

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS



**EVALUACIÓN DE FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS
EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE SÁBILA (*Aloe
barbadensis* Miller) Y LA CALIDAD DEL GEL**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

PRESENTA:

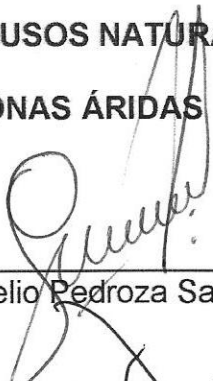
QFB. CINTHIA GUADALUPE ABA GUEVARA

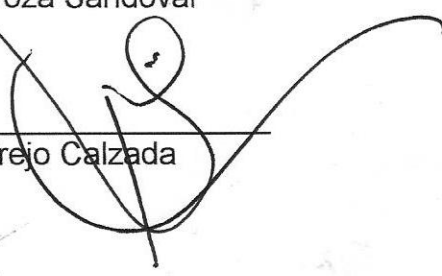
Bermejillo, Dgo. Abril de 2013.

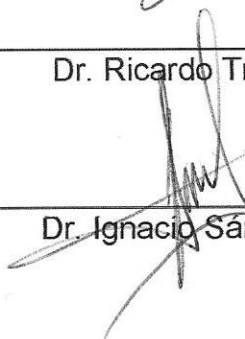
**EVALUACIÓN DE FUENTES Y DOSIS DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS
EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA PLANTA DE SÁBILA (*Aloe
barbadensis* Miller) Y LA CALIDAD DEL GEL.**

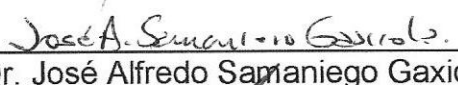
Tesis realizada por **Cinthia Guadalupe Aba Guevara** bajo la dirección del
Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito
parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO AMBIENTE
EN ZONAS ÁRIDAS**

Director: 
Dr. Aurelio Pedroza Sandoval

Co-Director: 
Dr. Ricardo Trejo Calzada

Asesor: 
Dr. Ignacio Sánchez Cohen

Asesor: 
Dr. José Alfredo Samaniego Gaxiola

Asesor: 
M. C. José Antonio Chávez Rivero

DEDICATORIAS

Dedicado a Dios por darme vida y salud, por darme fuerza y sabiduría, por guiarme en este camino y permitirme llegar a término de una etapa más de mi carrera y vida.

A mis padres Antonio Aba Renteria y Francisca Guevara Avalos, que siempre me han guiado y apoyado en todas mis decisiones y a quienes les debo la vida. Por todo su amor y paciencia, por acompañarme en los momentos buenos y los difíciles, por toda la confianza depositada en mi y por estar conmigo siempre.

Para todas las personas que me han acompañado a lo largo de mi vida en las diferentes etapas y que llegaron a formar parte importante de ella, a aquellas que ya no están conmigo pero están en mis recuerdos y mi corazón.

"No esperes por el momento preciso. Empieza ahora. Hazlo ahora. Si esperas por el momento adecuado, nunca dejarás de esperar." - **Jasmine Gillman**

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A Dios por la vida y la oportunidad de vivirla.
- ❖ A mis padres por el apoyo incondicional que siempre me han dado.
- ❖ A mis hermanos, Adan, Sarai, Jasmin y Jackeline, a mi cuñada Janeth y mis sobrinitas Danna y Camila, por todo su amor y paciencia.
- ❖ A mis familiares y amigos, que siempre me han brindado su apoyo y han estado conmigo cuando lo he necesitado, por hacerme más amena mi pasadía en este mundo y ser parte de mi vida.
- ❖ A mi director de tesis el Dr. Aurelio Pedroza Sandoval, por el apoyo brindado durante mi estadía en la maestría y durante mi investigación
- ❖ Al Dr. Ricardo Trejo Calzada, Dr. Rafael Castro Franco y todos mis profesores por contribuir a mi formación, por todo su apoyo y por transmitirme su conocimiento desinteresadamente.

- ❖ A mis compañeros que hicieron de esta travesía todo una aventura muy especial.
- ❖ Al CONACYT (Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología) por el financiamiento de mis estudios de maestría. A la Universidad Autónoma Chapingo - Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas por facilitarme sus instalaciones para llevar a cabo mi trabajo y aceptarme como parte de su institución para mi formación.
- ❖ A la M.C. Nydia Fabiola Curiel Maciel y a la IBio. Bertha Alicia Rodríguez Rodallegas por la confianza, su amistad y su gran apoyo incondicional en el laboratorio en la parte analítica de mi tesis.
- ❖ Al M.C. José Antonio Chávez Rivero y al Ing. Joel Burgueño Aguirre por todo el apoyo en la parte técnica y establecimiento del cultivo.
- ❖ Agradecimiento especial al Dr. Telesforo González Mercado y la UAFAM por todo el apoyo y la oportunidad de una estancia en su institución, la cual me deja muchas satisfacciones, recuerdos y aprendizajes.

**EVALUACIÓN DE FUENTES Y
DOSIS DE FERTILIZANTES
ORGÁNICOS
EN EL CRECIMIENTO Y
DESARROLLO DE LA PLANTA DE
SÁBILA (*Aloe barbadensis* Miller) Y
LA CALIDAD DEL GEL.**

**Cinthia Guadalupe¹ Aba Guevara,
Aurelio Pedroza Sandoval²**

RESUMEN

Los productos orgánicos a nivel nacional como internacional, son de gran demanda ya que mejoran la salud y no perjudican el medio ambiente. Por ello, se realizó el estudio para evaluar fuentes y dosis de productos orgánicos en la producción de hoja de sábila (*Aloe barbadensis* Miller). El estudio se llevó a cabo en el campo experimental de la URUZA-UACH. Se instaló una red hidráulica que permitió establecer los tratamientos en un diseño de bloques al azar, en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. Se utilizaron ácidos húmicos (0, 54 y 108 L ha⁻¹) y algaenzimas (0, 7 y 14 L ha⁻¹) y biocomposta (0,5 y 10 Ton ha⁻¹). Las variables medidas fueron: altura de planta, ancho, largo y grosor de hoja; del jugo y gel: pH, ° Brix, sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, proteínas, carbohidratos, contenido de gel y contenido de macro y microelementos. La altura de planta y largo de la hoja, fueron significativos ($P > 0.05$) con el tratamiento de 14 L ha⁻¹ de algaenzimas en interacción con 0 Ton ha⁻¹ de biocomposta. En el resto de las variables, no se identificó respuesta de tratamiento, aunque en general, el desarrollo y crecimiento de la planta y la calidad del gel se incrementaron considerablemente durante la época de otoño, lo que determina que es el período más adecuado para la cosecha de hoja.

Palabras clave: Agricultura orgánica, *Aloe*, Inocuidad.

**EVALUATION OF SOURCES AND
ORGANIC FERTILIZER DOSE ON
THE GROWTH AND
DEVELOPMENT OF ALOE PLANT
(*Aloe barbadensis* Miller) AND THE
QUALITY OF THE GEL.**

**Cinthia Guadalupe¹ Aba Guevara,
Aurelio Pedroza Sandoval²**

ABSTRAC

National and international organic products are in great demand because they improve health and do not harm the environment. Therefore, the study was carried out to evaluate the sources and rates of organic products in the production of *Aloe* leaf (*Aloe barbadensis* Miller). The study was conducted in the experimental field-URUZA in Bermejillo, Durango. It was installed an hydraulic network could establish treatments in a randomized block design in a split plot arrangement with three replications. Humic acids were used (0, 54 and 108 L ha⁻¹) and algaenzims (0, 7 and 14 L ha⁻¹), and biocompost (0, 5 and 10 t ha⁻¹). The variables that were measured: plant height, width, length and thickness of sheet. Juice and gel were measured pH, °Brix, total solids, solids precipitated in methanol, proteins, carbohydrates, gel content and content of macro and microelements. Plant height and length of the sheet, were significant ($P > 0.05$) by treatment of 14 L ha⁻¹ algaenzims interacting with 0 Ton ha⁻¹ biocompost. In the remaining variables were not identified treatment responses, although in general the growth and development of the plant and the quality of the gel was increased considerably during the fall, which is important to determine which the most appropriate period for leaf harvesting.

Keywords: Organic agriculture, *Aloe*, Food Safety.

¹Tesista, ²Director

CONTENIDO

1.	I. INTRODUCCIÓN.....	1
	OBJETIVOS.....	4
	Objetivo General.....	4
	Objetivos Específicos.....	4
	HIPOTESIS.....	4
2.	II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	5
2.1.	Origen de la sábila.....	5
2.2.	Taxonomía.....	5
2.3.	Planta	6
2.4.	Anatomía y Composición	6
2.5.	Propiedades.....	8
2.6.	Manejo integral.....	10
2.6.1.	Cultivo.....	10
2.6.2.	Superficie y Consideraciones generales de cultivo	11
2.6.3.	Clima	11
2.6.4.	Suelo y Fertilización.....	11
2.6.5.	Propagación	12
2.6.6.	Cosecha.....	13
2.6.7.	Procesamiento después de la cosecha.....	14
3.	III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1.	Ubicación geográfica.	18
3.2.	Diseño experimental	19
4.	IV. VARIABLES	22
4.1.	Propiedades Morfométricas	22
4.2.	Determinaciones químicas en laboratorio.	23
4.3.	Preparación de la muestra.	23
4.4.	Metodología para la evaluación físico-química.....	24
4.4.1.	pH del gel.....	24
4.4.2.	Contenido de azúcares (° Brix).....	24
4.4.3.	Sólidos totales	24

4.4.4. Contenido de sólidos precipitables en metanol	25
4.4.5. Contenido de cenizas.....	25
4.4.6. Macroelementos (Na, Ca, Mg y K) y Microelementos (Fe, Cu, Mn, Zn)26	
4.4.7. Fósforo (P)	28
4.4.8. Carbohidratos.....	29
4.4.9. Proteínas totales	29
5. V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
5.1. Crecimiento y desarrollo de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y ácidos húmicos.....	31
5.1.1. En largo de la hoja.....	31
5.1.2. En el ancho de la hoja.....	31
5.1.3. En el grosor de la hoja	31
5.1.4. En la altura de la planta	33
5.1.5. En el numero de hojas por planta.....	33
5.2. Crecimiento y desarrollo de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y algaenzimas.....	33
5.2.1. En el largo de la hoja	33
5.2.2. En el ancho de la hoja.....	34
5.2.3. En el grosor de la hoja	34
5.2.4. En la altura de la planta	35
5.2.5. En el numero de hojas por planta.....	36
5.3. Calidad del gel de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y ácidos húmicos.....	37
5.3.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	37
5.3.2. Contenido de azúcares (° Brix)	37
5.3.3. Sólidos totales.....	38
5.3.4. Sólidos precipitables en metanol.	38
5.3.5. Contenido de ceniza.....	40
5.3.6. Macro y Microelementos.....	40
5.3.7. Carbohidratos	42
5.3.8. Proteínas	44
5.4. Calidad del gel de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y algaenzimas.....	45

5.4.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	45
5.4.2. Contenido de azúcares (° Brix)	46
5.4.3. Sólidos totales.....	47
5.4.4. Sólidos precipitables en metanol	47
5.4.5. Contenido de cenizas.....	48
5.4.6. Macro y Microelementos.....	48
5.4.7. Carbohidratos	50
5.4.8. Proteínas	51
6. VI. CONCLUSIONES	52
7. VII. RECOMENDACIONES	54
8. VIII. LITERATURA CITADA.....	55
9. IX. APÉNDICE	61

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 SÁBILA (FOTO TOMADA POR CINTHIA ABA).....	7
FIGURA 2 PLANTACIÓN DE SÁBILA (FOTO TOMADA POR CINTHIA ABA).....	10
FIGURA 3 COMPORTAMIENTO DEL PORCENTAJE DE SÓLIDOS PRECIPITABLES EN METANOL DEL GEL DE LA SÁBILA (<i>ALOE BARBADENSIS</i> M.) EN LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS CON ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA. BERMEJILLO, DGO. 2012.....	40
FIGURA 4 COMPORTAMIENTO DEL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS EN EL GEL DE LA SÁBILA (<i>ALOE BARBADENSIS</i> M.) CON DIFERENTES DOSIS DE BIOCOMPOSTA. BERMEJILLO, DGO. 2012	43
FIGURA 5 COMPORTAMIENTO DEL PH EN EL GEL DE LA SÁBILA (<i>ALOE BARBADENSIS</i> M.) CON LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS DE ALGAENZIMAS EN INTERACCIÓN CON LA BIOCOMPOSTA. BERMEJILLO, DGO. 2012	46

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1 TAXONOMÍA (HANAN Y MONDRAGÓN, 2009)	5
CUADRO 2 PROPIEDADES MEDICINALES, COSMETICAS Y NUTRICIONALES DE LA SÁBILA (<i>ALOE</i>).....	8
CUADRO 3 LISTA DE PRINCIPALES ENFERMEDADES Y MOLESTIAS QUE LA PLANTA DE LA SÁBILA AYUDA A PREVENIR, CONTROLAR O CURAR (SAGARPA, 2009)....	10
CUADRO 4 PRINCIPALES ESTADOS QUE CONTRIBUYERON A LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE SÁBILA ENTRE LOS AÑOS 2004 AL 2007.....	15
CUADRO 5 DETERMINACIONES FÍSICO-QUÍMICAS REALIZADAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DEL RIEGO EN EL ÁREA EXPERIMENTAL. BERMEJILLO, DGO. 2012.....	21
CUADRO 6 CROQUIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DE BLOQUES AL AZAR EN UN ARREGLO DE PARCELAS DIVIDIDAS (AH = DOSIS DE ACIDO HÚMICOS, AE = DOSIS DE ALGAENZIMAS Y BC=DOSIS DE BIOCOMPOSTA), CADA COLOR SIGNIFICA UNA REPETICIÓN.....	22
CUADRO 7 COEFICIENTES DE CORRELACIÓN DE LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN DE CADA ELEMENTO.	27
CUADRO 8 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL GROSOR (CM) DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	32
CUADRO 9 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL LARGO (CM) DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	34
CUADRO 10 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL GROSOR (CM) DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	35
CUADRO 11 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN LA ALTURA (CM) DE LA PLANTA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	36
CUADRO 12 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ÁCIDOS HÚMICOS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL CONTENIDO DE SÓLIDOS PRECIPITABLES EN METANOL (%) EN EL GEL DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	39
CUADRO 13 CONCENTRACIÓN DE DATOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA GENERAL DE LAS VARIABLES DE MICRO Y MACROELEMENTOS (PPM) DEL GEL DE LA SÁBILA (<i>ALOE BARBADENSIS</i> M.). BERMEJILLO, DGO. 2012	41
CUADRO 14 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE BIOCOMPOSTA POR GRUPO EN EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS (PPM) EN EL GEL DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	44
CUADRO 15 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ALGAENZIMAS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL PH DEL GEL DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012.....	46

CUADRO 16 CONCENTRACIÓN DE DATOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA GENERAL DE LAS VARIABLES DE MICRO Y MACROELEMENTOS (PPM) DEL GEL DE LA SÁBILA (<i>ALOE BARBADENSIS</i> MILLER). BERMEJILLO, DGO. 2012	49
CUADRO 17 EFECTO DE DIFERENTES DOSIS DE ALGAENZIMAS Y BIOCOMPOSTA POR TRATAMIENTO EN EL CONTENIDO DE CARBOHIDRATOS (PPM) EN EL GEL DE LA HOJA DE SÁBILA (<i>A. BARBADENSIS</i> MILLER) EN BERMEJILLO, DGO. 2012. ...	51

I. INTRODUCCIÓN

Aloe es una planta xerófita perenne suculenta con superficie de hoja suave pero con dientes espinosos en los márgenes, con flores hermafroditas en racimos densos (Das *et al.*, 2010). Existen 400 especies de Aloe (IASC, 2008), de las cuales *A. barbadensis* Mill. y *A. arborescens* Mill. var *natalensis* Berger, son las únicas especies cultivadas comercialmente (Das *et al.*, 2010).

La sábila, por sus propiedades curativas y regeneradoras, es mencionada en pasajes bíblicos y en antiguos jeroglíficos egipcios, incluso siendo llevada por Alejandro Magno a sus conquistas como único paliativo para los golpes y heridas. En los tiempos modernos se está redescubriendo la sábila lo que motiva a investigaciones científicas, con análisis de laboratorio y pruebas clínicas controladas que validen la efectividad sus propiedades curativas (SAGARPA, 2009).

La planta de la sábila posee sus mejores propiedades nutritivas a los dos a tres años de vida, su gel se obtiene de la parte interna de las hojas después de retirarle la cascara o piel. El tejido gelatinoso o gel, es pegajoso y que presenta propiedades medicinales. El gel no puede estar más de dos horas expuesto a la intemperie ya que tiende a oxidarse con facilidad perdiendo parte de sus propiedades terapéuticas, esto hace necesario someterlo a un proceso de estabilización o bien mantener en refrigeración neutralizando así los efectos de la indeseable oxigenación (SAGARPA, 2009).

Tradicionalmente, la sábila ha sido cultivada en cantidades relativamente grandes en El Cabo (Sudáfrica) y en algunas islas del Caribe (Barbados, Puerto Rico, Cuba, Santo Domingo, Haití, islas Holandesas Aruba, Bonaire, Curazao). Desde 1930 recibió la atención de la industria médica y cosmetológica de EE.UU y Europa, lo cual estimuló el establecimiento de plantaciones en México, Texas, República Dominicana, Haití y Namibia (Añez y Vásquez, 2005).

Importantes plantaciones tecnificadas se han establecido en Costa Rica, República Dominicana y México, en donde se utilizan modernas técnicas de cultivo y obtención de gel en diferentes presentaciones, el cual tiene amplias aplicaciones en las industrias cosmética, médica, farmacéutica y agroalimentaria (Piña-Zambrano y Chirino, 2008).

La producción de sábila en México y el mundo, en el 2003, a valor del mercado mundial, superó los 122 mil millones de dólares (SAGARPA, 2009). México es el primer país latinoamericano en cuanto a superficie establecida de *Aloe* en América Latina con aproximadamente 10.700 hectáreas según datos del Consejo internacional de Ciencia en el Aloe (por sus siglas en inglés IASC). Sin embargo, según datos de ALOETRADE, provistos de fuentes privadas y la SAGARPA, actualmente la superficie cultivada en México es de aproximadamente 14 mil hectáreas. De cualquier manera, México lidera a nivel mundial la superficie cultivada de sábila (Aloetrade, 2003-2012). En México, Tamaulipas produce el 72% de la sábila nacional y Yucatán el 23% (SAGARPA, 2009).

El alto poder de adaptación de la sábila (*Aloe barbadensis* M.), permite que se le cultive en los ambientes más diversos, de clima, suelo y fitosanidad, por ello, representa una oportunidad como cultivo alternativo en zonas agrícolas marginales y que no cuentan con una opción productiva, dada la baja rentabilidad y/o productividad mostrada con los cultivos agrícolas regionales (Pedroza y Gómez, 2006).

Adicionalmente, por los usos a que están destinados los productos comerciales de la sábila y por las tendencias ambientalistas actuales, la sábila es un cultivo eminentemente orgánico. Ante la preocupación de la sociedad por la salud y la degradación de los recursos naturales y el impacto ambiental, el proceso de producción de la sábila es cada vez más rigurosamente requerido dentro de los estándares orgánicos que las organizaciones certificadoras establecen (Gómez *et al.*, 1999).

Los estudios económicos de productos de sábila de Pedroza (2002) indican que el nicho de mercado de mayor importancia actual y potencial, se encuentra en los países europeos y asiáticos, principalmente el gel, jugo o polvo orgánico. De ahí la importancia de fortalecer un paquete tecnológico de producción de sábila bajo condiciones orgánicas. Desde hace un lustro, se han hecho ensayos experimentales al respecto, pero no han sido suficientes, dado que aún no se encuentran fuentes y dosis, de materia orgánica y sus técnicas de aplicación que permitan obtener calidad y cantidad de producción de gel.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Contribuir al desarrollo de un paquete tecnológico de producción orgánica de hoja de sábila en beneficio de los productores.

Objetivos Específicos

- Evaluar diferentes dosis de biocomposta como mejorador del suelo y complemento nutricional en el cultivo de la sábila.
- Evaluar fuentes y dosis de fertilizantes orgánicos líquidos aplicados en riego presurizado en el crecimiento y desarrollo de la planta de sábila y la calidad del gel.

HIPOTESIS

- La combinación de ácidos húmicos, y algaenzimas con la Biocomposta, a determinadas dosis, no influyen en el crecimiento y desarrollo de la hoja de sábila y los propios estándares de calidad del gel.

II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Origen de la sábila

La planta de *Aloe vera* (sábila) ha sido conocida y usada por siglos para belleza, la piel y medicinal, por sus propiedades curativas. El nombre *Aloe vera* deriva de la palabra Árabe “Alloeh” que significa “sustancia amarga brillante” mientras que “vera” en Latín significa “verdad”. Los egipcianos llamaron al *Aloe* “la planta de la inmortalidad”. El *Aloe vera* ha sido usada para propósitos medicinales en diferentes culturas por milenios: Grecia, Egipto, India, México, Japón y China (Marshall, 1990). Egipcianos como la reina Nefertiti y Cleopatra usaban esta como parte de un régimen regular de belleza. Alejandro el grande y Cristóbal Colón la usaban para tratar soldados heridos. La primera referencia de *Aloe vera* en inglés, fue una traducción por John Goodyew en A.D. 1655 por el Tratado de Materia Médica Dioscorides. Para los años 1800's, el *Aloe vera* fue usada como laxante en Estados Unidos, pero a mediados de los 1930's un punto de inflexión se produjo cuando fue usado en tratamientos para dermatitis crónica y severa por radiación (Davis, s/a).

2.2. Taxonomía

Cuadro 1 Taxonomía (Hanan y Mondragón, 2009)

Reino: <i>Plantae</i>	Orden: <i>Liliales</i>
Subreino: <i>Traqueobionta</i>	Familia: <i>Liliaceae</i>
Superdivisión: <i>Spermatophyta</i>	Género: <i>Aloe</i>
División: <i>Magnoliophyta</i>	Especie: <i>Aloe barbadensis</i> Miller
Clase: <i>Liliopsida</i>	Nombre común: <i>Aloe vera</i> (sábila)
Subclase: <i>Liliidae</i>	

2.3. Planta

Es una planta que crece principalmente en climas sub-tropicales, prefieren el sol, y como una planta suculenta de la familia liliaceae soportan el riego poco frecuente. Al igual que todas las plantas de *Aloe*, no son capaces de soportar bajas temperaturas. Estas pueden ser identificadas aún más por su grosor, la forma carnosa, aleros, compensada como tentáculos, que es más pesado o más gruesa en la base y va disminuyendo hasta un punto y su color verde brillante. Plantas más jóvenes tienden a tener manchas blanquecinas en ellos, y sólo las plantas más grandes tienden a producir flores amarillas (IASC, 2008).

2.4. Anatomía y Composición

La planta tiene hojas triangulares, carnosas, con bordes dentados, flores amarillas tubulares y las frutas contienen numerosas semillas (Figura 1). Cada hoja se compone de tres capas: 1) Un gel interior transparente que contiene 99% de agua y el resto está hecho de glucomananos, aminoácidos, lípidos, esteroides y vitaminas. 2) La capa media de látex que es la savia amarilla amarga y contiene antraquinonas y glucósidos. 3) La capa exterior gruesa de células (15-20) llamada como corteza que tiene función protectora y sintetiza carbohidratos y proteínas. Dentro de la corteza son haces vasculares responsables de transporte de sustancias como el agua (xilema) y almidón (floema) (Bozzi *et al*, 2006; Tyler, 1993).



Figura 1 Sábila (Foto tomada por Cinthia Aba)

El contenido total de sólidos en el gel de *Aloe* es de 0.66 % y de 0.56 % en sólidos solubles, con algunas fluctuaciones temporales. Con base seca el gel de *Aloe* consiste de polisacáridos (55 %), azúcares (17 %), minerales (16 %), proteínas (7 %), lípidos (4 %) y componentes fenólicos (1 %) (Luta y McAnalley, 2005). El gel de *Aloe vera* contiene algunas vitaminas incluyendo importantes antioxidantes como las vitaminas A, C y E. Vitamina B1 (tiamina), niacina, vitamina B2 (riboflavina), colina y ácido fólico también están presentes (Ahlawat y Khatkar, 2011).

En cuanto a la presencia de minerales en *Aloe vera*, han sido identificados: calcio, fósforo, potasio, hierro, sodio, magnesio, manganeso, cobre, cromo, zinc. El *Aloe* contiene alrededor de 17 aminoácidos, los cuales fueron detectados cuando el extracto de *Aloe Vera* a estudiar se encontraba en estado fresco, donde el aminoácido principal es Arginina representando un 20 % del total de los aminoácidos (Vega *et al*, 2005).

2.5. Propiedades

Muchas propiedades han sido atribuidas a esta planta, por ejemplo su acción desinfectante, antiviral, antibacterial, laxante, protección contra la radiación, antiinflamatorio e inmunoestimuladorio ver cuadro 2. Se destaca su actividad contra enfermedades de la piel, como dermatitis, psoriasis y contra los daños de la irradiación, también ayuda a las afecciones en los ojos. Por otra parte ayuda en los desórdenes intestinales, tales como estreñimiento atribuyéndole acción antidisentérica, antihemorroidal, cicatrizante, laxante y colerético. (Vega *et al*, 2005)

Muchas de las actividades biológicas, incluyendo antiviral y antibacterial, han sido atribuidas al *Aloe Vera*, en particular a los polisacáridos presentes en él. Las antraquinonas como la Aloemodina en general actúan sobre los virus, lo que trae como resultado la prevención de la adsorción del virus y consecuentemente impedir su replicación (Vega *et al*, 2005).

Cuadro 2 Propiedades medicinales, cosmeticas y nutricionales de la sábila (*Aloe*).

Propiedad	Mecanismo de acción	Referencia
Antioxidante	La catalasa presente en el <i>Aloe</i> integra parte del sistema antioxidante y es importante ya que su función es destruir el H ₂ O ₂ generado durante el metabolismo celular.	Vega et al, 2005
Cicatrizante	Aumenta la síntesis de colágeno, la producción de colágeno tipo III y el grado de reticulación del colágeno.	Surjushe <i>et al</i> , 2008
Protector de radiación solar	Induce la producción de una proteína antioxidante, la metalotioneína que elimina los radicales hidroxilos y previene la supresión de la	Surjushe <i>et al</i> , 2008

	superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa en la piel.	
Antiinflamatoria	Inhibiendo la ruta de la ciclooxigenasa y reduce la producción de prostaglandina E2 a partir de ácido araquidónico. Compuesto antiinflamatorio la C-glucosil cromona.	Surjushe <i>et al</i> , 2008
Estimulante del sistema inmunológico	El compuesto alprogen, presente en el gel inhibe la entrada de calcio en las células cebadas, con lo que la inhibición de la liberación de antígeno-anticuerpo mediada por la histamina y los leucotrienos por los mastocitos. Estimula la síntesis y liberación de interleuquina-1 (IL-1).	Surjushe <i>et al</i> , 2008
Laxante	La antraquinona presente en el latex es un laxante potente. Aumenta el contenido de agua intestinal, estimula la secreción de moco y aumenta el peristaltismo intestinal.	Surjushe <i>et al</i> , 2008
Antiviral y tumoral	Por la estimulación del sistema inmune y las antraquinonas. . La aloína antraquinona inactiva varios virus encapsulados como el herpes simple, varicela zoster y la gripe.	Surjushe <i>et al</i> , 2008
Antiséptico	Contiene 6 agentes anticepticos: lupeol, ácido salicílico, nitrógeno de urea, ácido cinnamónico, fenoles y azufre. Todos ellos tienen una acción inhibitoria sobre los hongos, bacterias y virus.	Surjushe <i>et al</i> , 2008

Cuadro 3 Lista de principales enfermedades y molestias que la planta de la sábila ayuda a prevenir, controlar o curar (SAGARPA, 2009)

• Acné • Úlceras pépticas y estomacales • Alta presión sanguínea • Dolor de cabeza • Pie de atleta • Insomnio • Inflamaciones • Constipación • Colitis • Disentería • Problemas digestivos • Quemaduras por rayos X • Estimula la circulación • Infecciones de la piel • Congestión crónica de la nariz	• Reumatismo • Dermatitis • Tuberculosis • Inhibidor de dolor muscular • Seborrea y Alopecia • Quemaduras por fuego • Erupción cutánea • Esclerosis múltiple • Venas varicosas • Artritis • Cáncer de la piel, digestivo y de colon • Inflamación de intestinos • Obstrucción de venas • Anemia
---	--

2.6. Manejo integral

2.6.1. Cultivo

Las diferentes especies de *Aloe* pueden crecer en una variedad de diferentes lugares, en desierto, campos agrícolas y salientes rocosas (Figura 2) (IASC, 2008).



Figura 2 Plantación de Sábila (Foto tomada por Cinthia Aba)

2.6.2. Superficie y Consideraciones generales de cultivo

En Estados Unidos de América se sugiere que la distancia entre líneas sea de 42 pulgadas de ancho de la fila. Los productores plantan los hijuelos de *Aloe* (entre mas grandes mejor) a 60 cm de distancia. Se podría utilizar doble filas de plantas en cada cama. Con alrededor de 12 000 a 15 000 plantas por hectárea. Que permite espacio para el deshierbe frecuente y la cosecha, así como espacio para que los camiones entren a los campos para llevarse la cosechada. (IASC, 2008).

2.6.3. Clima

El *Aloe vera* crece más sanamente en las zonas con más calor y menos lluvias, los climas subtropicales son el ideal. Como casi todas las especies de *Aloe*, no son resistentes a las heladas, por lo general matan la planta o todo el cultivo (IASC, 2008).

2.6.4. Suelo y Fertilización

Los tres factores más importantes para la producción de gel de *Aloe* son el suministro de agua, la disponibilidad de nitrógeno, y la acidez del suelo en el que la planta crece. La planta no es del desierto, en realidad, su tasa de crecimiento está más ligada a la disponibilidad de agua que a cualquier otro factor. Aproximadamente tres décadas atrás se notó que el antraquinona contenido en el *Aloe* sp. dependía de factores relacionados entre sí (insolación, viento, humedad) que a su vez se relaciona con la disponibilidad de agua. Genet y Van Schooten (1992) determinaron que la disponibilidad

de agua fue el factor determinante para el crecimiento de *Aloe* en los subtrópicos (Waller *et al*, 2008).

El *Aloe vera* crece mejor en suelos poco densos y como los arenosos, que drenen con facilidad. Se recomienda la aplicación de materia orgánica en el suelo tanto como sea posible antes de la siembra y aplicar alrededor de 50 kg de nitrógeno por hectárea cuatro veces al año (después de cada cosecha trimestral) (IASC, 2008).

Si se tiene problema de disponibilidad de fertilizantes entre cosechas, aplicar fertilizantes químicos por lo menos unas dos veces al año y uso de estiércol abundante, si está disponible. No hay necesidad de aplicar cualquier fertilizante durante los primeros 4 meses después de la plantación. Deshierbe y deshije deben llevarse a cabo a intervalos regulares (IASC, 2008).

2.6.5. Propagación

A diferencia de otras especies de *Aloe*, el *Aloe vera* no produce semillas y el método más común de propagación es por vástagos o hijuelos de la planta madre (IASC, 2008). Cada planta produce hasta 5 hijuelos los cuales deben ser cosechados cuando alcancen entre 15 a 30 cm y estos se sugiere sembrar en viveros por seis meses hasta que alcanzan entre 30 a 40 cm de longitud (CEI-RD, 2011).

Los hijuelos de *Aloe vera* se pueden plantar en cualquier época del año, pero se recomienda evitar los meses más fríos. Inmediatamente después de la siembra, las plantas pueden volverse color marrón y lacias, pero con un poco de riego deberían comenzar a estar de vuelta verdes en 2 o 3 meses, cuando las raíces han comenzado a crecer en el suelo circundante. Los hijuelos pueden ser removidos de las plantas madres al menos dos veces al año para mantener las plantas más grandes y para maximizar el tamaño de la hoja (IASC, 2008). Si se carece de riego, la época de siembra debería ser al inicio de la época de lluvia (CEI-RD, 2011).

2.6.6. Cosecha

Los cortes en una sola planta se pueden hacer de 3 a 5 veces por año. El corte se hace de 3 o 4 hojas de la periferia, tirando de la hoja fuera del tallo y cortando en la base blanca. Cualquier exposición del material interior de la hoja debe ser evitada, ya que cualquier abertura dentro o en la base de la hoja inmediatamente causará el inicio de oxidación. El *Aloe vera* está calificado a través de su frescura y la oxidación es una parte del proceso de degradación (IASC, 2008).

Después del primer año y medio, se puede cosechar de 10 a 12 kg de hojas por planta. Esto sugiere que de 22 a 24 hojas pueden ser cosechadas por planta al año. Si no se aplican fertilizantes serán más bajos, las hojas más viejas tendrán prematura desecación y las hojas deben ser cosechadas cada dos meses, con probabilidades de ser hojas más pequeñas y de color marrón (IASC, 2008).

2.6.7. Procesamiento después de la cosecha

Una vez que se colectan las hojas del campo, estas deben estar reunidas para facilitar su transporte. Si las hojas van a permanecer afuera antes del proceso, estas deben ser almacenadas en un lugar frío y seco, alejado de la luz del sol. Con el fin de maximizar la frescura del *Aloe vera* y el contenido de polisacáridos, las hojas deben ser procesadas dentro de las 24 horas después del corte (IASC, 2008).

2.7. Localización del *Aloe* en México

En México, la sábila puede ser encontrada en casi todo el país, como ornato en los jardines domésticos y en algunos lugares como plantas silvestres, se pueden encontrar alrededor de antiguas haciendas y con el tiempo se han establecido en hábitat alterados por la acción del ser humano, formando parte de algunas comunidades vegetales, se multiplica por hijuelos y tiene una alta capacidad de expansión periférica para ocupar espacios, por lo menos donde no existen otras plantas herbáceas que le pueden competir (SAGARPA, 2009).

En las regiones Centro, Sur y Sureste del país, es común observar plantas aisladas desde las selvas bajas en Yucatán y el Istmo de Tehuantepec, hasta los cardonales y techeras del Valle de Tehuacán o en las cordilleras del estado de Hidalgo. Se localizan en altitudes desde los 10 hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar. Particularmente, en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas y Guanajuato, las colonias silvestres de sábila son mayores (Cuadro 4); sin embargo, las poblaciones naturales de este

género no han sido delimitadas y cuantificadas en nuestro País. Por su facilidad de adaptación y sus propiedades, la sábila ha despertado el interés como cultivo (SAGARPA, 2009).

Cuadro 4 Principales estados que contribuyeron a la producción nacional de sábila entre los años 2004 al 2007

Estado	Producción (en toneladas) por año			
	2004	2005	2006	2007
Morelos	3,593	4,037	4,955	5,046
Puebla	12,509	2,640	600	0
San Luis Potosí	28,575	10,612	9,324	13,420
Tamaulipas	38,734	44,751	118,715	131,600
Veracruz	0	360	0	0
Yucatán	4,064	8,341	7,796	3,944
Zacatecas	16	21	16	8
Total Nacional	87,491	70,761	141,406	154,018

Fuente: (SAGARPA, 2009).

México es el primer país latinoamericano en cuanto a superficie sembrada de *Aloe* en América Latina con aproximadamente 14 mil hectáreas. La producción de *Aloe* en México en forma comercial, es de historia reciente, las estadísticas oficiales disponibles de superficie sembrada, se inician hacia el año de 1986 en Nuevo León; en 1987 se incorporaron con superficies sembradas Zacatecas y Colima, en 1989 se une San Luis Potosí, y en 1991 aparecen oficialmente Tamaulipas y Yucatán, estados que en la actualidad se han convertido en los principales productores de esta planta (SAGARPA, 2009).

Existen en México 14 procesadoras industriales de *Aloe*, tanto extranjeras como empresas de capital nacional, la mayoría de las empresas produce,

vende y exporta una amplia gama de productos de *Aloe*, desde jugos hasta concentrados, *Aloe* en polvo y liofilizado, aunque todavía hay algunas empresas que se dedican a la simple venta de pencas de *Aloe* para su consumo local o exportación a Estados Unidos (SAGARPA, 2009).

2.8. Estándares de calidad del *Aloe* en el comercio internacional

El Consejo Internacional de Ciencia en el *Aloe* (IASC, por sus siglas en inglés) aplica esta norma de calidad solo para materia prima usada como ingrediente para el uso en productos de consumo oral. Esta norma no es aplicada para productos terminados o para materias primas destinadas a la elaboración de productos tópicos.

El contenido de sólidos totales en el jugo del *Aloe* con cascara es de hasta 1.0% y del jugo solo del interior de la hoja es de 0.5 %

Sólidos ≥ 0.46 % en el jugo del interior de la hoja.

Contenido de cenizas ≤ 40 %

La glucosa debe estar contenida en mínimas cantidades.

El peso seco deberá ser ≤ 5 % para el interior de la hoja, cualquier peso por encima de este nivel se considera hoja entera.

2.9. Aplicación de abono orgánico, riego

La producción y uso de los abonos orgánicos se plantea como una alternativa económica para los pequeños y medianos productores, sin embargo, se debe estandarizar la producción para que la calidad de los mismos se mantenga en el tiempo. Las ventajas de los abonos orgánicos van más allá de la parte económica, permiten el aporte de nutrientes,

incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad. Existen abonos orgánicos líquidos, como el Té de estiércol, Té de compost, humus de lombriz líquido y los sólidos como el compost, bocashi, vermicompost (Ormeño y Ovalle, 2007).

2.10. Antecedentes

En la Comarca Lagunera a finales de 1996 se inició un manejo integral sobre el cultivo de la sábila. El principal objetivo de esta primera etapa fue el de integrar un paquete tecnológico en lo agronómico para este cultivo (Calzada, 2008). De 1997 a 1999, se evaluó el crecimiento y desarrollo de la sábila con diferentes prácticas de manejo de alta productividad, bajo un sistema de evaluación de fertilización nitrogenada química y orgánica con sistema de acolchado plástico y riego por goteo (Pedroza y Duran, 2005).

En el 2000-2001, se inició una segunda etapa para enfatizar estudios más específicos sobre la fitosanidad e iniciar las evaluaciones fisicoquímicas de los subproductos como el jugo concentrado y el gel, con el objetivo de valorar el potencial de mercado de dichos productos. En el 2008 se determina la relación de diferentes prácticas agronómicas con las características cuantitativas y cualitativas de la producción de la hoja de sábila (Calzada, 2008). Más recientemente se inició la investigación sobre producción orgánica de sábila, con resultados exiguos debido a la técnica de aplicación con bomba de aspersión y riego con agua rodada.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica.

El trabajo se llevó a cabo en una plantación establecida en el campo experimental de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo (URUZA-UACH), en Bermejillo, Durango. Sus coordenadas geográficas son 23° 54' latitud Norte y 103° 37' de longitud Oeste, con una altitud de 1130 m.s.n.m. Esta región tiene clima muy seco con lluvias en verano, una precipitación media anual de 239 mm, un porcentaje de lluvias invernal menor al 5 %, con una oscilación térmica que varía de 7 a 17°C de acuerdo a la modificación de García (1973) hecha a la clasificación climática de Köppen (1936).

Los suelos son de naturaleza aluvial y predominan los xerosoles cálcicos y lúvicos, así como los yermos solos de los mismos tipos, los cuales son característicos de zonas áridas y semiáridas. La textura en los 30 cm superficiales es de mediana a fina; son suelos con más de 100 cm de profundidad que presentan horizontes A-ócrico y B-argílico bien definidos, con estructura moderadamente desarrollada en forma de bloques y bloques subangulares.

Presentan además buen drenaje interno, son ligeramente salinos con una conductividad eléctrica menor a los 2.0 dS/m por centímetro y un pH de 7.9 su contenido de materia orgánica es de 0.8 % y su capacidad de intercambio catiónico total de 12.8 miliequivalentes por cada 100 gramos de suelo (Romo 1987, citado por Pedroza, 1995).

3.2. Diseño experimental

Se decidió hacer un corte general de la plantación de sábila, aprovechando la fuerte helada que se tuvo durante el invierno de 2010. De manera que se cortó toda la hoja helada y solo se dejaron las 4 o 5 hojas del cogollo que no fueron dañadas. De esa manera se estandarizó el tamaño y volumen de la planta.

Se establecieron dos bioensayos en un diseño de bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas con tres repeticiones. En el experimento uno, las parcelas grandes fueron las dosis de ácidos húmicos y fúlvicos (0, 54 y 108 L ha⁻¹) y dosis de algaenzimas (0, 7 y 14 L ha⁻¹) en el experimento dos, y en las parcelas chicas las dosis de biocomposta (0, 5 y 10 Ton ha⁻¹) en los dos experimentos. Los biofertilizantes líquidos fueron aplicados 4 veces distribuidos a lo largo de un año, en Junio, Agosto, Octubre y Diciembre. Lo que significó aplicar 1/4 de las cantidades antes indicadas por fecha de aplicación. Se estableció en todo el lote experimental un sistema de riego presurizado con tubería principal de PVC de 2 pulgadas en una de las cabeceras del lote experimental, hacia el lado donde está la toma de agua y se establecieron derivaciones individuales por tratamiento, de manera que pudieran cerrarse o abrirse según el tipo de ferti-riego que se deseara aplicar. Para el caso de la biocomposta, se realizó una sola aplicación al inicio del experimento y se aplicó manualmente en cada unidad experimental.

Se determinaron las características físicas y químicas del suelo (textura, densidad aparente, capilaridad, velocidad de infiltración, calidad del agua,

evapotranspiración media diaria y el coeficiente experimental de evaporación) y las constantes de humedad (Capacidad de campo y Punto de marchitez permanente)(Cuadro 5), para lo cual se aplicó la metodología citada por Durán (2000).

Las determinaciones de la Capacidad de Campo (CC) y el Punto de Marchitez Permanente (PMP) (Cuadro 5), se efectuaron mediante la técnica de la olla de membrana citada por Richard (1948) y por el método biológico, citado por Gavander (1991). Con estas bases, se establecieron los tiempos de riego tanto el inicial (bulbo de humedad) como los de recuperación, de acuerdo a la tasa de evapotranspiración identificada. No hubo tratamientos de riego, solo se hicieron los cálculos para estandarizar los riegos para la aplicación de los biofertilizantes.

De esta manera, mediante las ecuaciones:

$V_a = (CC - PMP) \cdot D_a \cdot V_s / D_w$ se obtuvo el volumen de agua (46.8 l) a aplicar al volumen de suelo deseado (0.3 m^3), donde: V_a = al volumen de agua, CC= Capacidad de campo, PMP=Punto de marchitez permanente, D_a =Densidad aparente V_s =Volumen de suelo y D_w = Densidad del agua.

Procediéndose a aplicar la ecuación:

$T = V_a / q_{Got}$ Tiempo de riego de humedecimiento inicial o bulbo de mojado (15.7 hr), donde: V_a = Volumen de agua y q_{Got} = Gasto del gotero, calculado manualmente midiendo la cantidad de agua recolectada por gotero por minuto, con tres repeticiones.

Adicionalmente se calculó el tiempo de reposición (T_r) mediante la ecuación $T_r = D_{\text{máx-día}}/q_{\text{Got}}$, el cual fue de 3 hr 13 min por día, de acuerdo a la demanda máxima por día (evaporación) que se estimó en 7.71 l día^{-1} (Durán, 2000).

Cuadro 5 Determinaciones físico-químicas realizadas para el establecimiento del riego en el área experimental. Bermejillo, Dgo. 2012

PARÁMETRO	VALOR
Gasto del gotero	6 lpm
Densidad aparente	1.2 gr cm^{-3}
Capilaridad	0.99 cmmin^{-1}
Velocidad de infiltración básica	1.3 cm hr^{-1}
Capacidad de Campo (CC)	25 %
Calidad del agua	2,300 dS/m
Evaporación media máxima diaria	11 mm
Coeficiente experimental de evaporación	70 %
Punto de Marchites Permanente (PMP)	12 %

La unidad experimental fue de tres surcos de 10 m de longitud y 1 m de ancho entre surcos. La parcela experimental tuvo un margen de 9 m en cada cabecera para eliminar efecto de orilla (Cuadro 5). La unidad experimental fue el surco medio de cada tratamiento, a partir de la cual se seleccionaron al azar tres plantas de las cuales se obtuvieron tres hojas de cada una de ellas para la medición de las variables a evaluar.

AH0BC2	AH0BC1	AH0BC0
AH1BC2	AH1BC0	AH1BC1
AH2BC0	AH2BC2	AH2BC1
AE0BC0	AE0BC1	AE0BC2
AE2BC1	AE2BC2	AE2BC0
AE1BC1	AE1BC0	AE1BC2
AH2BC0	AH2BC2	AH2BC1
AH0BC2	AH0BC1	AH0BC0
AH1BC0	AH1BC1	AH1BC2
AE1BC1	AE1BC0	AE1BC2
AE2BC2	AE2BC1	AE2BC0
AE0BC0	AE0BC2	AE0BC1
AE1BC0	AE1BC1	AE1BC2
AE0BC1	AE0BC0	AE0BC2
AE2BC0	AE2BC2	AE2BC1
AH1BC2	AH1BC1	AH1BC0
AH2BC1	AH2BC2	AH2BC0
AH0BC1	AH0BC0	AH0BC2

Cuadro 6 Croquis del diseño experimental de bloques al azar en un arreglo de parcelas divididas (AH = Dosis de ácido húmicos, AE = Dosis de Algaenzimas y BC=Dosis de Biocomposta), cada color significa una repetición.

IV. VARIABLES

4.1. Propiedades Morfométricas

- Longitud de hoja (cm). Para la cual se utilizó una cinta métrica convencional.
- Ancho de hoja (cm). Para esta determinación también se utilizó una cinta métrica convencional. Tomando la medida por la parte posterior de la hoja.

- Grosor de hoja (cm). Este parámetro se tomó con ayuda de un calibrador vernier.
- Altura de la planta (cm). La altura de la planta se tomó con una cinta métrica convencional.
- Numero de hojas por planta. Para ello se contabilizaron manualmente.

Las variables morfométricas fueron evaluadas cinco veces y las de tipo físico-químico se evaluaron tres veces en el tiempo, durante el año (de Junio de 2011 a Junio de 2012).

4.2. Determinaciones químicas en laboratorio.

Las determinaciones químicas se hicieron de acuerdo a los parámetros que establece la IASC.

4.3. Preparación de la muestra.

Para el contenido del gel se obtuvo haciendo una incisión en la parte interna de la hoja, luego con una espátula se levanto la corteza de la hoja, separando la pulpa de la parte inferior con cuidado para evitar la contaminación del gel con el acíbar.

A la pulpa obtenida se le determinó su peso en gramos para determinar el contenido de gel por hoja. Para la evaluación química se homogenizó la muestra de las tres hojas, se congeló el gel a -36 °C para su conservación. Se tomo 1 gramo del gel y se llevó a la mufla (modelo THERMO

SCIENTIFIC F62735 1276081107330) a 480 °C por una hora para obtener las cenizas que fueron utilizadas para las pruebas.

4.4. Metodología para la evaluación físico-química

Metodología para las siguientes pruebas de acuerdo a Calzada (2008).

4.4.1. pH del gel

Para medir el pH se tomo la pulpa de las 3 hojas, se extrajo el jugo con un extractor de jugos convencional, se utilizó un potenciómetro Conductronic PH120, 224860 para medir el pH inmediatamente después de ser homogenizada la muestra.

4.4.2. Contenido de azúcares (° Brix)

Se empleo un refractómetro (ATAGO PAL-1) empleando como blanco agua destilada, se tomo una alícuota con una pipeta pauster de 1 gota de jugo, se colocó en el prisma y se procedió a dar lectura, obteniendo el resultado en °Brix.

4.4.3. Sólidos totales

Para esta determinación se realizaron modificaciones al método empleado por Calzada en 2008. En un crisol de porcelana a peso constante, se pesó 1 g del gel en una balanza analítica (modelo SHIMADZU AY220 D432813117), posteriormente se colocó en una estufa de secado (THERMOSCIENTIFIC PRESICION OV700F) a 105 °C durante 24 horas,

posteriormente se obtuvo el peso seco para calcular el porcentaje de sólidos totales.

4.4.4. Contenido de sólidos precipitables en metanol

Se realizaron modificaciones al método empleado por Calzada-Rivera en 2008, donde partiendo del residuo obtenido de sólidos totales, se añadieron 25 ml de metanol al 99 % para cada muestra, traspasándola a un tubo cónico de 50 ml previamente tarado, se agitó durante 30 minutos a temperatura ambiente en un agitador (THERMOSCIENTIFIC 2346) a velocidad media, se dejó reposar toda la noche. Se centrifugó y se lavó el precipitado tres veces con 25 ml de metanol.

Realizados los lavados, los tubos fueron colocados en una estufa de secado (EQUIPAMENT 273-777) a una temperatura de 45-60 °C por 24 horas. Transcurrido el tiempo se colocaron los tubos en un desecador hasta que alcanzo una temperatura ambiente. Finalmente se pesó para reportar en porcentaje de sólidos precipitables en metanol.

4.4.5. Contenido de cenizas

Se tomó un gramo de la muestra de gel y se pasó a una capsula de porcelana previamente tarada, se metió a la mufla (Thermo Scientific F62735, 1276081107330) por 18 horas a 540 °C, al lapso de ese tiempo se sacaron y se le agregaron 2 ml de ácido nítrico concentrado y se llevaron a sequedad en una plancha eléctrica de calentamiento para evaporar el ácido y aclarar las cenizas. Luego se volvieron a meter a la mufla por 18 horas a 540 °C, y al lapso de tiempo se sacaron y se pesó, para determinar por diferencia el contenido de cenizas. Estas se reservaron en un desecador

para su posterior uso en las determinaciones de los macroelementos y microelementos.

4.4.6. Macroelementos (Na, Ca, Mg y K) y Microelementos (Fe, Cu, Mn, Zn)

Se partió de las cenizas obtenidas y se analizo por espectrofotometría de absorción atómica de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana **NOM-117-SSA1-1994**, bienes y servicios.

Procedimiento

Partiendo de las cenizas, se agregaron 15 ml de ácido clorhídrico al 1N al crisol con el contenido de cenizas, se instaló un embudo sobre un matraz volumétrico de 100 ml, se anotó sobre éste la misma numeración que el crisol correspondiente, se paso el contenido del crisol por medio de un chorro de agua destilada, manteniéndolo encima del embudo, se frotó las paredes del crisol con la ayuda de un agitador y se enjuago por última vez con un agua destilada.

Se lavo bien el filtro con pequeños chorros de agua destilada dirigidos del exterior al interior, repitiendo la operación cuatro o cinco veces, dejando escurrir bien entre cada lavada. Se retiro el matraz volumétrico debajo del embudo y se aforo a 100 ml muy precisamente con agua, se tapo con papel parafilm y homogenizo cuidadosamente por volteadas sucesivas, cuidando de no poner los dedos en contacto con la solución, a fin de evitar riesgos de contaminación. Las muestras estuvieron listas para pasarse al

espectrofotómetro (PERKIN-ELEMER ANALYST 200 200S5101806 240545).

Con estas muestras se leyeron todos los macros y micronutrientes, utilizando estándares para la curva de calibración y lámparas de cátodo hueco para cada uno de los elementos analizados.

Se realizaron curvas de calibración para cada uno de los parámetros medidos (Ver apéndices 25-33), por el mismo método, en el cuadro 7 se muestra el coeficiente de correlación para cada uno de ellos.

Cuadro 7 Coeficientes de correlación de las curvas de calibración de cada elemento.

Elemento	Coeficiente de correlación
Na	0.998
K	0.998
Mg	0.998
Mn	0.997
Cu	0.997
Fe	0.997
Zn	0.999
Ca	0.998
P	0.999

Cálculos:

Los resultados están expresados en ppm.

- L, lectura obtenida en el espectrofotómetro por la muestra, en ppm
- RAP, relación volumen de aforo/peso de muestra
- D, dilución eventualmente adaptada para la lectura

Entonces:

$L \times RAP \times D = \text{ppm del elemento considerado en la muestra.}$

4.4.7. Fósforo (P)

Se realizo con solución mixta, molibdato-metavanadato de amonio por espectrofotometría.

Procedimiento

Se tomó 1 g de gel e introdujo en un matraz de destilación, se agregaron 10 ml de ácido nítrico-perclórico (3:2) para ponerlas en digestión. Al término de la digestión se aforó el contenido restante a 100 ml. Para la cuantificación se tomaron 5 ml de la muestra y se mezclaron con 5 ml de la solución mixta y se agito, se dejo reposar por 30 minutos, se procedió a la lectura en el espectrofotómetro (THERMOSPECTRONIC GENESIS 20) a una longitud de onda de 490 nm.

Cálculos:

- Se trazo una curva a partir de las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro para cada punto de la gama.
- Se leyeron los resultados obtenidos en ppm

Así:

- RAP, relación volumen de aforo/peso de muestra
- D, dilución adoptada para la lectura
- L, lectura, en ppm, obtenida para la muestra

Entonces:

$$\frac{L \times D \times RAP}{1000} = \% \text{ de fósforo total en la muestra seca al aire}$$

4.4.8. Carbohidratos

Se hizo la determinación cuantitativa de carbohidratos empleando el método de la antrona.

Se colocó un 1ml de jugo de sábila obtenido por medio de un extractor eléctrico marca Moulinex, en un tubo de 13x150 al cual se añadieron 4 ml del reactivo de antrona preparada en base de H_2SO_4 al 2% y se mezcló rápidamente. Se colocaron los tubos en un baño de agua hirviendo durante 10 minutos tapándolos con una bola de vidrio para prevenir pérdida de agua por evaporación. Se dejó enfriar y se procedió a la lectura de su absorbancia a una longitud de onda a 620 nm contra un blanco (testigo). Se prepararon las curvas patrón a partir de soluciones de glucosa.

Se preparo una solución estándar de glucosa de 1000 ppm. Se peso un 1 g de Glucosa en 1000 ml de agua destilada, a partir de dicha solución se hicieron las diluciones: de 12.5, 25, 50, 100 ppm, se preparan de igual manera que las muestras problemas para su lectura.

4.4.9. Proteínas totales

Para la determinación de proteínas, se utilizó el BCATM Protein Assay Kit-Reducing Agent Compatible, marca PIERCE No. 23250. Tomando en cuenta las instrucciones del inserto que se incluían en el kit, por espectrofotometría.

Procedimiento

Se tomaron 25 microlitros del jugo de la sábila con una pipeta automática de 1-100ul, se colocaron en un tubo eppendorf, se adiciono 25 microlitros del

reactivo de compatibilidad, se mezcló en vortex a baja velocidad. Se incubaron los tubos a 37 °C por 15 minutos en un baño de agua. Al lapso de tiempo se les adicionó 1 ml del reactivo WR a cada tubo y se mezcló en el vortex. Se incubaron los tubos nuevamente a 37 °C por 30 minutos en el baño de agua, se sacaron y se dejaron enfriar a temperatura ambiente de 5 a 10 minutos. Luego se procedió a su lectura a 562 nm. Cuidando no pasara más de 10 minutos en leer las muestras. Se tomó la absorbancia y los resultados se expresaron en ppm.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Crecimiento y desarrollo de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y ácidos húmicos

5.1.1. En largo de la hoja

Estadísticamente no se presentó ningún efecto en este parámetro, con las dosis y tiempos de aplicación utilizados en este experimento (Apéndice 1-3). Se puede observar que hubo un crecimiento gradual de la hoja a lo largo de la duración de los tratamientos. Observando que el efecto se presentó en otras partes de la planta.

5.1.2. En el ancho de la hoja

Al igual que en el largo de la hoja, en el ancho no se registró ningún efecto estadísticamente significativo, al menos en las dosis y tiempos de aplicación manejados (Apéndice 1-3). Concentrándose dicho efecto en el grosor de la hoja. En el cual se puede apreciar un menor incremento en el periodo de Agosto a Octubre en el ancho de la hoja.

5.1.3. En el grosor de la hoja

De acuerdo al análisis de varianza y prueba de rango múltiple de medias Tukey a ($P = 0.05$) no hubo diferencia significativa entre los factores de variación probados, dosis de ácidos húmicos ($0, 54$ y 108 L ha^{-1}) y de biocomposta ($0, 5$ y 10 Ton ha^{-1}), ni efecto de interacción entre ellos.

Tampoco se encontró diferencia significativa en el análisis por fecha de muestreo realizadas, excepto en el grosor de hoja en el cual se identificó un

incremento en el segundo muestreo (24 de Agosto de 2011) (Cuadro 8), para la segunda aplicación del biofertilizante, en el cual sobresale el tratamiento con la dosis cero de ácidos húmicos y dosis de 10 Ton ha⁻¹ de biocomposta, con un aumento del 13.76% en comparación con el testigo.

Cuadro 8 Efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos y biocomposta por tratamiento en el grosor (cm) de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de ácidos húmicos L ha ⁻¹	Dosis de biocompost a Ton ha ⁻¹	06-Jun-11	24-Ago-11	31-Oct-11
0	0	1.14 a	1.25 ab	1.90 a
0	5	1.21 a	1.32 ab	2.08 a
0	10	1.25 a	1.42 a	2.15 a
54	0	1.18 a	1.23 ab	2.00 a
54	5	1.33 a	1.18 b	3.95 a
54	10	1.12 a	1.39 a	2.00 a
108	0	1.11 a	1.26 ab	1.90 a
108	5	1.03 a	1.28 ab	2.03 a
108	10	1.25 a	1.32 ab	2.10 a

Prueba de Tukey (p = 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Es importante mencionar que con la aplicación de la biocomposta se han obtenido mejores rendimientos que sin la aplicación de la misma, contrario a lo que menciona Cruz (1997). La disponibilidad de agua es un factor determinante para el crecimiento de *Aloe*. (Waller *et al*, 2008).

El que no se detectara efecto significativo con la aplicación de los ácidos húmicos pudo haberse debido a que las dosis y los períodos de aplicación de los biofertilizantes no hayan sido los adecuados.

5.1.4. En la altura de la planta

De acuerdo al análisis de varianza (ANOVA) y a la prueba de medias Tukey, no se presentó diferencia estadística significativa en este parámetro (Apéndice 1-3). Al menos no en las dosis probadas, ni entre fechas de aplicación.

5.1.5. En el número de hojas por planta

Al igual que en los parámetros de largo y ancho de hoja, altura de planta y número de hojas por planta, no se registró ningún efecto estadístico significativo para el número de hojas por planta, con las diferentes tratamientos de biofertilizantes utilizados (Apéndice 1-3), ni entre fechas de muestreo, al menos no con las fuentes y dosis utilizadas.

5.2. Crecimiento y desarrollo de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y algaenzimas

5.2.1. En el largo de la hoja

De acuerdo al ANOVA y rango múltiple de medias Tukey ($P = 0.05$), Se observó una variación significativa en el largo de la hoja, con el tratamiento de la dosis de 14 L ha^{-1} de algaenzimas y la dosis cero de biocomposta (Cuadro 9), presentándose el efecto hasta la tercera fecha de muestreo (31 de Octubre de 2011), con un incremento del 48.43 % en comparación con el testigo.

Cuadro 9 Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y biocomposta por tratamiento en el largo (cm) de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de algaenzimas L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	06-Jun-11	24-Ago-11	31-Oct-11
0	0	25.1 a	43.7 a	41.1 b
0	5	31.7 a	44.9 a	46.9 ab
0	10	26.4 a	43.3 a	45.6 ab
7	0	28.1 a	41.8 a	43.0 b
7	5	28.0 a	41.4 a	42.9 b
7	10	28.3 a	43.9 a	44.6 ab
14	0	25.1 a	43.1 a	61.0 a
14	5	28.4 a	47.2 a	46.4 ab
14	10	29.6 a	48.0 a	48.9 ab

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

5.2.2. En el ancho de la hoja

Estadísticamente no hubo diferencia entre los diferentes tratamientos (Apéndice 4-6), ni entre fecha de muestreo, al menos en las dosis y tiempos manejados para este experimento. Pudiéndose referir el efecto a otro aspecto de la planta, como el largo y grosor. Esto debido a las dosis manejadas en los tratamientos, que fueron muy bajas y los tiempos de aplicación que estuvieron muy lejanos.

5.2.3. En el grosor de la hoja

Así mismo se presentó efecto estadísticamente significativo en el grosor de la hoja por tratamiento, en el cual destacó el tratamiento con la dosis 0 de algaenzimas con 5 Ton ha⁻¹ de biocomposta (Cuadro 10), igualmente para el tercer muestreo (31 de Octubre de 2011). Con un incremento del 7.51 % en comparación con el testigo. Los efectos con las algaenzimas fueron

presentados hasta el tercer muestreo, dos meses después de la segunda aplicación, el cual puede ser que las dosis utilizadas fueron muy bajas y los periodos de aplicación muy largos.

Cuadro 10 Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y biocomposta por tratamiento en el grosor (cm) de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de algaenzimas L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	06-Jun-11	24-Ago-11	31-Oct-11
0	0	1.13 a	1.34 a	1.92 ab
0	5	1.23 a	1.39 a	2.07 a
0	10	1.14 a	1.28 a	1.96 ab
7	0	1.34 a	1.29 a	1.98 ab
7	5	1.23 a	1.38 a	1.62 b
7	10	1.32 a	1.35 a	1.90 ab
14	0	1.03 a	1.41 a	1.94 ab
14	5	1.04 a	1.28 a	1.88 ab
14	10	1.08 a	1.41 a	1.95 ab

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

5.2.4. En la altura de la planta

En el cuadro 11 se muestran los resultados por tratamiento con las algaenzimas en interacción con la biocomposta, en el cual se muestra que el tratamiento con la dosis de 14 L ha⁻¹ de algaenzimas y la dosis cero de biocomposta tuvo una diferencia estadísticamente significativa para el tercer muestreo (31 de Octubre de 2011) directamente en la altura de la planta, presentándose el efecto dos meses después de la segunda aplicación de los biofertilizantes. Observándose un incremento del 8.06 % en comparación

con el testigo. Infiriendo que fue debido a las dosis y tiempos manejados para los tratamientos.

Cuadro 11 Efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos y biocomposta por tratamiento en la altura (cm) de la planta de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de algaenzimas L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	06-Jun-11	24-Ago-11	31-Oct-11
0	0	38.1 a	47.8 a	54.7 ab
0	5	38.3 a	55.4 a	54.6 ab
0	10	35.9 a	47.1 a	55.4 ab
7	0	40.8 a	52.7 a	56.3 ab
7	5	37.9 a	54.4 a	47.2 b
7	10	40.0 a	47.3 a	53.5 ab
14	0	34.7 a	45.4 a	59.1 a
14	5	38.7 a	53.1 a	53.2 ab
14	10	40.1 a	53.0 a	58.3 ab

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

5.2.5. En el numero de hojas por planta

Al igual que en el ancho de hoja, no hubo significancia estadística por el efecto por tratamiento ni por fecha de muestreo, al menos en las dosis utilizadas en el experimento (Apendice 4-6).

Cabe señalar que durante el periodo del análisis, se realizaron los 5 muestreos morfométricos, pero para el análisis estadístico solo se tomaron los 3 primeros, ya que el frio daño las plantas de sábila y los datos no nos sirvieron para sacar producción, pero con los 3 análisis anteriores se pudo hacer este análisis.

5.3. Calidad del gel de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y ácidos húmicos

5.3.1. Potencial de hidrógeno (pH)

No se mostro diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, ni entre fechas de muestreo (Apéndice 7-9). Aunque al principio en el primer muestreo el pH fue de 4.8, en los muestreos posteriores, todos los valores de los diferentes tratamientos fueron ≤ 4.6 quedando dentro de los estándares permitidos por la IASC, que marca para este parámetro un pH de 3.5 – 4.7

Este comportamiento puede deberse a que la acidez está asociada con la materia orgánica o con ciertos minerales los cuales están presentes en la composta orgánica, ocasionando un pH ligeramente ácido (Aguilar y Castellanos, 1987).

5.3.2. Contenido de azúcares (° Brix)

La concentración de azúcares en el gel de la sábila no fue afectada por los diferentes tratamientos probados en este estudio, ya que no se encontró diferencia estadística (Apendice 7-9), aunque se logró identificar una tendencia de mayor concentración de los azúcares para la segunda fecha de muestreo (14 de Diciembre de 2011) en el ultimo muestreo volvió a descender, lo cual pudiera estar relacionado al inicio del periodo invernal, obteniendo una mínima de 0.82 y una máxima de 1.00 grados Brix. De acuerdo a la IASC, la concentración de los carbohidratos (azúcares) debe ser muy baja, sin embargo no establece límites estándar para este parámetro.

5.3.3. Sólidos totales

Tampoco hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, ni entre fechas de muestreo (Apéndice 7-9). En el segundo muestreo, los valores en sólidos precipitables se observaron un poco más altos que en los otros dos muestreos, sin embargo al final los valores más bajos obtenidos fueron de 1.47 % y el más alto de 1.59 %, quedando dentro de los parámetros que marca la IASC para el contenido de los sólidos totales, con un estándar de ≥ 0.46 %

5.3.4. Sólidos precipitables en metanol.

Para esta variable los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en las fechas de muestreo analizadas, aunque para la segunda fecha de muestreo hubo un incremento en el contenido de sólidos precipitables en metanol, correspondiente a un 68.66 % en comparación con el primer muestreo y para el tercer muestreo disminuyó en un 69.79 % quedando con valores aproximados a los iniciales (Cuadro 12).

Ya que la IASC marca como rango estándar sólidos totales y dentro de estos los sólidos precipitables en metanol, no se tiene un parámetro en específico para esta variable, sin embargo marca un rango de sólidos totales de 0.46 a 1.31 % el cual engloba a la mayoría de las muestras realizadas en los diferentes muestreos a lo largo del estudio. Como se observa, no hay ninguna relación directa entre los tratamientos para asociarlos a que se haya debido a efecto de tratamiento. Al igual que calzada (2008) el aumento en el contenido en sólidos precipitables en metanol se presentó hasta el segundo

muestreo, cuatro mese después de la primera aplicación de los biofertilizantes.

Duran (2000) menciona que existe una correlación significativa pero negativa entre los sólidos solubles totales y las variables longitud, grosor basal y peso de hoja. Esto se relaciona con el efecto de dilución, al tener mayores dimensiones en la hoja la tendencia es a que la concentración de sólidos solubles totales se verá disminuida, lo cual fue a la inversa en el presente estudio.

Cuadro 12 Efecto de diferentes dosis de ácidos húmicos y biocomposta por tratamiento en el contenido de sólidos precipitables en metanol (%) en el gel de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de ácidos húmicos L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	24-Ago-11	11-Dic-11	13-Abr-12
0	0	0.30 a	0.67 a	0.25 a
0	5	0.53 a	0.38 a	0.54 a
0	10	0.42 a	0.78 a	0.41 a
54	0	0.49 a	0.42 a	0.38 a
54	5	0.38 a	0.58 a	0.40 a
54	10	0.43 a	0.54 a	0.38 a
108	0	0.38 a	0.70 a	0.52 a
108	5	0.40 a	0.69 a	0.25 a
108	10	0.33 a	0.57 a	0.59 a

Prueba de Tukey (p = 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

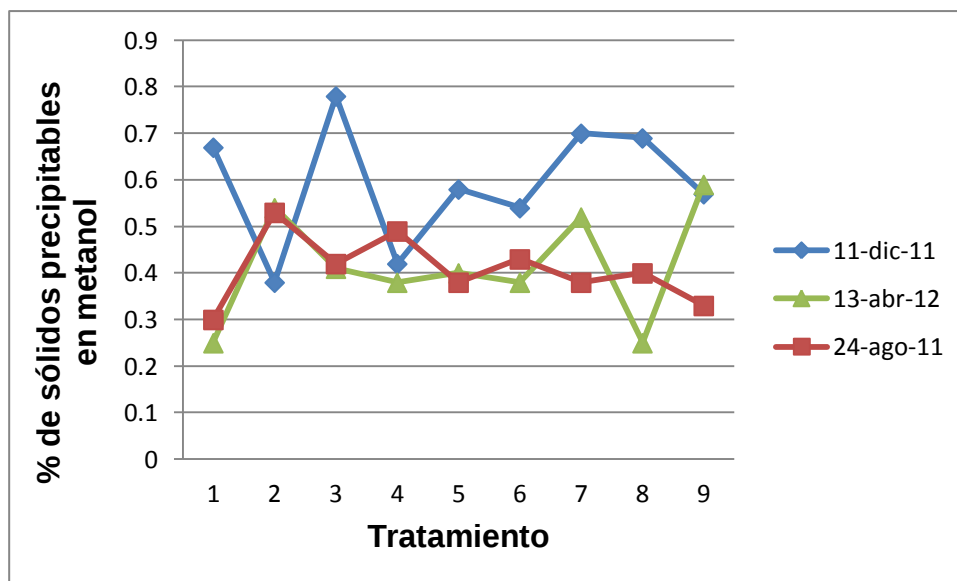


Figura 3 Comportamiento del porcentaje de sólidos precipitables en metanol del gel de la sábila (*A. barbadensis* M.) en los diferentes tratamientos con ácidos húmicos y biocomposta. Bermejillo, Dgo. 2012

5.3.5. Contenido de ceniza

De acuerdo al análisis estadístico realizado, no se encontró diferencia significativa entre las diferentes dosis del tratamiento, ni entre fechas de muestreo, para el contenido de cenizas. Obteniendo una mínima de 0.03 % y una máxima de 0.46 % en el contenido de gel, entre los diferentes tratamientos. De acuerdo a la IASC que marca un estándar para el contenido de cenizas de menos de 40 %. De manera que todos los valores encontrados en este análisis quedaron dentro de este parámetro permisible (Apéndice 7-9).

5.3.6. Macro y Microelementos

En general en el contenido de macro y microelementos (Na, K, Ca, Mg y P) no tuvo variación significativa estadísticamente, según los datos arrojados en la prueba de medias y varianza, ni por fecha ni por tratamiento (Cuadro 13).

A excepción del fósforo en el segundo muestreo, el cual tuvo mayor concentración con el tratamiento de 108 L ha⁻¹ de ácidos húmicos, pero ya para el tercer muestreo no hubo diferencia significativa entre las dosis de los tratamientos. La IASC no establece ningún parámetro estándar para esta variable.

Cuadro 13 Concentración de datos de análisis de varianza general de las variables de micro y macroelementos (ppm) del gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.). Bermejillo, Dgo. 2012

Fecha de muestreo	Dosis de ácidos húmicos L ha ⁻¹	Na	K	Ca	Mg	P
24-Ago-11	0	2.549 a	2.070 a	6.516 a	0.3213 a	0.006 a
	54	3.011 a	13.411 a	6.494 a	0.3673 a	0.006 a
	108	4.078 a	16.295 a	7.242 a	0.5272 a	0.007 a
11-Dic-11	0	2.531 a	8.821 a	4.813 a	0.4331 a	0.006 b
	54	1.668 a	9.599 a	4.437 a	0.4195 a	0.006 b
	108	1.959 a	8.209 a	4.437 a	0.4835 a	0.007 a
13-Abr-12	0	2.018 a	4.724 a	7.173 a	0.2493 a	0.009 a
	54	1.688 a	7.413 a	8.465 a	0.3670 a	0.010 a
	108	2.708 a	9.362 a	8.212 a	0.3430 a	0.009 a

Prueba de Tukey (p = 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Calzada (2008) el mejor mes para programar el corte y obtener mayor concentración en los nutrientes es a partir de julio, lo cual coincide con los presentes resultados, en el cual el mes de agosto presenta una mayor concentración de nutrientes en la mayoría de los macro y microelementos. Siendo que en el mes de diciembre se nota el decremento en el contenido de los mismos, y mostrando una recuperación en el contenido para el mes de Abril.

La biocomposta proporciona nutrientes a la planta pero la disponibilidad de los mismos dependerá de su composición y liberación de los componentes orgánicos. De los principales elementos nutritivos presentes en la composta, de 70-80 % de fósforo y de 80-90 % de potasio están disponibles el primer año después de la aplicación, mientras que el nitrógeno, todo es orgánico, es decir debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas, no obstante, en el primer año solo se mineraliza el 11 %, generándose una deficiencia (Rosen y Bierman, 2005).

Se analizaron también hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn) y zinc (Zn) pero presentaron concentraciones tan bajas que no pudieron ser detectadas por el método. A pesar de utilizar un método de alta sensibilidad no se pudieron detectar en los rangos de concentración, esto debido a que son elementos que se encuentran en muy poca concentración en el suelo, por lo que no están altamente disponibles para ser extraídos por la planta; además son elementos que la planta requiere en pequeñas cantidades. En cuestión de esto no pudieron ser analizados estadísticamente.

5.3.7. Carbohidratos

La concentración de carbohidratos en el gel no fue afectada por los diferentes tratamientos con los biofertilizantes, ya que no se encontró diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 14); solo se encontró diferencia entre las concentraciones obtenidas entre el primer y el segundo muestreo, en el cual para el segundo muestreo se incrementaron súbitamente las concentraciones, sin significancia estadística entre

tratamientos, esto debido a que la planta se prepara para la temporada de frío. Ya para el tercer muestreo se volvieron a regularizar, con un contenido bajo de carbohidratos, incluso más bajo que los mostrados al inicio del tratamiento (Figura 4). De acuerdo a la IASC los valores de carbohidratos deben ser bajos, aunque no establece un parámetro estándar para medir estos.

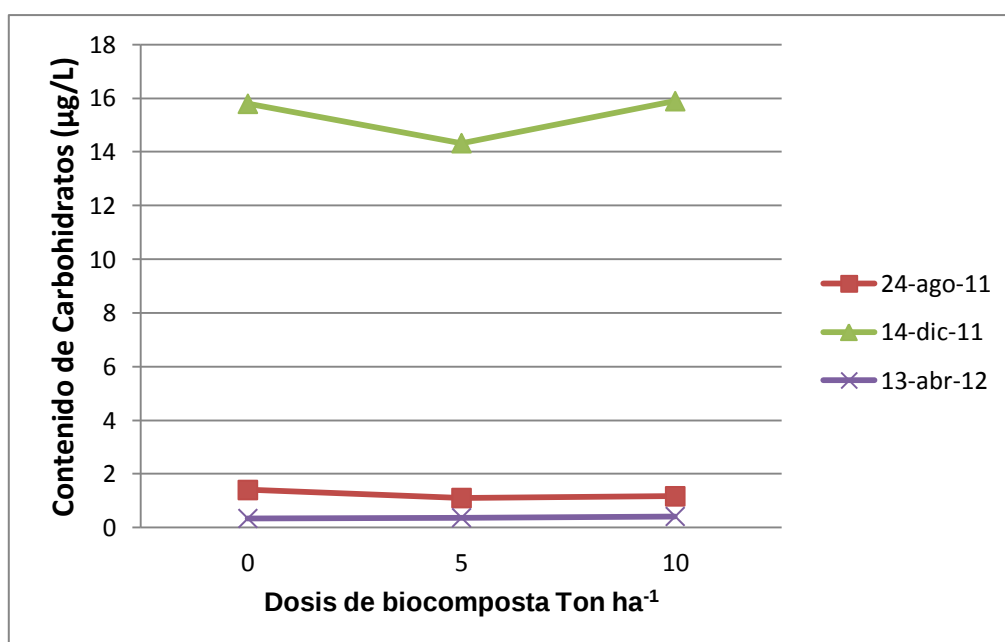


Figura 4 Comportamiento del contenido de carbohidratos en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) con diferentes dosis de biocomposta. Bermejillo, Dgo. 2012

En el análisis de contenido de gel por hoja, en el pH, contenido de cenizas, sólidos totales, contenido de azúcares y proteínas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo los valores están dentro de los parámetros establecidos por la IASC, en los cuales establece que el pH del gel debe ser menor a 4.7, dando en el último muestreo (13 de Abril de 2012) para todos los tratamientos debajo de este valor permisible.

En el contenido de ceniza, la IASC marca que debe contener menos del 40 %, dando en nuestras muestras para las tres fechas muestreadas valores por debajo de este parámetro.

Cuadro 14 Efecto de diferentes dosis de biocomposta por grupo en el contenido de carbohidratos (ppm) en el gel de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012

Dosis de ácidos húmicos L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	24-Ago-11	11-Dic-11	13-Abr-12
0	0	1.547 a	14.794 a	0.246 a
0	5	1.250 a	14.111 a	0.432 a
0	10	1.282 a	15.606 a	0.452 a
54	0	1.176 a	15.464 a	0.327 a
54	5	1.056 a	13.192 a	0.427 a
54	10	1.087 a	15.371 a	0.480 a
108	0	1.498 a	17.137 a	0.472 a
108	5	1.018 a	15.692 a	0.270 a
108	10	1.149 a	16.710 a	0.334 a

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

5.3.8. Proteínas

No hubo diferencia estadísticamente significativa en la concentración de proteínas, entre los diferentes tratamientos probados en este análisis (Apéndice 10-12), obteniendo una media general del tratamiento de 0.01 % de proteínas contenidas en el gel de la hoja de sábila. Aunque la sábila tiene una baja concentración de proteínas se obtuvieron resultados aun más bajos que los obtenidos por Pérez-Álvarez *et al*, (S/A) de 0.08 %. Este parámetro es importante para poder determinar el valor nutricional de la sábila y saber si se puede utilizar como una fuente de proteínas alterna.

5.4. Calidad del gel de la sábila al aplicar al suelo biocomposta y algaenzimas

5.4.1. Potencial de hidrógeno (pH)

De acuerdo al análisis de varianza general entre los diferentes tratamientos de la interacción de algaenzimas con la biocomposta, no produjeron ningún efecto en la variación del pH (Cuadro 15), solo al inicio del tratamiento en el primer muestreo tuvo un aumento estadísticamente significativo en el tratamiento que contenía dosis 7 L ha^{-1} de algaenzimas y dosis de 10 Ton ha^{-1} de biocomposta, observando que los tratamientos con esta dosis fueron los más altos, pero al paso del tiempo se regularon, siendo para el segundo y tercer muestreo estadísticamente iguales, pudiéndose notar que también todos los valores en el primer muestreo salieron más altos que en los subsiguientes muestreos, alcanzando el valor más alto de 4.91 y ya para el tercero el valor más alto era de 4.68.

Este comportamiento puede deberse a que la acidez está asociada con la materia orgánica o con ciertos minerales los cuales están presentes en la composta orgánica, ocasionando un pH ligeramente ácido (Aguilar y Castellanos, 1987).

Los valores reportados para esta variable se mantuvieron dentro de los rangos de calidad que establecen según la IASC, la cual es la dependencia oficial para certificar la calidad de todos los productos manufacturados que se obtienen de esta planta, la cual marca que como mínimo el pH es de 3.5 y máximo de 4.7.

Cuadro 15 Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y biocomposta por tratamiento en el pH del gel de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de algaenzimas L ha ⁻¹	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	24-Ago-11	11-Dic-11	13-Abr-12
0	0	4.7 ab	4.6 a	4.6 a
0	5	4.8 ab	4.6 a	4.6 a
0	10	4.8 ab	4.6 a	4.5 a
7	0	4.7 ab	4.7 a	4.6 a
7	5	4.8 ab	4.6 a	4.6 a
7	10	4.9 a	4.6 a	4.6 a
14	0	4.7 b	4.5 a	4.6 a
14	5	4.8 ab	4.6 a	4.5 a
14	10	4.8 ab	4.6 a	4.6 a

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

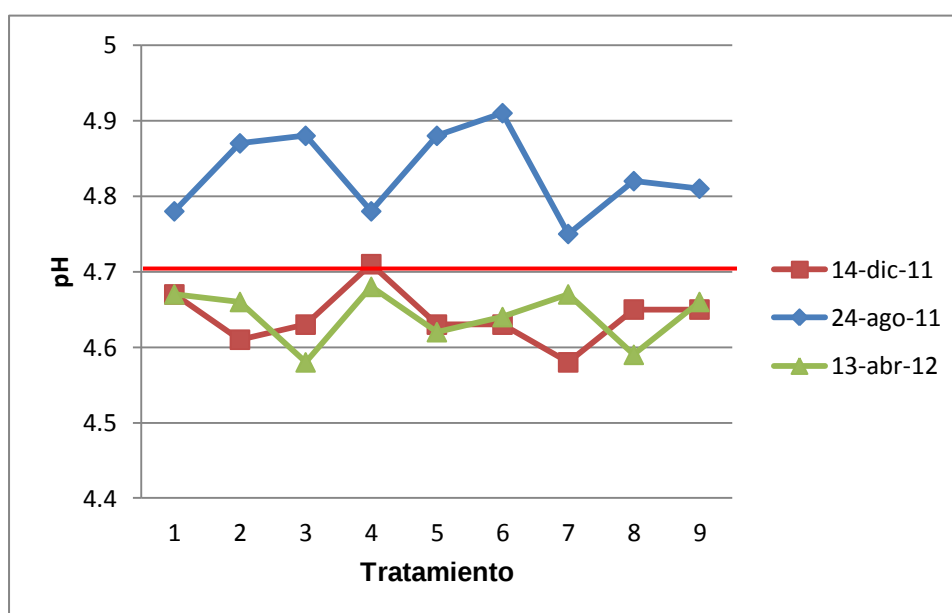


Figura 5 Comportamiento del pH en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) con los diferentes tratamientos de algaenzimas en interacción con la biocomposta. Bermejillo, Dgo. 2012

5.4.2. Contenido de azúcares (° Brix)

En la determinación del contenido de azúcares se tiene que la concentración de éstos en el gel de la sábila no es afectado por los diferentes tratamientos

probados en este estudio, ni entre fechas de muestreo ya que no se encontró diferencia estadísticamente significativa (Apéndice 13-15) con una mínima de 0.86 y una máxima de 1.10 ° Brix durante todo el periodo de análisis. De acuerdo a la IASC la concentración de los carbohidratos (azúcares) debe ser muy baja, sin embargo no establece límites estándar para este parámetro, por lo que estos valores tan bajos quedan dentro de lo establecido.

5.4.3. Sólidos totales

De acuerdo al análisis de varianza y la prueba de medias realizada para este parámetro, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, ni entre fechas de muestreo (Apéndice 13-15). En el segundo muestreo los valores en sólidos precipitables se observaron un poco más altos que en los otros dos muestreos, al igual que con el tratamiento con los ácidos húmicos, sin embargo al final los valores más bajos obtenidos fueron de 1.34 % y el más alto de 1.55 % similares a los obtenidos en el tratamiento con los ácidos húmicos, quedando dentro de los parámetros que marca la IASC para el contenido de los sólidos totales, con un estándar de ≥ 0.46 %

5.4.4. Sólidos precipitables en metanol

Para esta variable los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas en las fechas de muestreo analizadas, aunque para la segunda fecha de muestreo hubo un incremento en el contenido de sólidos precipitables en metanol al igual que en el tratamiento con los ácidos húmicos, incrementando en un 61.46 % en comparación con el primer

muestreo y ya para el tercer muestreo disminuyendo nuevamente en un 11.71 % (Apéndice 13-15).

Ya que la IASC marca como rango estándar sólidos totales y dentro de estos los sólidos precipitables en metanol, no se tiene un parámetro en específico para esta variable. Como se puede observar, los valores no se relacionan con los diferentes tratamientos en los que hubo alteración, por lo que se pueda inferir que lo que influyo en estos fue como menciona Durán (2000) la relación con el efecto de dilución, al tener mayores dimensiones en la hoja, la tendencia es a que la concentración de sólidos solubles totales se verá disminuida; en este caso paso lo contrario.

5.4.5. Contenido de cenizas

De acuerdo al análisis estadístico realizado, no se encontró diferencia significativa entre las diferentes dosis del tratamiento, ni entre fechas de muestreo, para el contenido de cenizas, obteniendo una mínima de 0.03 % y una máxima de 1.15 % de cenizas en el contenido de gel, entre los diferentes tratamientos. De acuerdo a la IASC que marca un estándar para el contenido de cenizas de menos de 40 %. Todos los valores encontrados en este análisis quedaron dentro de este parámetro permisible (Apéndice 13-15).

5.4.6. Macro y Microelementos

Se tiene que en el análisis por fecha de macro y microelementos no hubo diferencia estadísticamente significativa en general para los diferentes parámetros medidos Na, K, Ca, Mg y P (Cuadro 16), a excepción del potasio

y el magnesio que presentaron una variación estadísticamente significativa para el segundo muestreo según los datos arrojados por la prueba de medias y de varianza.

Se observa que en el potasio para el segundo muestreo, tuvo una variación significativa, en el cual la dosis de 10 Ton ha⁻¹ de biocomposta tuvo una menor concentración de este nutriente, y siendo el testigo el que obtuvo una mayor concentración de este. Regularizándose y sin mostrar diferencia significativa para el tercer muestreo.

Cuadro 16 Concentración de datos de análisis de varianza general de las variables de micro y macroelementos (ppm) del gel de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller). Bermejillo, Dgo. 2012.

Fecha de muestreo	Dosis de biocomposta Ton ha ⁻¹	Na	K	Ca	Mg	P
24-Ago-11	0	2.538 c	4.470 a	7.101 a	0.292 a	0.007 a
	5	3.397 a	10.514 a	7.742 a	0.479 a	0.007 a
	10	3.689 a	10.555 a	6.807 a	0.371 a	0.007 a
11-Dic-11	0	2.627 a	14.687 a	4.301 a	0.485 a	0.00 a
	5	2.622 a	10.616 ab	4.349 a	0.492 a	0.006 a
	10	1.911 a	2.446 b	4.564 a	0.318 b	0.006 a
13-Abr-12	0	2.891 a	10.856 a	8.417 a	0.489 a	0.010 a
	5	2.581 a	8.741 a	8.414 a	0.383 a	0.010 a
	10	2.875 a	4.890 a	7.210 a	0.251 a	0.008 a

Prueba de Tukey (p = 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Al igual que el potasio, el magnesio también para el segundo muestreo, tuvo una variación significativa, en el cual la dosis de 5 Ton ha⁻¹ de biocomposta presento una menor concentración de este nutriente (Cuadro 16). Regularizándose y sin mostrar diferencia significativa para el tercer muestreo.

La materia orgánica tiene un papel importante en la mejora de la disponibilidad de microelementos (principalmente en hierro, manganeso, zinc y cobre) para las plantas, así como en la reducción de los efectos tóxicos de los cationes libres. Muchos metales que precipitarían en suelos en condiciones normales, se encuentran mantenidos en solución en el suelo en forma quelatada. Es probable que estos micronutrientes sean transportados hacia las raíces de las plantas en forma de quelatos complejos solubles (Calzada, 2008).

Al igual que en el análisis con el tratamiento con ácidos húmicos, con este tratamiento tampoco pudo detectarse la concentración de los elementos Zn, Fe, Mn y Cu, ya que se encontraron límites no detectados por el método (cuadro no mostrado).

5.4.7. Carbohidratos

En relación a la determinación cuantitativa de carbohidratos se tiene que la concentración de carbohidratos en el gel no fue afectada por los diferentes tratamientos con los biofertilizantes, ya que no se encontró diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 17). Aunque por fecha de muestreo se encontró que en el segundo muestreo estos se incrementaron súbitamente, sin significancia estadística, esto debido a que la planta se prepara para la temporada de frío.

De acuerdo a la IASC los valores de carbohidratos deben ser bajos, aunque no establece un parámetro estándar para medir estos.

Cuadro 17 Efecto de diferentes dosis de algaenzimas y biocomposta por tratamiento en el contenido de carbohidratos (ppm) en el gel de la hoja de sábila (*A. barbadensis* Miller) en Bermejillo, Dgo. 2012.

Dosis de algaenzimas L ha ⁻¹	Dosis de Biocomposta Ton ha ⁻¹	24-Ago-11	11-Dic-11	13-Abr-12
0	0	1.165 a	18.206 a	0.412 a
0	5	1.056 a	16.204 a	0.493 a
0	10	1.285 a	12.202 a	0.200 a
7	0	1.131 a	13.769 a	0.241 a
7	5	1.011 a	14.346 a	0.394 a
7	10	1.422 a	17.102 a	0.445 a
14	0	1.083 a	18.127 a	0.443 a
14	5	1.039 a	15.620 a	0.481 a
14	10	1.120 a	18.419 a	0.436 a

Prueba de Tukey (p= 0.05), cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

5.4.8. Proteínas

La concentración de proteínas, entre los diferentes tratamientos no fue estadísticamente significativa (Apéndice 22-24), obteniendo una media general del tratamiento de 0.01 % de proteínas contenidas en el gel de la hoja de sábila al igual que con el tratamiento de ácidos húmicos. Lo cual muestra que la fuente y la dosis de los diferentes biofertilizantes aplicados no afectaron este parámetro. Aunque la sábila tiene una baja concentración de proteínas se obtuvieron resultados aun más bajos que los obtenidos por Pérez-Álvarez et al, (S/A) de 0.08 %. Puesto que la IASC no marca ningún parámetro estándar para esta propiedad, se puede considerar como un valor agregado y permitido dentro del comité.

VI. CONCLUSIONES

- Los ácidos húmicos no tienen un efecto significativo en el crecimiento y desarrollo de la hoja de sábila, al menos en las dosis, fuentes y formas de aplicación del producto usadas en este experimento.
- La biocomposta a diferentes dosis (5 y 10 Ton ha⁻¹) si mostró efecto en el crecimiento y desarrollo de la planta.
- La altura de la planta y el largo de hoja, fueron mayores cuando se aplicó 14 L ha⁻¹ de algaenzimas y no se aplicó biocomposta, aunque el efecto es un poco más lento, presentándose hasta el tercer muestreo (31 de Octubre de 2011).
- Las propiedades físico-químicas como el pH, contenido de azúcares (° Brix), contenido de cenizas, contenido de sólidos totales y sólidos precipitables en metanol, no fueron afectadas por la aplicación de los biofertilizantes utilizados en el presente estudio.
- El contenido de Na, K, Ca, Mg y P, fue mayor durante el período de Agosto a Diciembre, lo cual es importante para determinar fechas de corte de la hoja de sábila acorde a los fines en que se desee utilizar el gel como subproducto comercial. También aplicando este periodo para el rango de acidez (pH).
- El contenido de carbohidratos también tiende a incrementarse durante el periodo antes citado, por efecto de la aplicación de los ácidos húmicos y las algaenzimas), lo cual confirma que es el mejor periodo para el corte de hoja. Importante para la calidad del gel y determinar fechas de corte de la hoja de sábila.

- El contenido de proteínas no se vio afectado por la aplicación de los diferentes tratamientos con los biofertilizantes empleados, ni vario en las diferentes fechas de muestreo.

VII. RECOMENDACIONES

- Probar con diferentes dosis de los biofertilizantes utilizados en este análisis y manejar tiempos más cortos de aplicación.
- Analizar el contenido de macro y micronutrientes con técnicas más avanzadas y más susceptibles.
- Iniciar la plantación o establecimiento de los cogollos a principios de año, para hacer un análisis continuo y que no sea afectado por las heladas.

VIII. LITERATURA CITADA

Ahlawat, K. S. y Khatkar, B. S. (2011) Processing, food applications and safety of *Aloe vera* products: a review. Association of Food Scientist & Technologists, India. pp. 1-9

Aguilar, S. A. y Castellanos, R. (1987). Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo. Editado por la sociedad Mexicana de la ciencia del suelo. Primera edición. Chapingo, Mex. 217 p.

Aloetrade. (2003-2012). Producción de *Aloe* (Sábila) en México. Consultado el 15 de mayo de 2012 y disponible en: <http://www.aloetrade.com.ar/produccion-de-aloe-mexico>

Añez, B. y Vásquez, J. (2005). Efecto de la densidad de población sobre el crecimiento y rendimiento de la sábila (*Aloe barbadensis* M.). Rev. Fac. Agron., vol.22, no.1, p.1-12. ISSN 0378-7818.

Bozzi, A., Perrin, C., Austin, S. y Arce Vera, F. (2006). Food Chemistry Quality and authenticity of commercial *Aloe vera* gel powders. Food chemistry. Vol. 103. pp. 22-30. Consultado el 22 de Mayo y disponible en: <http://www.mendeley.com/research/quality-authenticity-commercial-aloe-vera-gel-powders-3/#>

Calzada, A. (2008). Evaluación físico-química del gel y jugo de la hoja de sábila (*A. barbadensis* M.) en diferentes practicas de manejo. Tesis de

Maestría. Unidad regional de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo. Bermejillo, Durango, México. pp:3-5

CEI-RD (2011). Perfil económico *Aloe vera* o Sábila 2011. Gerencia de Investigación de Mercados. Sub-gerencia de Estadísticas. Dominicana Exporta. Consultado el 25 de Mayo de 2012 y se encuentra disponible en: http://www.ceird.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/aloe_vera.pdf

Das, A., Mukherjee, P., Ghorai, A. y Jha, T. (2010). "Comparative karyomorphological analyses of in vitro and in vivo grown plants of *Aloe vera* L. BURM. f." The Nucleus and International Journal of Cytology and Allied Topics, consultado el 14 de Marzo de 2010 y se encuentra disponible en: <http://www.springerlink.com/content/qv614341hg2r65k0/>

Davis, RH. (2008) *Aloe vera: A scientific approach*. New York: Vantage Press. Tomado de Surjushe A, Vasani R, Saple DG. *Aloe vera: A short review*. Indian J Dermatol.53:163-6

Durán, B.S. (2000). Efecto del acolchado plástico, fuente de fertilización nitrogenada y dosis de composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de la sábila (*Aloe barbadensis* Miller) con riego por goteo automatizado. Tesis. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, UACH. Bermejillo, Dgo. México. 190 pp. Nivel Licenciatura.

Gavander, S.A. (1991). Física de suelos. Principios y aplicaciones. 8ª Edición. Ed. Limusa, S.A. México, D.F. 351 pp.

García, E. (1973). Apuntes de Climatología. UNAM. 155 pp.

Gómez, T. L., Gómez, C. M. A., y Schwentesius, R.R. (1999). Desafíos de la agricultura orgánica, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México: 224.

Hanan, A. y Mondragón, J. (2009). Malezas de México. Ficha *Aloe Vera*. CONABIO. Consultado el: 08 de Septiembre del 2012 y disponible en <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asphodelaceae/aloe-vera/fichas/ficha.htm>.

IASC. (1995). A 2 years study monitoring several physical and chemical properties of field-grown aloe barbadensis miller leaves. Subtropical Plant Science. 47:34-38.

IASC. (2008). *Aloe* Scientific Primer. pp. 3. Consultado el 17 de Mayo de 2012 y disponible en: http://www.iasc.org/pdfs/IASC_Aloe_vera_A_Scientific_Primer.pdf

Luta, G. y McAnalley, BH. (2005). *Aloe vera*: chemical composition and methods used to determine its presence in commercial products. GlycoSci Nutr 6(4):1–12. Obtenido de Ahlawat, K. S. y Khatkar, B. S. (2011).

Processing, food applications and safty of *Aloe vera* products: a review.
Association of Food Scientist & Technologists, India. pp. 1-9

Marshall, J.M. (1990). *Aloe vera* gel: What is the evidence? *Pharma Jr.* 24:360-2. Tomado de Surjushe A, Vasani R, Saple DG. (2008) *Aloe vera*: A short review. *Indian J Dermatol.*53:163-6

NOM-117-SSA1-1994. Consultada el 20 de Septiembre de 2012 y disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/117ssa14.html>

Ormeño, M. y Ovalle, A. (2007). Centro de Investigaciones Agrícolas del Estado Mérida. INIA. Consultada el 18 de Septiembre de 2012 y disponible en:http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/inia_divulga/numero%2010/10ormeno_m.pdf

Pedroza, S. A. y Duran, B. S. (2005). "Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila (*Aloe barbadensis* M.) con riego por goteo automatizado." Revista Chapingo serie Zonas Áridas 4: 1-7. Disponible en: <http://uruza.edu.mx/revista/Vol.4%20Num.1,2005.pdf>

Pedroza, S. A. y Gómez, F. L. (2006). La sábila (*Aloe* spp.). Propiedades, manejo agronómico, proceso agroindustrial y de mercado., Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México: 209.

Pérez-Álvarez, J., Aquino-Triana, S. Flores-Espinoza, A., Ramírez-Baca, P., Candelas-Cadillo, M. G., Aguilera-Ortiz, M., Chew, M. R. G. (S/A) Descripción de la calidad fisicoquímica, microbiológica y nutrimental de jugo

de sábila *Aloe vera var barbadensis*). Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Juárez del Estado de Durango.

Piña-Zambrano, H. y Chirino, L. (2008). Mercado de la zábila (*Aloe vera* L.) en el estado Falcón. Rev. Fac. Agron., vol.25, no.2, pp.364-392. ISSN 0378-7818.

Richard, L. A. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. Soil Science 66(2):105-110

Romero, E., López, C. y Plenecassagne, A. (1997). Manual de Laboratorio 1 (Análisis de Suelos, Agua y Plantas). Cenid-Raspa, México.

Rosen, J. C., y Bierman, M. P. (2005). Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. 12p. Consultado el 07 de Noviembre de 2012 y disponible en: <http://www.extension.umn.edu/distribution/horticulture/M1192.html>

SAGARPA. (2009). Boletín ASERCA Regional Peninsular: “Propiedades y Usos de la Sábila”. No. 25/09, pp. 3-4.

Surjushe, A. Vasani, R. y Saple, DG. (2008). *Aloe vera*: A short review. Indian J Dermatol [serial online];53:163-6. Consultado el 22 de Mayo de 2012 y disponible en: <http://www.e-ijd.org/article.asp?issn=0019-5154;year=2008;volume=53;issue=4;spage=163;epage=166;aulast=Surjushe>

Tyler, V. (1993). The honest herbal: A sensible guide to the use of herbs and related remedies. 3rd ed. Binghamton, New York: Pharmaceutical Products Press. Tomado de: Surjushe A, Vasani R, Saple DG. (2008). *Aloe vera*: A short review. Indian J Dermatol. 53:163-6 y disponible en: <http://www.e-ijid.org/text.asp?2008/53/4/163/44785>

Vega, G., Ampuero C., Diaz, N. y Lemus, M. (2005). El *Aloe vera* (*Aloe barbadensis* Miller) como componente de alimentos funcionales. *rev. chil. nutr.* vol.32. pp. 208-214. Consultado el 22 de Mayo del 2012 y disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182005000300005&script=sci_arttext

Waller, T., Pelley, R. y Strickland, F. (2004). Industrial processing and quality control of *Aloe barbadensis* (*Aloe vera*) gel. The genus *Aloe* Aloes. CRC Press LLC.

IX. APÉNDICE

Apéndice 1 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 06 de Junio de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	NS	NS	*	NS	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 2 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	*	NS	NS	*	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	*	NS	NS	NS	NS
BC	NS	*	*	NS	*
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 3 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 31 de Octubre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	*	NS	NS	NS	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	*	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 4 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 06 de Junio de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	*	*	*	*	NS
AE	NS	NS	*	NS	NS
REP*AE	NS	NS	*	*	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AE*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 5 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	*	*	NS	*	*
AE	*	*	NS	NS	NS
REP*AE	*	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	*	NS
AE*BC	NS	NS	NS	NS	*

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 6 Análisis de varianza (ANOVA) de la altura, ancho y grosor de la hoja y altura y numero de hojas de la planta de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 31 de Octubre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Largo de la hoja	Ancho de la hoja	Grosor de la hoja	Altura de la planta	Número de hojas
REP	NS	NS	NS	NS	NS
AE	*	NS	NS	NS	NS
REP*AE	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	*	NS
AE*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 7 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	*	NS	NS	NS	*	*
AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	*	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 8 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 11 de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	NS	NS	NS	NS	NS	*
AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS	*
AHU*BC	NS	NS	NS	*	NS	*

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 9 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	*	NS	*	NS	*	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 10 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	NS	NS	NS	NS	NS	*
AHU	NS	*	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	*	NS	NS	NS	NS
BC	*	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 11 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y álgaenzimas (L ha⁻¹) 11 de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	NS	*	NS	*	NS	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS	*
BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 12 Análisis de varianza (ANOVA) del pH, contenido de azúcares (°Brix), sólidos totales, sólidos precipitables en metanol, contenido de cenizas y contenido de gel, de sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y álgaenzimas (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	pH	Cont. de azúcar °Brix	Sólidos totales	Sólidos precipitables	Contenido de ceniza	Contenido de gel
REP	*	NS	NS	NS	*	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	*	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con p = 0.05.

Apéndice 13 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	*	*
AHU	NS	NS	*	NS	*
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	*
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 14 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 11

de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	NS	*
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	*	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 15 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	NS	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 16 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	*	NS
AHU	NS	NS	NS	*	NS
REP*AHU	*	NS	NS	*	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 17 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 11 de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	NS	NS
AHU	NS	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	*
BC	NS	NS	*	*	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 18 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K) y Fósforo (P) en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Na	Ca	Mg	K	P
REP	NS	NS	NS	NS	NS
AHU	*	NS	NS	NS	NS
REP*AHU	NS	NS	NS	NS	NS
BC	NS	NS	NS	NS	NS
AHU*BC	NS	NS	NS	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 19 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	NS
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	NS
BC	*	NS
AHU*BC	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 20 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 11 de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	NS
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	*
BC	NS	NS
AHU*BC	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 21 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácidos húmicos (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	*
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	NS
BC	NS	NS
AHU*BC	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 22 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 24 de Agosto de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	NS
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	NS
BC	NS	NS
AHU*BC	NS	NS

NS = no significativo.

* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 23 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y ácialgaenzimas (L ha⁻¹) 11 de Diciembre de 2011, Bermejillo, Dgo. 2012.

Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	NS
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	NS
BC	NS	NS
AHU*BC	*	NS

NS = no significativo.

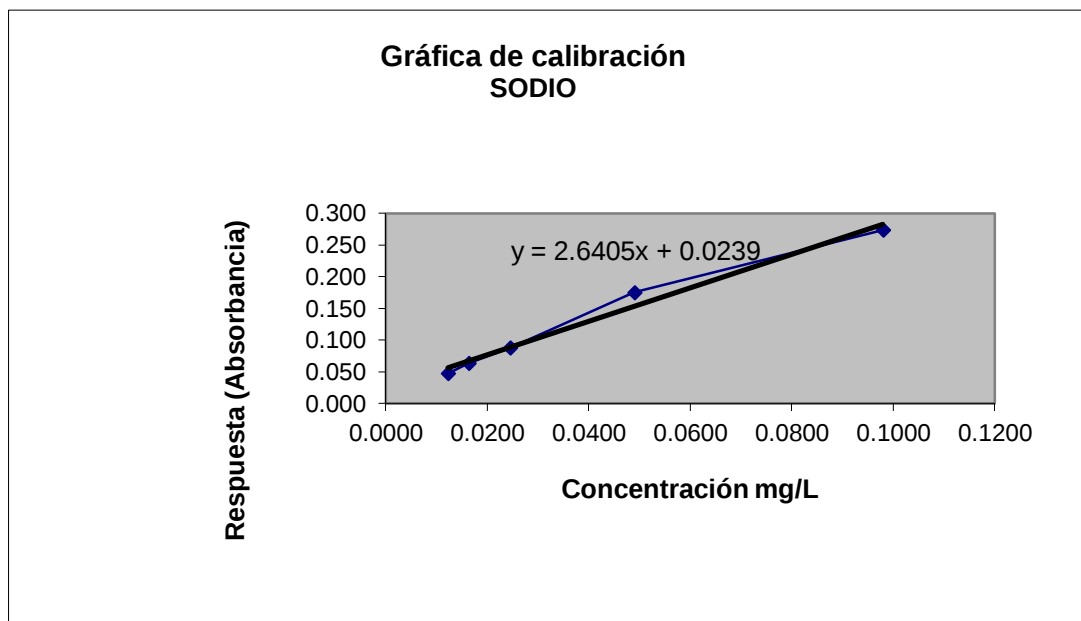
* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.

Apéndice 24 Análisis de varianza (ANOVA) del contenido de carbohidratos y proteínas en el gel de la sábila (*Aloe barbadensis* M.) en diferentes repeticiones y diferentes dosis de biocomposta (Ton ha⁻¹) y algaenzimas (L ha⁻¹) 13 de Abril de 2012, Bermejillo, Dgo. 2012.

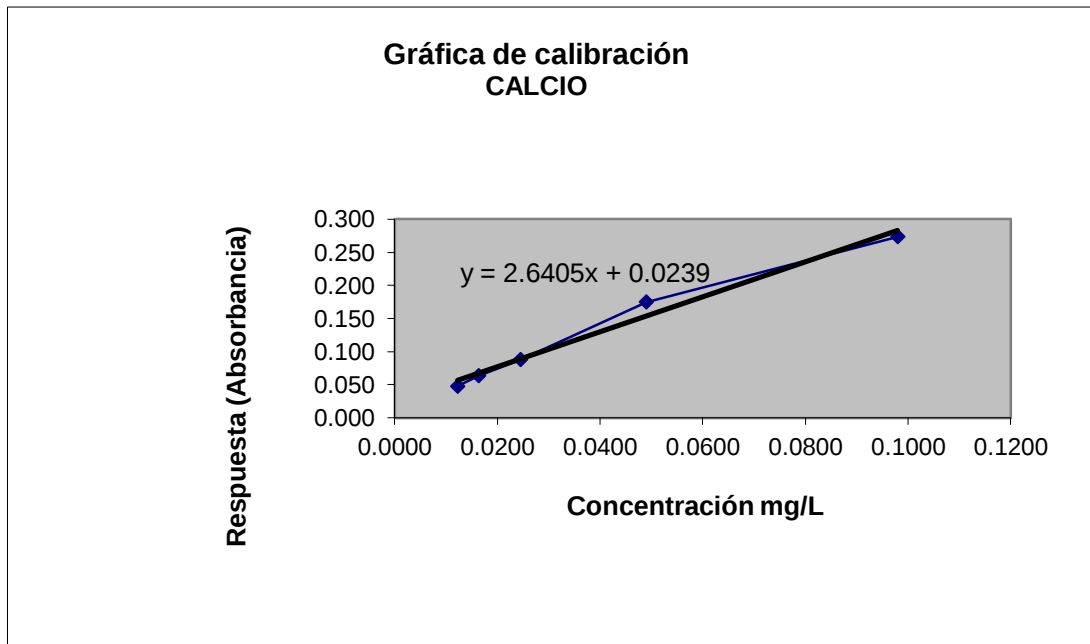
Fuente	Carbohidratos	Proteínas
REP	NS	*
AHU	NS	NS
REP*AHU	NS	NS
BC	NS	NS
AHU*BC	NS	NS

NS = no significativo.

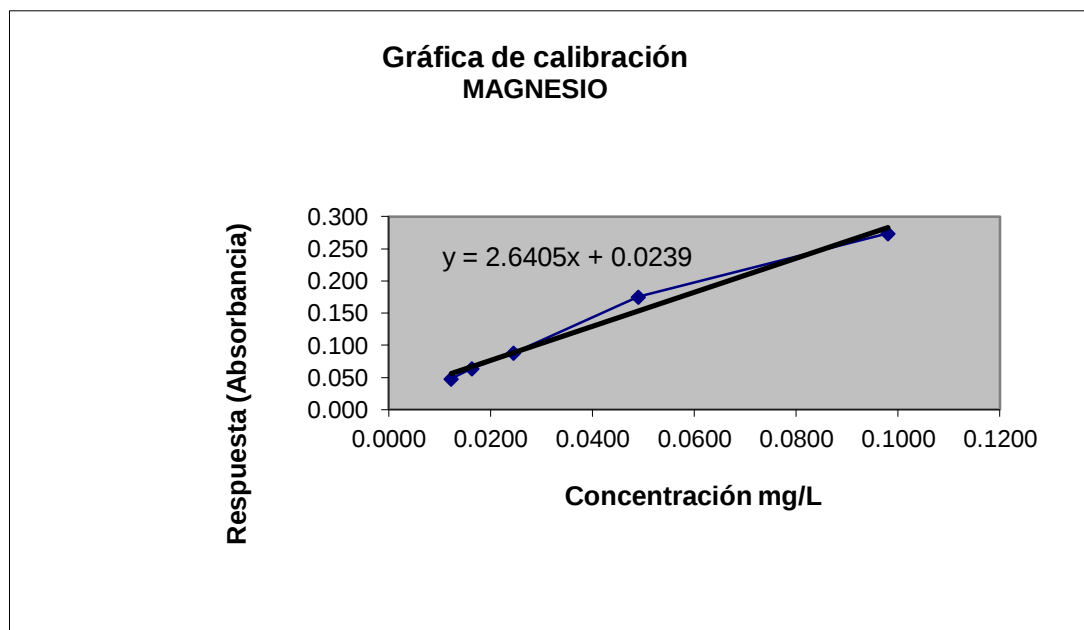
* Significativo estadísticamente con $p = 0.05$.



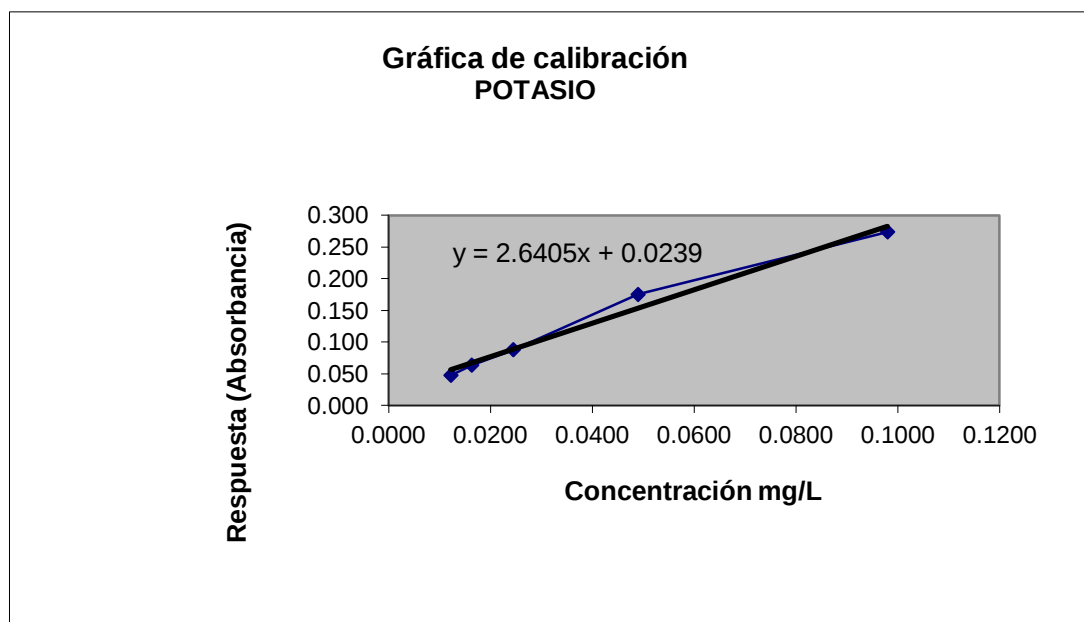
Apéndice 25 Curva de calibración para el Sodio (Na) en gel de sábila (*Aloe barbadensis* M.)



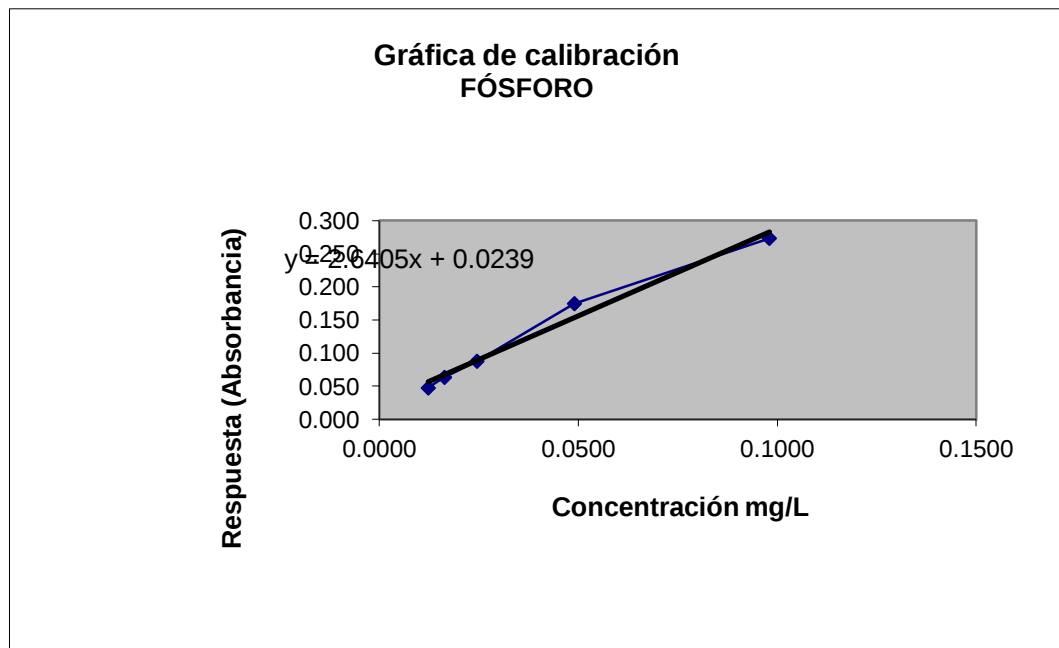
Apéndice 26 Curva de calibración para el Calcio (Ca) en gel de sábila (*Aloe barbadensis* M.)



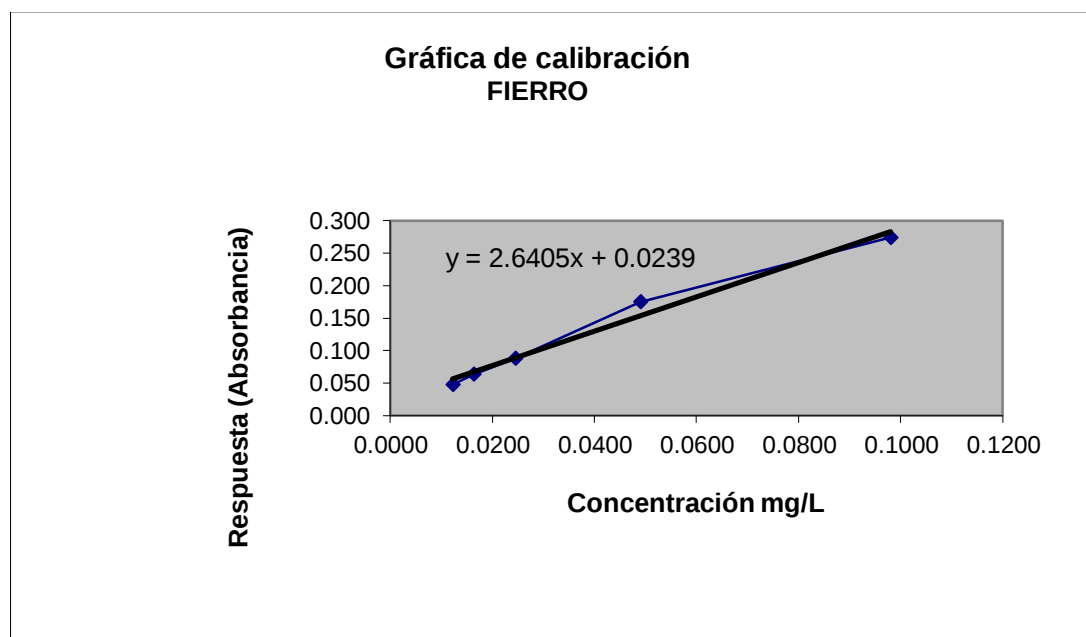
Apéndice 27 Curva de calibración para el Magnesio (Mg) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



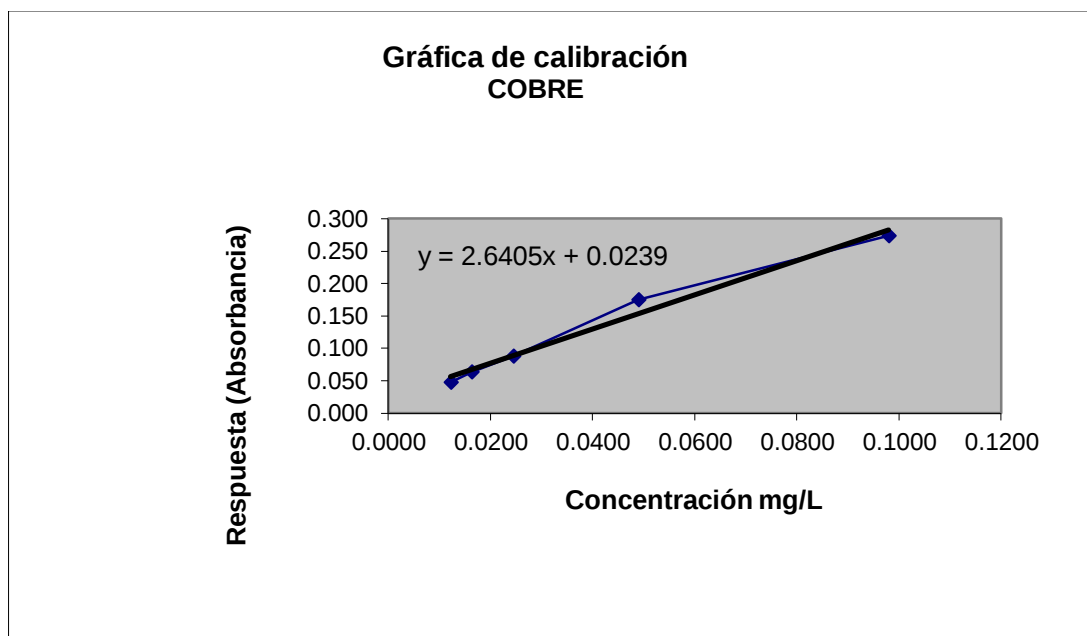
Apéndice 28 Curva de calibración para el Potasio (K) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



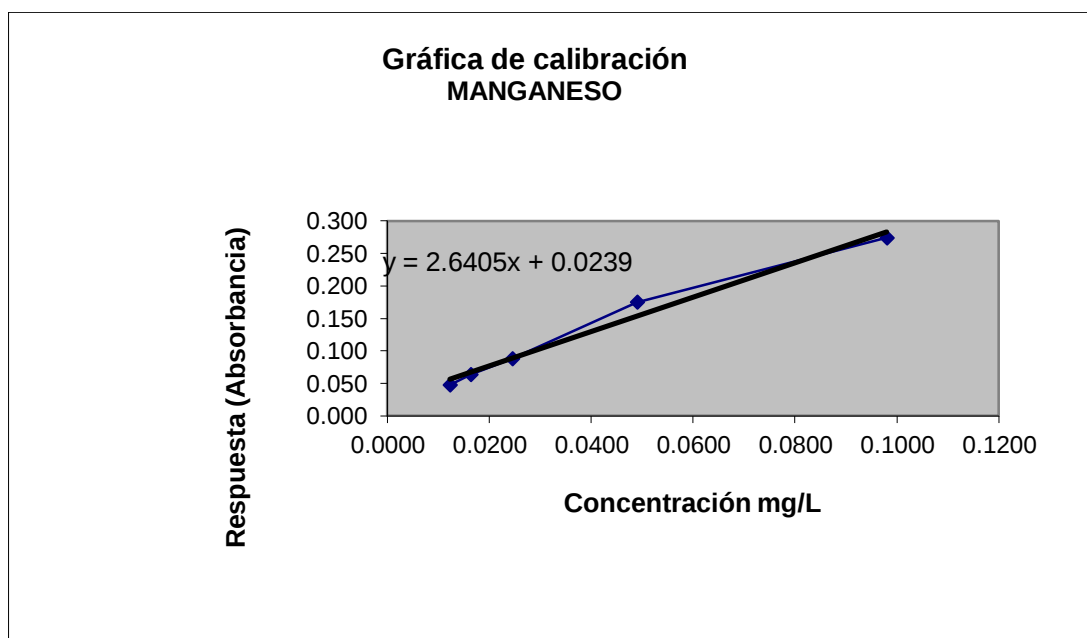
Apéndice 29 Curva de calibración para el Fósforo (P) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



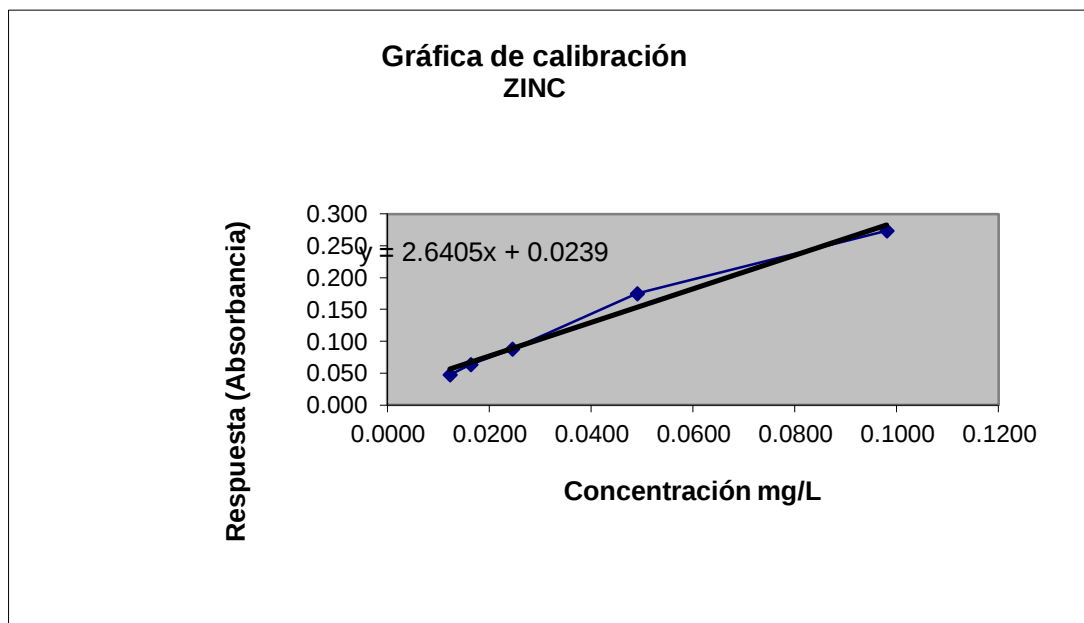
Apéndice 30 Curva de calibración para el Hierro (Fe) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



Apéndice 31 Curva de calibración para el Cobre (Cu) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



Apéndice 32 Curva de calibración para el Manganeso (Mn) sábila (*Aloe barbadensis* M.)



Apéndice 33 Curva de calibración para el Zinc (Zn) sábila (*Aloe barbadensis* M.)