temperatura de 33.227 grados Celsius y llegando a una temperatura de 45 a los 122 días luego de la aplicación y quedando estable la misma.

Gráfica 3. Promedio de temperatura del tratamiento 3 (cepa CG 14-01 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



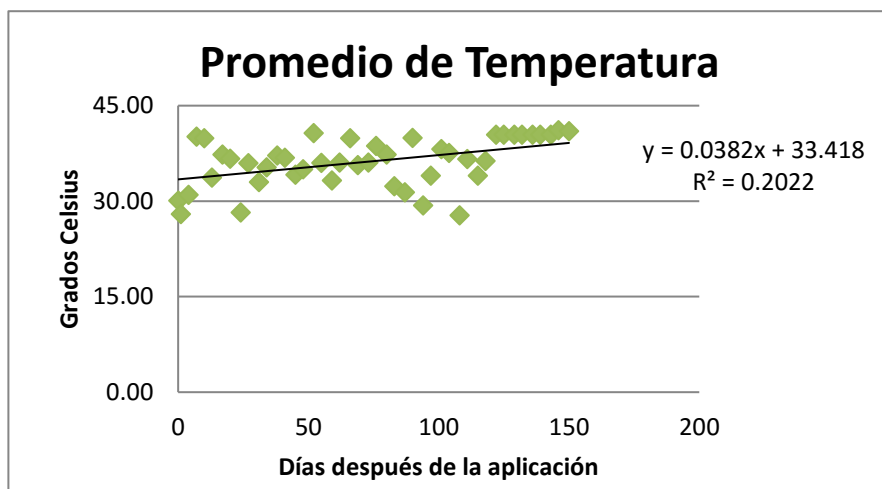
En la Gráfica 3 se puede analizar detalladamente que por cada día luego de la aplicación aumentaba 0.0515 grados C la cual permitió que al día 121 después de la aplicación a mantenerse en una temperatura de 42 grados C.

Gráfica 4. Promedio de temperatura del tratamiento 4 (cepa CG 14-10 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



En la Gráfica de dispersión se puede observar que a los 122 días después de la aplicación la temperatura se estableció en 40 grados Celsius. Aumentando 0.0382 grados C por cada día que pasaba

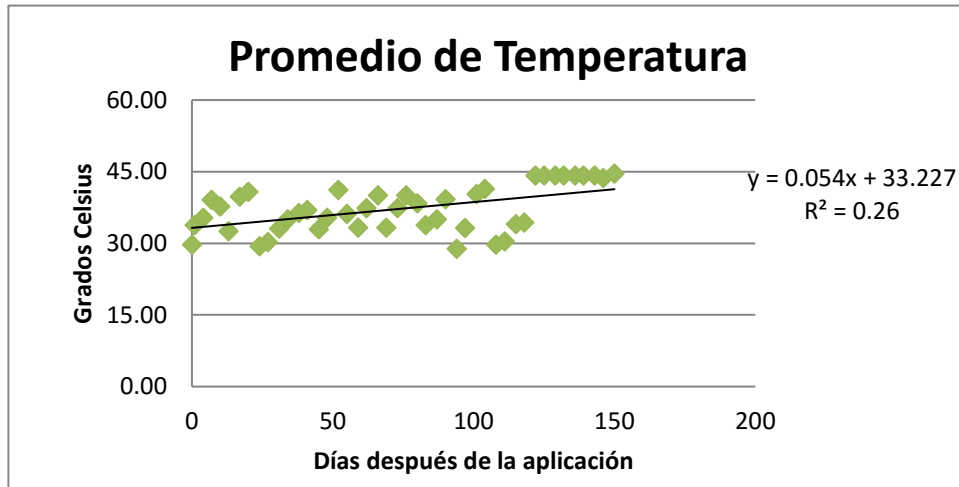
Gráfica 5. Promedio de temperatura del tratamiento 5 (cepa CG 14-16 con nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días



En la Gráfica 5 la dispersión de la temperatura se mantuvo variable debido a que en el día 80 aumentaba hasta 40 grados y luego descendía hasta los 27 grados a los 118 días, estos cambios drásticos se deben a los cambios constantes

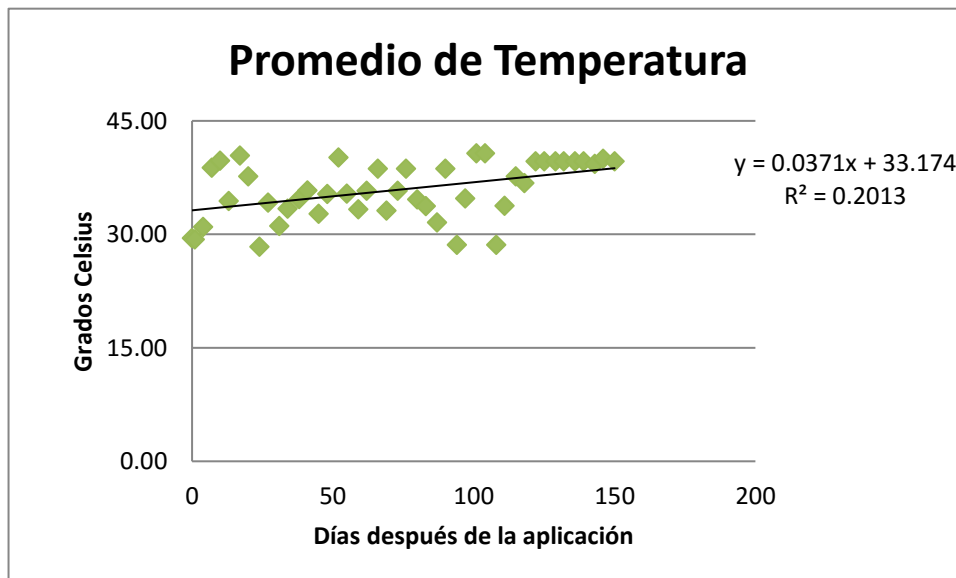
de la temperatura ambiente hacia los residuos en descomposición. A los 122 días después de la aplicación esta se estableció en 40 grados Celsius. Aumentando cada día 0.0382 grados C.

Gráfica 6. Promedio de temperatura del tratamiento 6 (Nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



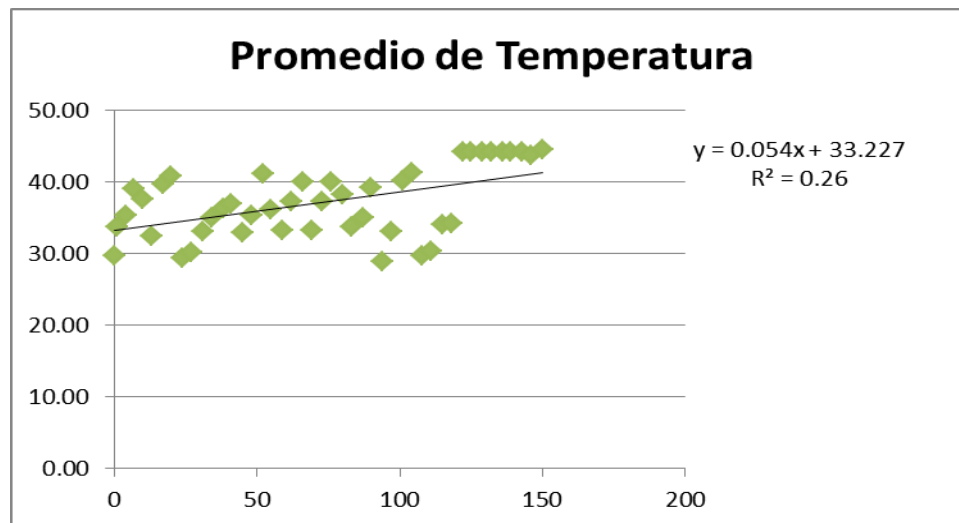
El la Gráfica 6 esta se muestra que a los 122 días se estableció la temperatura en 45 grados C. Aumentando 0.054 grados Celsius por cada día que paso después de la aplicación.

Gráfica 7. Promedio de temperatura del tratamiento 7 (cepa MAG sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



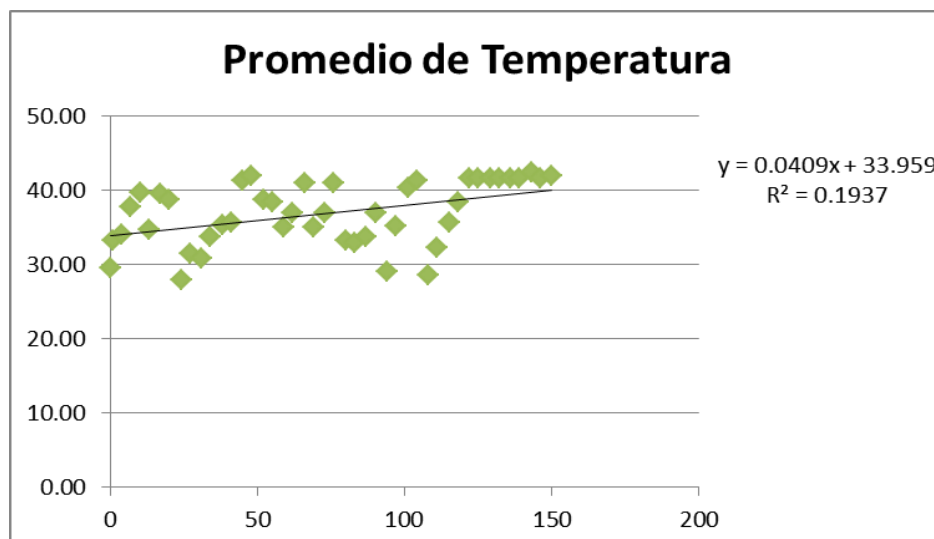
En la Gráfica 7 a los 122 días se estableció a 39 grados C. Aumentado 0.0371 grados Celsius cada día después de la aplicación. Una de las características es que en el día 108 se vio afectada la temperatura ya que las condiciones climáticas eran diferentes.

Gráfica 8. Promedio de temperatura del tratamiento 8 (cepa CG 14-01 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



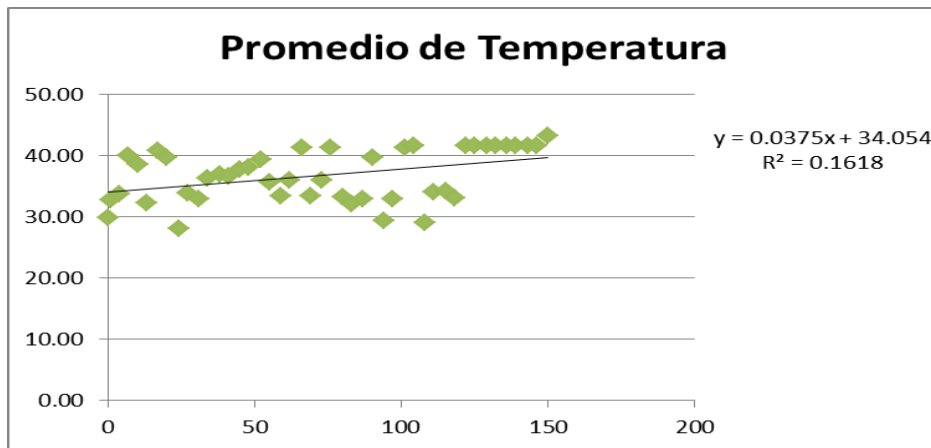
En la Gráfica 8 se demuestra una gran variación de la temperatura siendo así que a los 122 días la temperatura se estableció a 45 grados C. Aumentado cada día 0.054 hasta que se establece. La temperatura se vio afectada a los drásticos cambios ambientales ya que se ven bajas temperaturas de 28 grados Celsius en el día 98

Gráfica 9. Promedio de temperatura del tratamiento 9 (cepa CG 14-02 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



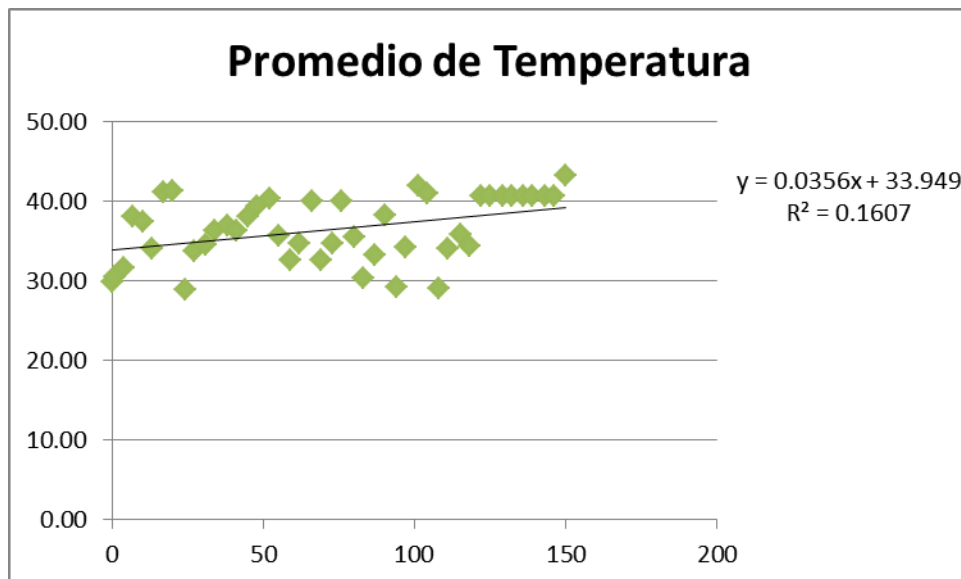
En la Gráfica 9 a partir del día 0 hasta los 122 días la temperatura se estableció a 41 grados C, se tiene una desviación desde el día 0 hasta el día 111 el cual la temperatura se encuentra muy diversa, esto es debido a las condiciones ambientales que afectaron directamente a este tratamiento, la cual se puede deber a un aumento considerable a la temperatura ambiental y la falta de humedad.

Gráfica 10. Promedio de temperatura del tratamiento 10 (cepa CG 14-10 sin nitrógeno) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



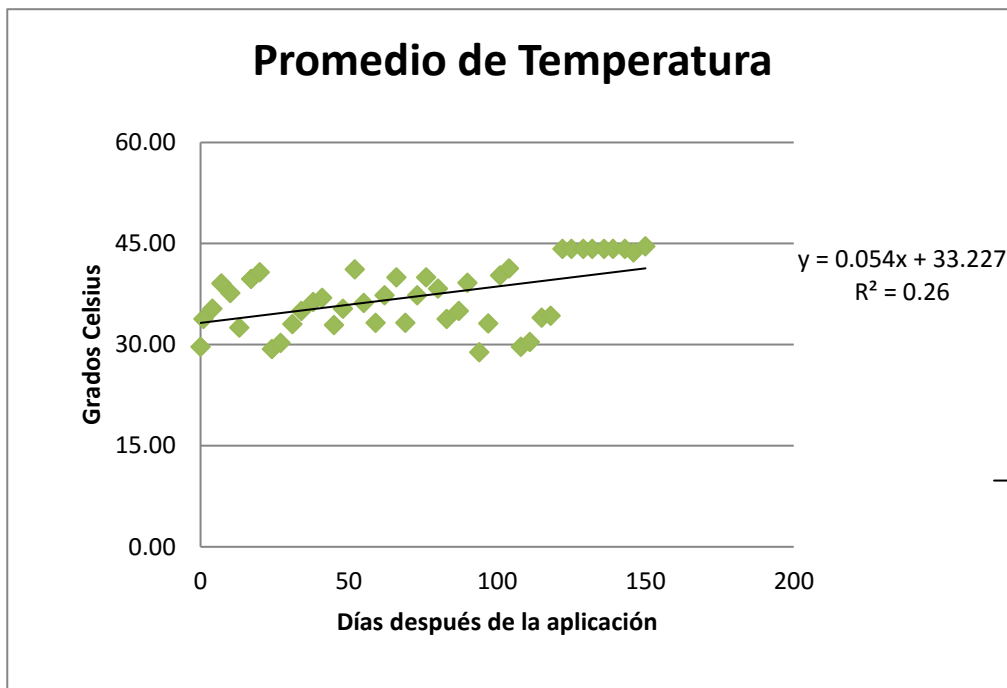
En la Gráfica 10 se observa que a los 122 días luego de la aplicación la temperatura se establece en un rango de 41 grados Celsius y teniendo un aumento considerable el día 150 de 1 grado Celsius. Aumentando promediadamente 0.0375 grados C.

Gráfica 11. Promedio de temperatura del tratamiento 11 (CG 14-16) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



En la Gráfica 11 no se observa ningún establecimiento de la temperatura hasta los 122 a 41 grados Celsius, la cual se debe a las condiciones ambientales que pueden afectar y variar la temperatura que los residuos adquieren se hace ver que existió una gran variación de temperatura en los primeros 100 días. La temperatura aumentaba 0.1607 grados C. hasta establecerse, teniendo en consideración que el día 150 existió un aumento de 1.5 grados Celsius.

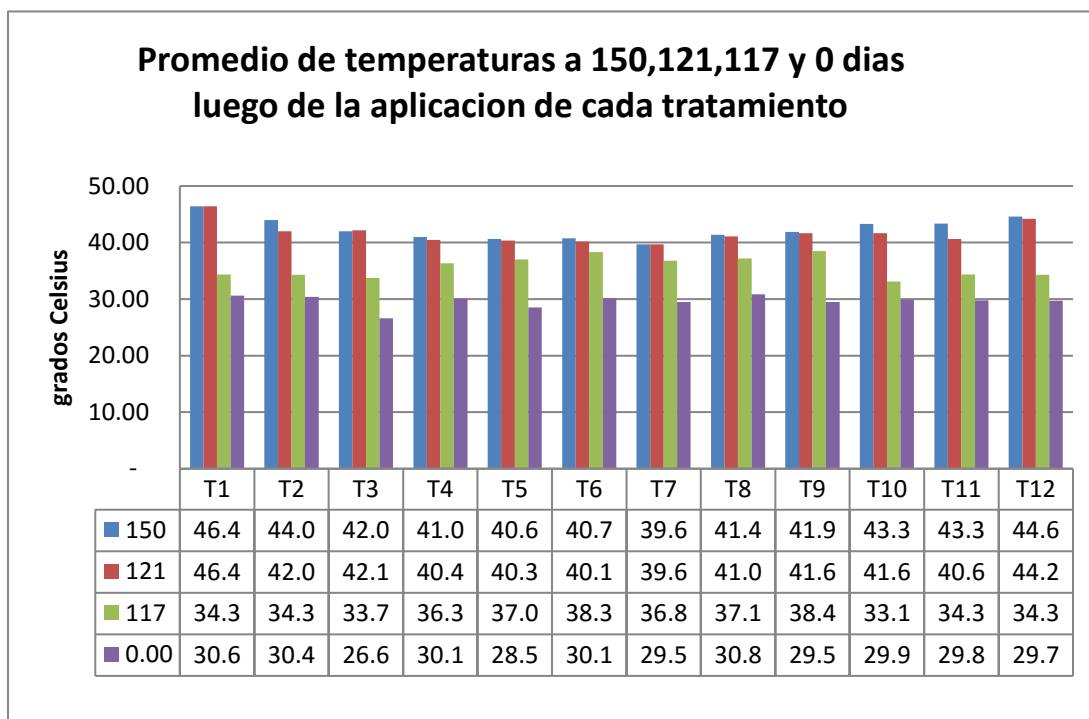
Gráfica 12. . Promedio de temperatura del tratamiento 1 (Testigo absoluto) y la dispersión de los datos en un periodo de 150 días.



En la Gráfica 12 se establece la temperatura a 45 grados C, aumentando cada día hasta establecerse 0.054 grados C. En la gráfica de dispersión se muestra que la temperatura tiene una baja de hasta los 29 grados Celsius en el día 109, una de las razones de la baja de temperatura es que pudo ser afectada por un exceso de humedad en los residuos y en el ambiente.

## 1. Promedio de Temperatura

Gráfica 13. Promedio de temperatura a 150,121,117 y 0 días luego de la aplicación de cada tratamiento.



Como consecuencias del aumento de temperatura que se muestra en el modelo matemático el cual dependerá de los días que transcurrieron desde el día 0 el cual representa el inicio de la aplicación se muestra esta gráfica, la cual describe su comportamiento en distintos días luego de la aplicación.

0 días= La temperatura de los tratamientos inicia en un rango de 26-31 grados Celsius el cual nos indicó que ningún proceso degradatorio se había iniciado aun.

117= Debido a que en un 90% de los tratamientos la temperatura se estableció en los días 122, se encontró en un rango de 33-38 grados Celsius, indicando que ya existía una alta actividad microbiológica, debido a que se aplicó el hongo *Trichoderma spp.* y este tipo de hongos necesitan altas temperaturas para su crecimiento poblacional.

121= La temperatura aumentó logrando establecerse en un rango de 39-46 grados Celsius con esto estableciendo que la descomposición de la materia orgánica continuaba con su proceso degradatorio.

150= Hasta la fecha evaluativa el promedio de temperatura por cada tratamiento se describe en un rango de 40-46 grados Celsius esto nos indica que desde el día

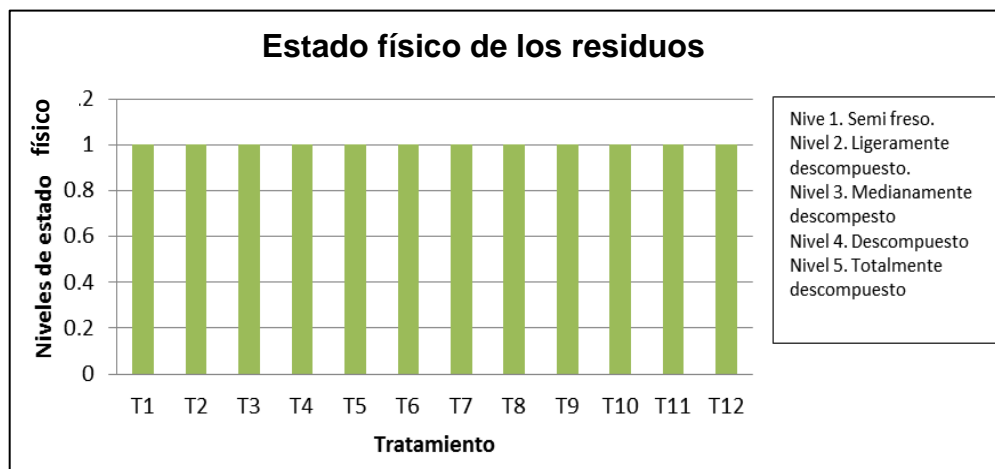
122 no se obtuvo un mayor aumento en la temperatura que cada tratamiento manejaba. y en base a estos resultados podemos observar que la temperatura más alta fue del tratamiento 1 el cual fue la aplicación de la cepa MAG-Con nitrógeno.

## B. Estado físico de los residuos

No	Estado	Descripción
1	Semi – Fresco	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Fragmentos grandes color verde amarillento.</li> <li>✓ Humedad a 40%.</li> <li>✓ Estado semiseco.</li> <li>✓ Olor a yerba.</li> <li>✓ Aspecto tosco.</li> </ul>
2	Ligeramente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos quebradizos con facilidad</li> <li>✓ Color café obscuro.</li> <li>✓ Humedad a 40%.</li> <li>✓ Olor a fermentación fuerte.</li> <li>✓ Presencia de hongos actinomicetos.</li> <li>✓ Masas blancas o verdes.</li> </ul>
3	Medianamente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Color obscuro.</li> <li>✓ Color obscuro negruzco.</li> <li>✓ Olor a fermentación.</li> <li>✓ Olor agridulce.</li> <li>✓ Se identifican algunas fibras.</li> </ul>
4	Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Residuos desmenuzados de color intenso.</li> <li>✓ No se observan fibras y si se encuentran se desasen al tacto.</li> </ul>
5	Totalmente Descompuesto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No se observa ninguna fibra.</li> <li>✓ Su aspecto es fino similar al humus.</li> <li>✓ Tienden a confundirse con frac de suelo al exponerse a luz directa.</li> </ul>

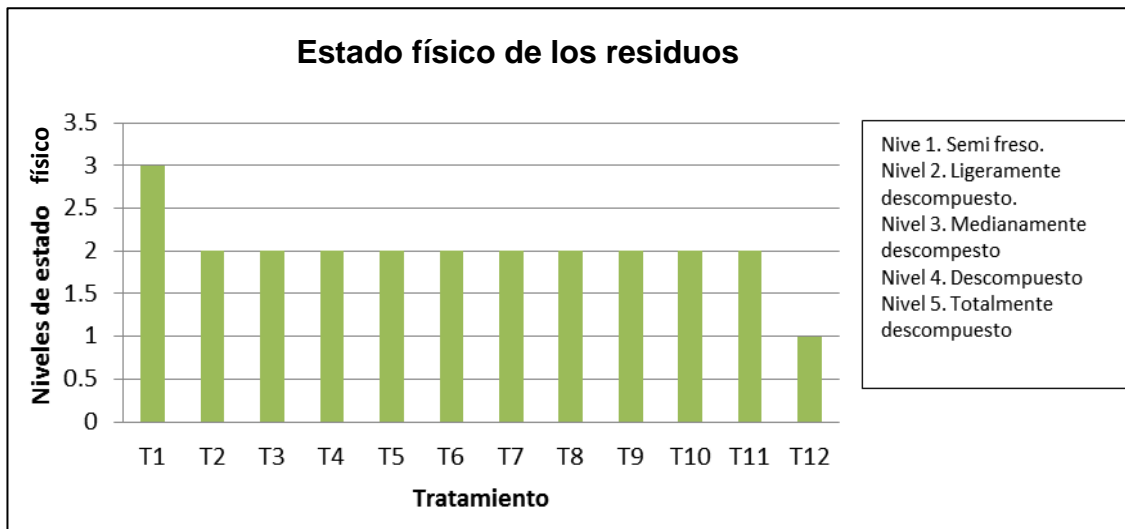
1. Tabla de la caracterización de la descomposición de los residuos orgánicos.

Gráfica 15. Estado inicial de los residuos por tratamiento



En la Gráfica 15 se observa que todos los tratamientos son homogéneos en cuanto a los aspectos físicos los cuales se basan en la Tabla 1 la cual se clasifica en 4 niveles. Todos los tratamientos iniciaron en la fase 1 de semi fresco.

Gráfica 15. Estado final de los residuos por tratamiento



En la Gráfica 16 se muestran todos los tratamientos los cuales fueron evaluados en la caracterización del estado final de los residuos la cual se tomó 5 meses después de la aplicación, esto nos indica que solo el tratamiento 1 llegó a una fase de medianamente descompuesto, y el tratamiento 12 se quedó en la fase de ligeramente descompuesto. Enfocándolo a la evaluación del efecto de aplicar o no nitrógeno a la cepa del hongo se puede concluir que en la cepa MAG (trat. 1) con nitrógeno alcanzó una mayor fase en la degradación, comparándolo con la cepa MAG sin nitrógeno (trat. 7) se estableció en la fase ligeramente descompuesto, esto nos indica que la incorporación de nitrógeno si aumenta el tiempo de la degradación de residuos. Los tratamientos restantes se mantuvieron en la fase de ligeramente descompuesto con esto se establece que existan dos variables importantes:

1. La calidad de cepa de hongo que pueda que esta no tenga una alta capacidad de la degradación rápida de los residuos de caña de azúcar.
2. La cantidad de nitrógeno que se le aplicó.

### C. Peso de los residuos

Cuadro 1. Análisis de varianza y la prueba de TUKEY para el peso antes de la aplicación

Variable	N	R	AJ	CV
Peso (gramos)	36	0.42	0.08	2.98

Cuadro de Análisis de la varianza (SC  
TIPO III)

FV	SC	Gl	CM	F	P-VALOR
Modelo	59.87	13	4.61	1.23	0.3219
Parcela	45.87	11	4.17	1.12	0.395
Repetición	14	2	7	1.87	0.1773
Error	82.21	22	3.74		
Total	142	35			

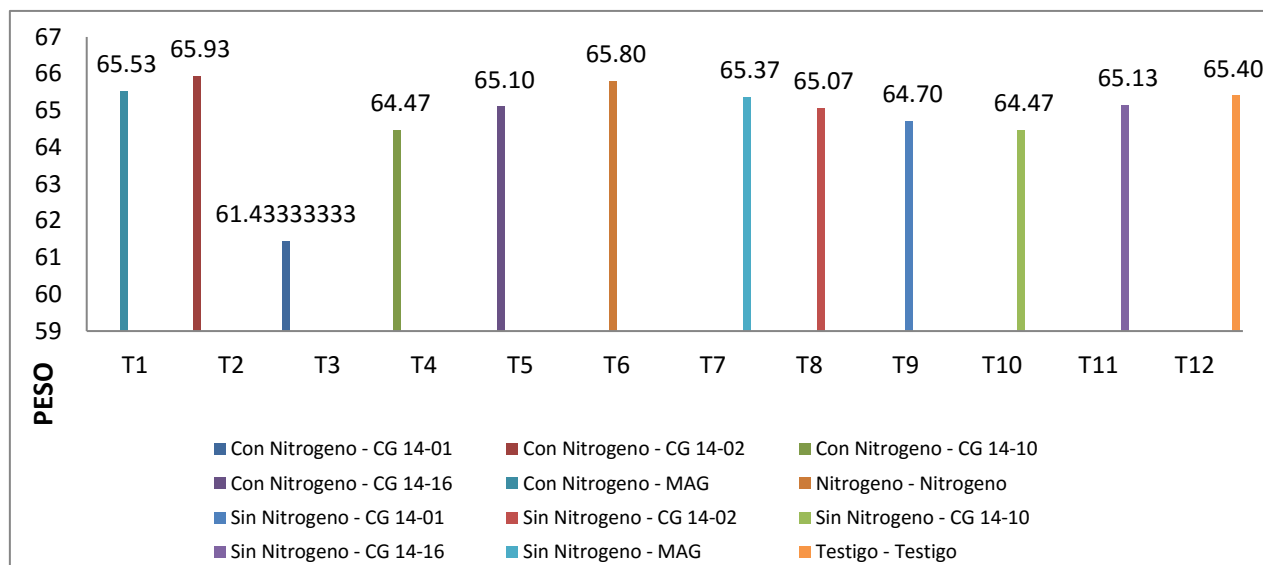
Test: Tukey Alfa=0.05  
DMS=5.74147

Error:3.7369 gl:22

Parcela	Medias	Grupo Tukey
T3	61.43	A
T4	64.47	A
T10	64.47	A
T9	64.7	A
T8	65.07	A
T5	65.1	A
T11	65.13	A
T7	65.37	A
T12	65.4	A
T1	65.53	A
T6	65.8	A
T2	65.93	A

Con un coeficiente de variación de 2.98% y un nivel de significancia del 5% se establece que no existe diferencia significativa para el peso, esto se debe a que es el peso inicial de los residuos el cual se supone que aún no han sufrido ningún tipo de degradación y el peso no tiene mayores variaciones.

Gráfica 16. Peso de los residuos en el estado inicial del proceso de la degradación de residuos.



Análisis 1 25/11/2015

Cuadro 2. Análisis de varianza de peso final (5 meses después de la aplicación en sus distintas fases de la degradación de los residuos)

**Peso (gramos)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso (gramos)	36	0.34	0.00	26.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	592.97	13	45.61	0.86	0.6032
Cepa	81.79	5	16.36	0.31	0.9031
Factor	56.75	1	56.75	1.07	0.3129
Repetición	371.81	2	185.90	3.49	0.0481
Cepa*Factor	82.62	5	16.52	0.31	0.9013
Error	1170.36	22	53.20		
Total	1763.33	35			

Con un coeficiente de variación del 26.38 % y un nivel de significancia del 5% se concluye que no existe una diferencia significativa entre tratamientos, debido a que el p-valor es mayor al 0.05 lo cual nos indica que en referencia al peso no hay ninguna diferencia entre los tratamientos si nos basamos en el factor de incorporar o no incorporar nitrógeno a la cepa de hongo y el tipo de cepa que se utilizó.

Cuadro 3. Prueba de TUKEY para la variable cepa para degradar residuos de caña de azúcar.

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=13.11792**

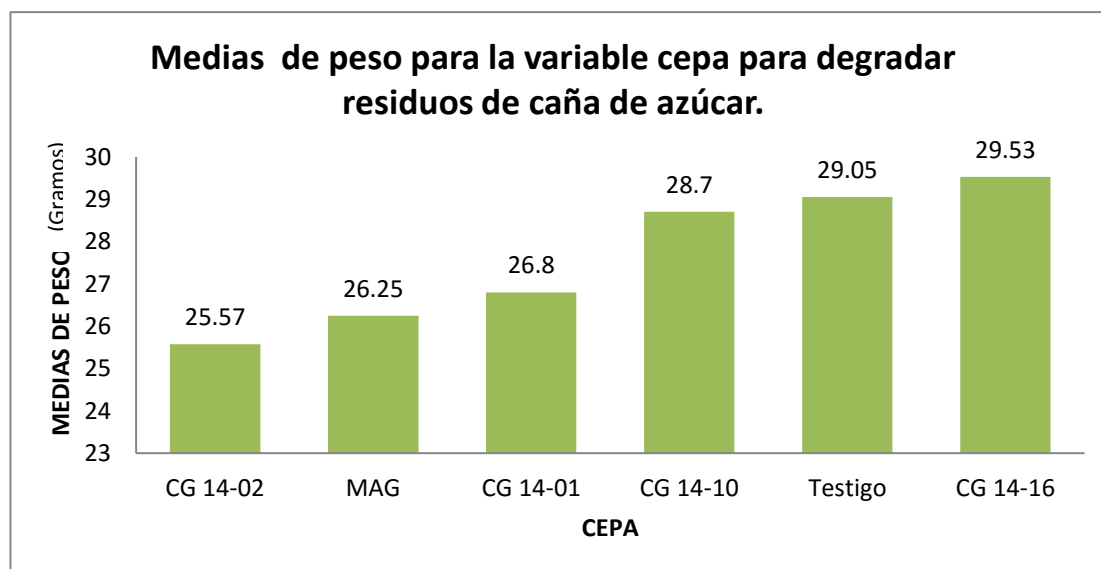
Error: 53.1982 gl: 22

Cepa	Medias	n	E.E.	
CG 14-10	28.70	6	2.98	A
Testigo	29.05	6	2.98	A
CG 14-16	29.53	6	2.98	A
MAG	26.25	6	2.98	A B
CG 14-01	26.80	6	2.98	A B
CG 14-02	25.57	6	2.98	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

Según el peso de los tratamientos podemos establecer que si existe una diferencia de peso obtenido de los residuos utilizando la distinta cepa de cada tratamiento. El fin de la medición de los pesos, el análisis nos indicó que el que más redujo el peso fue la cepa CG 14-02.

Gráfica 17. Medias de peso para la variable cepa para degradar residuos de caña



Análisis 2 25/11/2015

Cuadro 4. Prueba de TUKEY para la variable factor (con nitrógeno y sin nitrógeno) según el peso de los residuos.

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=5.04207**

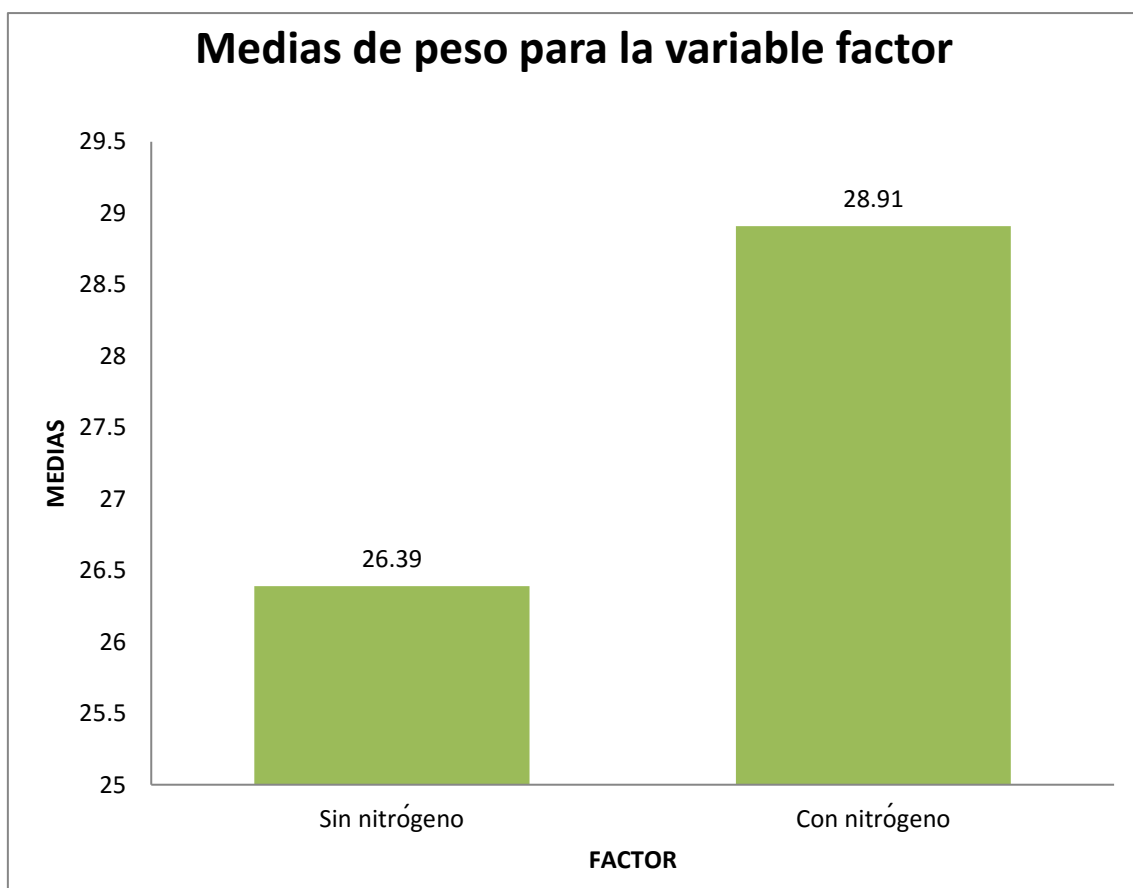
Error: 53.1982 gl: 22

Factor	Medias	n	E.E.
Sin nitrógeno	26.39	18	1.72 A
Con nitrógeno	28.91	18	1.72 A B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Analizando las variables factor (con nitrógeno y sin nitrógeno) si existe una pequeña diferencia, pero a pesar de esto no son significativamente diferentes, al aplicar o no aplicar nitrógeno con base en la variable del peso de los residuos de los tratamientos que se evaluaron en la investigación.

Gráfica 18. Medias de peso de los residuos de caña de azúcar para la variable factor (con nitrógeno y sin nitrógeno)



Análisis 3 25/11/201

Cuadro 5. Análisis TUKEY evaluando variables cepa\* factor para el peso de los residuos de caña de azúcar.

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=21.66287**

Error: 53.1982 gl: 22

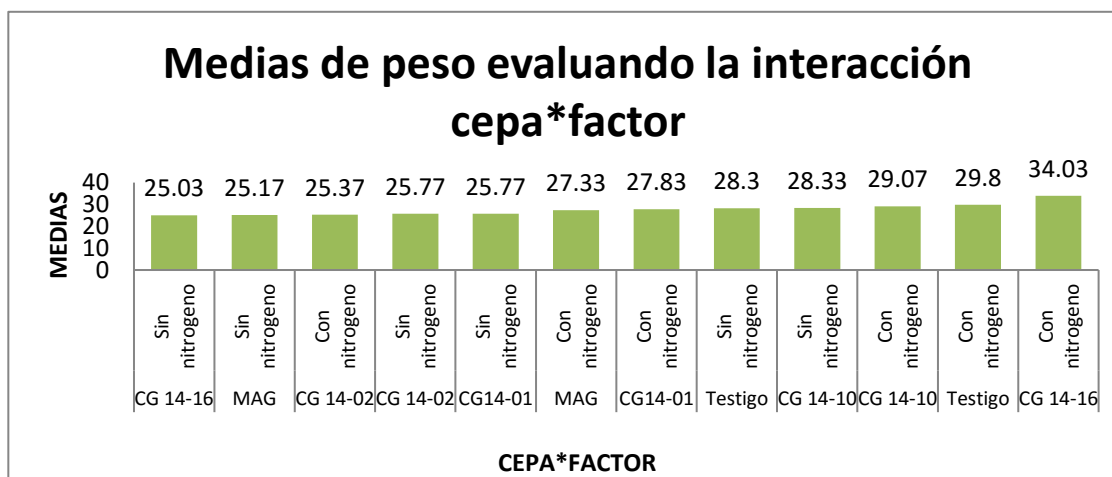
Cepa	Factor	Medias	n	E.E.
CG 14-16	Con nitrógeno	34.03	3	4.21 A
Testigo	Con nitrógeno	29.80	3	4.21 A B
CG 14-10	Con nitrógeno	29.07	3	4.21 A B
CG 14-10	Sin nitrógeno	28.33	3	4.21 A B
Testigo	Sin nitrógeno	28.30	3	4.21 A B
CG 14-01	Con nitrógeno	27.83	3	4.21 A B
MAG	Con nitrógeno	27.33	3	4.21 A B
CG 14-01	Sin nitrógeno	25.77	3	4.21 B
CG 14-02	Sin nitrógeno	25.77	3	4.21 B
CG 14-02	Con nitrógeno	25.37	3	4.21 B
MAG	Sin nitrógeno	25.17	3	4.21 B
CG 14-16	Sin nitrógeno	25.03	3	4.21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Según el análisis de TUKEY se puede observar que no existe diferencia significativa según el grupo de las AB en el que las clasifica este análisis reduciendo el peso significativamente, pero sí existe una diferencia significativa en la cepa CG 14-16 la cual nos indica que fue el tratamiento que menos peso redujo.

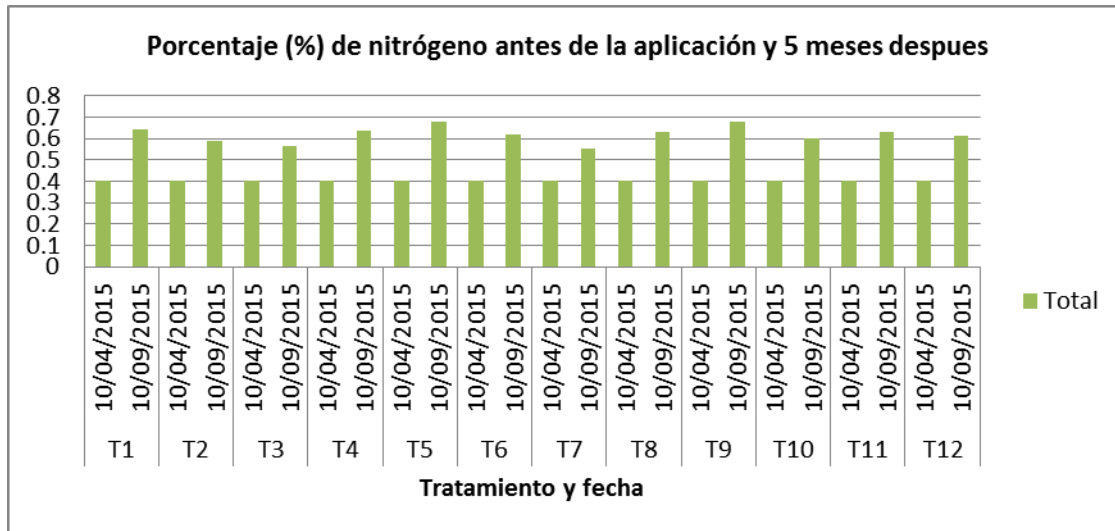
La finalidad del peso es que este se reduzca el peso, si podemos observar el Cuadro 1 que muestra el peso inicial, el peso se redujo en mayores cantidades en las cepas de CG 14-01 sin nitrógeno, CG14-02 con nitrógeno, CG-02 con nitrógeno, MAG sin nitrógeno, CG 14-16 Sin nitrógeno.

Gráfica 19. Medias de peso evaluando la interacción cepa\*factor



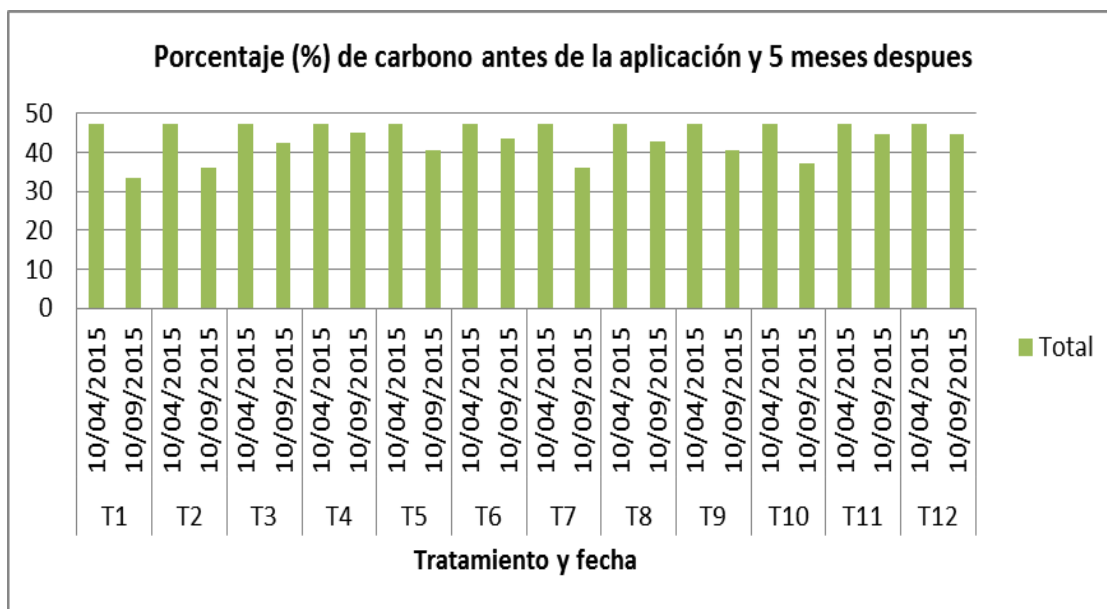
## D. Porcentaje (%) de Carbono y Nitrógeno

Grafica 20. % de nitrógeno en los residuos antes de la aplicación y 5 meses después.



Según la literatura existen parámetros del porcentaje (%) de nitrógeno que debe de estar presente para un apta degradación de los residuos en general, el rango de nitrógeno es de 1 -2.6 % de nitrógeno, en la Gráfica 14 se observa que ninguno de los tratamientos después de la aplicación de hongo llega al rango específico de cantidad de nitrógeno para la apta degradación de residuos, esta es una justificante razonable por la cual ninguno de los tratamientos llegó a un nivel de descomposición alta según la Gráfica 14. Para la comparación de estos datos se tiene la cantidad de nitrógeno con la que se inició la investigación antes de la aplicación de cada tratamiento teniéndose datos homogéneos de la cantidad de nitrógeno que contenía cada tratamiento. Cabe mencionar que a la falta de porcentaje (%) de nitrógeno en los residuos en el estado inicial antes de la aplicación en ciertos tratamientos se le incorporó nitrógeno para elevar este mismo, pero no se obtuvo el resultado esperado.

Gráfica 21. Porcentaje (%) de carbono en los residuos antes de la aplicación y 5 meses después.



Según la literatura el porcentaje (%) de carbono se debe encontrar en un rango de 30 % de carbono, en la Gráfica 15 se observa que la cantidad inicial de nitrógeno se encontraba en 47.31%. Valiéndonos de la Gráfica 15 se concluye que la cantidad de nitrógeno disminuyó relacionado a las fases de la degradación en la que se encontraban los residuos (ver Grafica 14).

Podemos observar que el tratamiento 1 alcanzó la mayor etapa de degradación a los 5 meses y contenía una cantidad de 33% de carbono acercándose a la cantidad requerida para la total degradación de residuos.

Los tratamientos restantes sin incluir el tratamiento 5 y 12, se mantuvieron en un rango de 35%- 41% de carbono. El tratamiento 5 y el tratamiento doce se colocaron en 44-45% respectivamente de cantidad de carbono.

Se puede concluir que las altas cantidades de carbono se deben a que ninguno de los tratamientos alcanzó una descomposición total de los residuos.

## VIII. CONCLUSIONES

1. En la evaluación se determinó con base en las fases de la degradación de residuos descrita en este documento que el tratamiento 1 cepa MAG-Con nitrógeno, llegó a un nivel mayor de la descomposición (medianamente descompuesto) que los otros tratamientos, esto tomando en cuenta que el nitrógeno que se le proporcionó, ayudó a la aceleración de la degradación de residuos comparándolo con el tratamiento con cepa de MAG-Sin nitrógeno se quedó en la fase ligeramente descompuesto.
2. Se observó de acuerdo a los datos obtenidos que la temperatura se estableció en distintos grados C. a los 122 días manteniéndose hasta los 150 días en un mismo rango de temperatura 40-46 grados Celsius.
3. Se determinó con base en los análisis estadísticos de datos de peso de los residuos de caña de azúcar que sí existe una diferencia significativa de reducción de peso en las siguientes cepas: CG 14-01 sin nitrógeno, CG14-02 con nitrógeno, CG-02 con nitrógeno, MAG sin nitrógeno, CG 14-16 Sin nitrógeno.
4. El modelo matemático que se estableció para encontrar la variable de temperatura fue de gran utilidad para establecer cuántos grados Celsius aumentó cada tratamiento a lo largo de 150 días (5 meses) y a qué temperatura final llegó, desde la fecha en que se estableció.

## IX. RECOMEDACIONES

1. La incorporación de nitrógeno es una variable sumamente importante, por lo que recomiendo que se evalúen distintas dosis de nitrógeno para establecer la dosis adecuada para que se lleve el proceso total de la degradación de residuos.
2. Para obtener mejores resultados del proceso de la degradación de residuos de caña de azúcar, sería conveniente aumentar la dosis de hongo específicamente la cepa MAG-Con nitrógeno ya que esta mostro mejores resultados en cuanto a proceso, y evaluar distintas dosis de hongo *Trichoderma spp.* acompañado de distintas dosis de nitrógeno.
3. Aumentar el periodo de evaluación de la investigación, sin contar un límite de tiempo y evaluarlo hasta que éste llegue al punto de su total descomposición para establecer cuál es el tiempo que los residuos de caña de azúcar necesitan para su descomposición.
4. Obtener datos de temperatura en dos horarios distintos, por la mañana y por la tarde, para poder determinar cuánto afecta la temperatura ambiente a la temperatura que manejan los residuos en su proceso de la degradación.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. AgriNova, 2015. *InfoJardin*. [En línea]  
Available at: <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.htm>  
[Fecha de consulta: 27 Febrero 2015].
2. *Ingenio Magdalena. 2002* [En línea]  
Available at: [www.imsa.com.gt](http://www.imsa.com.gt)  
[Fecha de consulta: 23 Octubre 2015].
3. *Wikipedia.2013* [En línea]  
Available at: [http://es.wikipedia.org/wiki/Saccharum\\_officinarum](http://es.wikipedia.org/wiki/Saccharum_officinarum)  
[Fecha de consulta: 26 Febrero 2015].
4. Arenas, M. A. V., 2015. *OriusBiotecnologia*. [En línea]  
Available at: <http://www.oriusbiotecnologia.com/trichoderma-pers-caracteristicas-generales-y-su-potencial-biologico-en-la-agricultura-sostenible>  
[Fecha de consulta: 03 Marzo 2015].
5. Delgado, I. A. V., s.f. *Residuos Agrícolas*. [En línea]  
Available at:  
[http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/curso\\_cyted/files/pdf/Tema%201-%20Residuos%20Agricolas%20da%20Cana-de-Acucar/ExperienciasInternacionais.pdf](http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/novidades/curso_cyted/files/pdf/Tema%201-%20Residuos%20Agricolas%20da%20Cana-de-Acucar/ExperienciasInternacionais.pdf)  
[Fecha de consulta: 27 Febrero 2015].
6. Garcia, S., 2009. *Evaluacion de estimulantes quimicos y biologicos*.  
Guatemala: Tesis Universidad Rafael Landivar s.n.
7. Ing. Estuardo Lopez, Gabriela Lourdes Son, 20 Febrero de 2015, Dosis de *Trichoderma spp*, La Democracia, Escuintla, transcripción.
8. Magdalena, I., 2002. *Ingenio Magdalena*. [En línea]  
Available at: [www.imsa.com.gt](http://www.imsa.com.gt)  
[Fecha de consulta: 23 octubre 2015].

9. Rodríguez, I. R. A. d. I. C., s.f. *Aprovechamiento de residuos organico*. [En línea] Available at:  
[http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio5/05-aprov\\_residuos.pdf](http://www.uaaan.mx/postgrado/images/files/hort/simposio5/05-aprov_residuos.pdf)  
[Fecha de consulta: 06 Noviembre 2015].
10. Sanomiya, L. T., 2006. *Agricultura Tecnica*. [En línea] Available at: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072006000100010](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072006000100010)  
[Fecha de consulta: 06 Noviembre 2015].

## XI. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de laboratorio antes de la aplicación de los respectivos tratamientos.

Resultados de análisis de tejido foliar										
Fecha	Identificación	Finca	Lote	Parte	Ingenio	No.Lab.	Nitrogeno		Carbono	
							%	%	%	%
09/04/2015	011-MG Investigación	Buganvilia	Residuos de caña	M-1	Magdalena	F-112-04-15	0.39	32.04	44.65	
09/04/2015	011-MG Investigación	Buganvilia	Residuos de caña	M-2	Magdalena	F-113-04-15	0.42	27.22	49.98	
Métodos de Análisis: Nitrogeno: digestión húmeda y destilación por método Kjeldahl										
Carbono: incineración en mufla										
Nutrientes: digestión via seca, solución en ácido clorhídrico 6 M y lectura por Absorción Atómica, Fosforo y Boro lectura por espectrometria visible										
<b>El formato se ha modificado para incluir solo la información solicitada</b>										
Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras como fueron recibidas en el Laboratorio.										
En el Laboratorio Agronómico, no nos hacemos responsables por el uso inadecuado que se le de a este Informe.										
Fecha Entrega: 21/04/2015										
página 1/1										
Finca Camantulul, Km 92.5, Santa Lucía Cozumalguapa, Escuintla										
teléfonos 78281017-78281014										

## Anexo 2. Análisis de laboratorio después de la aplicación de los respectivos tratamientos.

Resultados de análisis de tejido foliar										
Fecha	Identificación	Finca	Lote	Pante	Ingenio	No.Lab.	Nitrogeno %	Carbono %	Humedad %	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	Muestra-1	Tratamiento-2	Magdalena	F-497-09-15	0.65	33.39	6.72	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-11	Magdalena	F-498-09-15	0.59	36.11	6.62	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-7	Magdalena	F-499-09-15	0.57	42.55	7.05	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-12	Magdalena	F-500-09-15	0.64	45.23	7.79	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-6	Magdalena	F-501-09-15	0.68	40.53	8.92	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-4	Magdalena	F-502-09-15	0.62	43.52	11.58	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-1	Magdalena	F-503-09-15	0.55	35.95	6.58	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-8	Magdalena	F-504-09-15	0.63	42.88	7.09	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-9	Magdalena	F-505-09-15	0.68	40.38	6.98	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-3	Magdalena	F-506-09-15	0.60	37.21	5.65	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-5	Magdalena	F-507-09-15	0.63	44.85	7.30	
08/09/2015	011-MG Degradación de residuos	Buganvilia	M-1	T-10	Magdalena	F-508-09-15	0.61	44.83	6.14	
Métodos de análisis: Nitrogeno: digestión húmeda y destilación por método Kjeldahl										
Nutrientes : digestión vía seca, solución en ácido clorhídrico 6 M y lectura por Absorción Atómica, Fosforo y Boro lectura por espectrometría visible										
Los resultados de este informe son válidos únicamente para las muestras como fueron recibidas en el Laboratorio.										
En el Laboratorio Agronómico, no nos hacemos responsables por el uso inadecuado que se le de a este Informe.										
Fecha Entrega:										
página 1/1										
Finca Camantulul, Km 92.5, Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla										
teléfonos 78281017-78281014										

### Anexo 3. Formato utilizado en la investigación para la recolección de datos de temperatura

Ingenio Magdalena  
Investigación Agrícola  
Control de Temperatura

Fecha	Parcela	Hora	Tem.	Fecha	Parcela	Hora	Tem.
18/05/2015	T9RIII			18/05/2015	T9RIII		
18/05/2015	T3RIII			18/05/2015	T3RIII		
18/05/2015	T1RIII			18/05/2015	T1RIII		
18/05/2015	T10RIII			18/05/2015	T10RIII		
18/05/2015	T12RIII			18/05/2015	T12RIII		
18/05/2015	T2RIII			18/05/2015	T2RIII		
18/05/2015	T11RIII			18/05/2015	T11RIII		
18/05/2015	T7RIII			18/05/2015	T7RIII		
18/05/2015	T4RIII			18/05/2015	T4RIII		
18/05/2015	T5RIII			18/05/2015	T5RIII		
18/05/2015	T6RIII			18/05/2015	T6RIII		
18/05/2015	T8RIII			18/05/2015	T8RIII		
18/05/2015	T2RII			18/05/2015	T2RII		
18/05/2015	T5RII			18/05/2015	T5RII		
18/05/2015	T7RII			18/05/2015	T7RII		
18/05/2015	T9RII			18/05/2015	T9RII		
18/05/2015	T1RII			18/05/2015	T1RII		
18/05/2015	T3RII			18/05/2015	T3RII		
18/05/2015	T10RII			18/05/2015	T10RII		
18/05/2015	T12RII			18/05/2015	T12RII		
18/05/2015	T4RII			18/05/2015	T4RII		
18/05/2015	T11RII			18/05/2015	T11RII		
18/05/2015	T8RII			18/05/2015	T8RII		
18/05/2015	T6RII			18/05/2015	T6RII		
18/05/2015	T4RI			18/05/2015	T4RI		
18/05/2015	T3RI			18/05/2015	T3RI		
18/05/2015	T5RI			18/05/2015	T5RI		
18/05/2015	T8RI			18/05/2015	T8RI		
18/05/2015	T9RI			18/05/2015	T9RI		
18/05/2015	T1RI			18/05/2015	T1RI		
18/05/2015	T6RI			18/05/2015	T6RI		
18/05/2015	T2RI			18/05/2015	T2RI		
18/05/2015	T7RI			18/05/2015	T7RI		
18/05/2015	T10RI			18/05/2015	T10RI		
18/05/2015	T12RI			18/05/2015	T12RI		
18/05/2015	T11RI			18/05/2015	T11RI		

Anexo 4. Datos de peso inicial de cada tratamiento con su respectiva repetición.

Fecha	Parcela	Repetición	Peso (gramos)
10/04/2015	T1	RI	65.6
10/04/2015	T1	RII	66
10/04/2015	T1	RIII	65
10/04/2015	T2	RI	65.4
10/04/2015	T2	RII	66.2
10/04/2015	T2	RIII	66.2
10/04/2015	T3	RI	65
10/04/2015	T3	RII	65.3
10/04/2015	T3	RIII	54
10/04/2015	T4	RI	64
10/04/2015	T4	RII	65.2
10/04/2015	T4	RIII	64.2
10/04/2015	T5	RI	65
10/04/2015	T5	RII	64
10/04/2015	T5	RIII	66.3
10/04/2015	T6	RI	66
10/04/2015	T6	RII	66
10/04/2015	T6	RIII	65.4
10/04/2015	T7	RI	66
10/04/2015	T7	RII	65
10/04/2015	T7	RIII	65.1
10/04/2015	T8	RI	65
10/04/2015	T8	RII	65
10/04/2015	T8	RIII	65.2
10/04/2015	T9	RI	64.9
10/04/2015	T9	RII	65.2
10/04/2015	T9	RIII	64
10/04/2015	T10	RI	65
10/04/2015	T10	RII	65.2
10/04/2015	T10	RIII	63.2
10/04/2015	T11	RI	64
10/04/2015	T11	RII	66.1
10/04/2015	T11	RIII	65.3
10/04/2015	T12	RI	66
10/04/2015	T12	RII	66.1
10/04/2015	T12	RIII	64.1

Anexo 5. Datos de peso final de los tratamientos y su respectiva repetición.

Fecha	Parcela	Repetición	Peso (gramos)
10/09/2015	T1	RI	20
10/09/2015	T1	RII	26.7
10/09/2015	T1	RIII	35.3
10/09/2015	T2	RI	27.9
10/09/2015	T2	RII	26
10/09/2015	T2	RIII	22.2
10/09/2015	T3	RI	19.3
10/09/2015	T3	RII	40
10/09/2015	T3	RIII	24.2
10/09/2015	T4	RI	23.5
10/09/2015	T4	RII	44
10/09/2015	T4	RIII	19.7
10/09/2015	T5	RI	31.8
10/09/2015	T5	RII	47.6
10/09/2015	T5	RIII	22.7
10/09/2015	T6	RI	33.7
10/09/2015	T6	RII	29.2
10/09/2015	T6	RIII	26.5
10/09/2015	T7	RI	19
10/09/2015	T7	RII	29.3
10/09/2015	T7	RIII	27.2
10/09/2015	T8	RI	21
10/09/2015	T8	RII	28.2
10/09/2015	T8	RIII	28.1
10/09/2015	T9	RI	19.3
10/09/2015	T9	RII	25.5
10/09/2015	T9	RIII	32.5
10/09/2015	T10	RI	20
10/09/2015	T10	RII	37.3
10/09/2015	T10	RIII	27.7
10/09/2015	T11	RI	27
10/09/2015	T11	RII	22.6
10/09/2015	T11	RIII	25.5
10/09/2015	T12	RI	23.1
10/09/2015	T12	RII	23.6
10/09/2015	T12	RIII	38.2