

# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCION DE ENSEÑANZA E INVESTIGACION EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE BOTÁNICA

## EFECTO DEL NITRÓGENO ORGÁNICO Y MINERAL SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE GLUCÓSIDOS EN HOJAS DE *Stevia rebaudiana*

EVA BRITO RIVERA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO


2015

La presente tesis titulada: **Efecto del nitrógeno orgánico y mineral sobre la concentración de glucósidos en hojas de *Stevia rebaudiana*** realizada por la alumna: **Eva Brito Rivera** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS  
BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

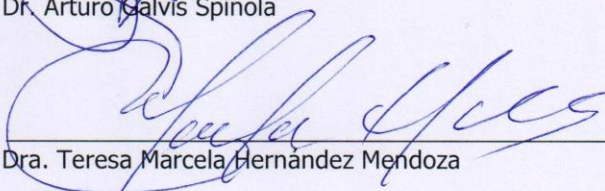
CONSEJERO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Rodolfo García Nava

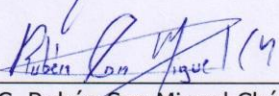
DIRECTOR DE TESIS

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Arturo Galvis Spinola

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Teresa Marcela Hernández Mendoza

ASESOR

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Rubén San Miguel Chávez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Junio de 2015

Efecto del nitrógeno orgánico y mineral sobre la concentración de glucósidos en hojas de *Stevia rebaudiana*.

Eva Brito Rivera, M. en C.

Colegio de Postgraduados, 2015.

RESUMEN

El cultivo de *Stevia rebaudiana* en México ocupa un porcentaje bajo en la extensión territorial de producción de alimentos. Sin embargo nuestro país cuenta con una localización estratégica con relación a la región de origen de la especie.

Ésta investigación pretende contribuir al conocimiento del manejo nutrimental de dos variedades de *Stevia rebaudiana* en México.

El trabajo se realizó en los invernaderos de Tlapeaxco del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en el kilómetro 38 de la carretera México-Texcoco, con dos variedades de *Stevia rebaudiana* aplicándoles 3 tratamientos gallinaza, vermicompost y sulfato de amonio en 4 dosis (60, 120, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de N) con 4 repeticiones cada uno.

En las variables de rendimiento (peso seco (PS), área foliar (AF) y altura) y variables funcionales (glucósidos y nitrógeno total).

La variedad Morita tiene mejores resultados en rendimiento a comparación de la variedad Rebaudiana; la dosis para obtener dichos valores corresponde a los 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en gallinaza.

Los datos mostraron dispersión heterogénea en ambas variedades, independientemente del tipo de variedad la planta podría haber presentado problemas con la tasa de mineralización y por lo tanto con la eficiencia de absorción de nitrógeno para la síntesis de glucósidos.

Palabras clave:

*Stevia*, fertilización, esteviósidos, rebaudiósido A.

Effect of organic and mineral nitrogen on concentration of glycosides in *Stevia rebaudiana* leaves.

Eva Brito Rivera, M en C.

Colegio de Postgraduados, 2015.

ABSTRACT

The land area of *Stevia rebaudiana* in Mexico had a low percentage and this plant has a strategic location in relation to the region of origin of the species.

The aim was to contribute to the knowledge of the nutritional management of two varieties of *Stevia rebaudiana* in Mexico.

The work was done at a greenhouse of Tlapeaxco Irrigation Department Chapingo located at kilometer 38 of the Mexico-Texcoco highway, with two varieties of *Stevia rebaudiana* by applying three manure treatments, vermicompost and ammonium sulfate at 4 doses (60, 120, 180 and 240 kg N ha<sup>-1</sup>) with 4 repetitions each.

The yield variables were: dry weight (DW), foliar area (FA) and height). In addition, the functional variables were (glycosides and total nitrogen).

Morita variety has better performance results in comparison to the variety rebaudiana; the dose for those values corresponding to 120 kg ha<sup>-1</sup> of N in manure.

The data showed heterogeneous dispersion in both varieties, regardless the type of crop variety may be having problems with the rate of mineralization and therefore the absorption efficiency of nitrogen for synthesis of glycosides.

Keywords:

*Stevia* , fertilization, stevioside , rebaudioside A.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención otorgada para realizar ésta investigación, al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo y a cada uno de los Maestros y Doctores que facilitaron mis estudios.

Al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología por la beca Tesis otorgada.

Al Dr. Arturo Galvis Spinola por su paciencia y constantes preguntas para reflexionar en el camino científico.

Al Dr. Rodolfo García Nava por su apoyo.

A la Dra. Teresa Hernández Mendoza por su confianza.

Al M en C. Rubén San Miguel Chávez por sus enseñanzas y facilidades para trabajar en el laboratorio.

## DEDICATORIA

A Luna Julieta, quién ha sido la fuente de inspiración en éste y todos los proyectos en los que me he involucrado a partir de su llegada.

A Gustavo por su apoyo incondicional, a Hugo y Luis por su ejemplo y dedicación a la labor científica; a mis padres Luis y Herminia quienes me han enseñado a ser una mujer comprometida y responsable.

## CONTENIDO

RESUMEN .....	iii
ABSTRACT .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
DEDICATORIA .....	vi
LISTA DE CUADROS .....	ix
LISTA DE FIGURAS .....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	2
2.1 Descripción del cultivo .....	2
2.2 Componentes químicos .....	2
2.3 Manejo agronómico .....	3
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	8
3.1 Objetivos generales .....	8
3.2 Hipótesis .....	8
IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....	9
4.1 Ubicación del experimento .....	9
4.2 Material vegetal .....	9
4.3 Manejo del experimento .....	10
4.4 Descripción de tratamientos .....	10
4.5 Diseño experimental .....	11
4.6 Variables evaluadas .....	13
4.7 Análisis estadísticos .....	14
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1 Análisis morfológico .....	16
5.1.1 Generalidades .....	16
5.1.2 Rendimiento .....	18
5.1.3 Peso seco .....	18

5.1.4	Área foliar .....	25
5.1.5	Altura de la planta .....	30
5.1.6	Resumen para las variables de rendimiento .....	38
5.2	Análisis funcional .....	41
5.2.1	Concentración de nitrógeno en planta .....	41
5.2.2	Concentración de glucósidos en planta .....	50
5.2.3	Resumen para las variables funcionales.....	56
VI.	CONCLUSIONES.....	63
VII.	LITERATURA CITADA.....	64



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar expresados en gramos de insumo aplicados por bolsa o maceta y su equivalente en kilogramos por hectárea.....	11
Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad en la variedad Morita y Rebaudiana, en el primer y segundo muestreo.....	16
Cuadro 3. Valores estadísticos obtenidos en la prueba t Student para los valores de peso seco en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R) en el primer muestreo.....	20
Cuadro 4. Valores estadísticos obtenidos en la prueba t Student para los valores de peso seco en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R) en el segundo muestreo.....	20
Cuadro 5. Comparación peso seco en la variedad Morita para el primer M1y segundo muestreo (M2).....	21
Cuadro 6. Valores de la prueba estadística para la comparación de datos para el primer y segundo muestreo en la variedad Morita.....	22
Cuadro 7. Comparación de PS en el primer y segundo muestreo para Rebaudiana.....	23
Cuadro 8. Valores estadísticos para PS obtenidos para la dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	23
Cuadro 9. Valores estadísticos para PS con la dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	24
Cuadro 10. Valores estadísticos para PS con la dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	24

Cuadro 11. Valores estadísticos para PS con la dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana .....	24
Cuadro 12. Valores de la prueba estadística para la comparación de datos de PS para el primer y segundo muestreo en la variedad Rebaudina.....	25
Cuadro 13. Valores de la prueba t Student para área foliar en las dos variedades.....	26
Cuadro 14. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.....	27
Cuadro 15. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.....	27
Cuadro 16. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.....	27
Cuadro 17. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.....	27
Cuadro 18. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.....	28
Cuadro 19. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.....	28
Cuadro 20. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.....	28

Cuadro 21. Valores de la prueba t Student para AF en los tratamientos dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.....	29
Cuadro 22. Valores de la prueba t Student para altura en el primer muestreo entre las dos variedades.....	30
Cuadro 23. Valores de la prueba t Student para altura promedio en el primer muestreo entre las dos variedades.....	31
Cuadro 24. . Valores de la prueba t Student para altura en el primer y segundo muestreo de la variedad Morita.....	32
Cuadro 25. Valores de la prueba estadística para la comparación de datos de altura para el primer y segundo muestreo para la dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.....	33
Cuadro 26. Valores de la prueba t Student para altura en los tratamientos dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....	34
Cuadro 27. Valores de la prueba estadística para la comparación de datos de altura para el primer y segundo muestreo en la variedad Rebaudiana.....	35
Cuadro 28. Valores de la prueba t Student para altura en los tratamientos dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....	37
Cuadro 29. Valores de la prueba t Student para altura en los tratamientos dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....	37
Cuadro 30. Valores de la prueba t Student para altura en los tratamientos dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....	37

Cuadro 31. Valores de la prueba t Student para altura en los tratamientos dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....	38
Cuadro 32. Tratamientos con mayor efecto en las variables de rendimiento para la variedad Morita.....	39
Cuadro 33. Tratamientos con mayor efecto en las variables de rendimiento para la variedad Rebaudiana.....	40
Cuadro 34. Valores de la prueba t Student para la comparación de los datos de Nitrógeno total en planta en las dos variedades en el primer (M1) y segundo muestreo (M2).....	42
Cuadro 35. Valores de la prueba t Student para el valor de Nitrógeno total por dosis entre las dos variedades en el primer muestreo.....	42
Cuadro 36. Valores de la prueba t Student para el valor de Nitrógeno total por dosis entre las dos variedades en el segundo muestreo.....	43
Cuadro 37. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.....	44
Cuadro 38. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.....	44
Cuadro 39. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.....	44
Cuadro 40. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.....	45

Cuadro 41. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....45

Cuadro 42. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....46

Cuadro 43. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....46

Cuadro 44. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.....46

Cuadro 45. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.....47

Cuadro 46. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.....47

Cuadro 47. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.....47

Cuadro 48. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.....48

Cuadro 49. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.....48

Cuadro 50. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.....48

Cuadro 51. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.....	49
Cuadro 52. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.....	49
Cuadro 53. Valores prueba t Student en la concentración de steviósido .....	51
Cuadro 54. Valores estadísticos obtenidos en la prueba t Student para los valores de concentración de steviósido (µg) en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R).....	52
Cuadro 55. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos µg con dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	52
Cuadro 56. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos µg con la dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	52
Cuadro 57. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos µg con la dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	53
Cuadro 58. Valores estadísticos obtenidos para los valores de esteviósidos µg con la dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Morita.....	53
Cuadro 59. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos con dosis de 60 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	53
Cuadro 60. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos con la dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	54

Cuadro 61. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos con la dosis de 180 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	54
Cuadro 62. Valores estadísticos obtenidos para los valores de steviósidos con la dosis de 240 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	54
Cuadro 63. Valores estadísticos obtenidos en la prueba t Student para los valores de concentración de rebaudiósido A (µg), en las cuatro dosis aplicadas en las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R).....	55
Cuadro 64. Valores estadísticos obtenidos para los valores de Rebaudiósido A con la dosis de 120 kg ha <sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.....	56
Cuadro 65. Resumen de los valores más altos en las variables funcionales para la variedad Morita.....	57
Cuadro 66. Resumen de los valores más altos en las variables funcionales para la variedad Rebaudiana .....	58
Cuadro 67. Valores de la prueba t Student para el índice S/R entre los grupos de la variedad Morita.....	61
Cuadro 68. Valores de la prueba t Student para el índice R/S entre los grupos de la variedad Morita.....	61

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Plantas de <i>Stevia</i> antes del trasplante .....	9
Figura. 2 Plantas de <i>Stevia</i> ubicadas en parcelas divididas .....	11
Figura 3. Macetas de pasto quicullo .....	12
Figura 4. Tendencia de peso fresco y peso seco en toda la población, en el primer y segundo muestreo.....	18
Figura 5. Comparación de los valores de peso seco para la variedad Morita en los dos muestreos.....	19
Figura. 6 Comparación de peso seco promedio para las cuatro dosis de Nitrógeno empleadas en la variedad Morita en el primer y segundo muestreo .....	21
Figura. 7 Rendimiento en peso seco promedio en la variedad Rebaudiana en los dos muestreos.....	22
Figura 8. Tendencia peso seco y área foliar en el primer muestreo en las dos variedades.....	25
Figura. 9 Valores de promedio de AF (área foliar) en las variedades Morita y Rebaudiana con las cuatro dosis aplicadas.....	26
Figura. 10 Valores promedio de altura para Morita y Rebaudiana en el primer muestreo...	30
Figura. 11 Valores promedio de altura máxima para Morita y Rebaudiana en el segundo muestreo.....	31
Figura. 12 Valores promedio de altura en el primer y segundo muestreo para la variedad Morita.....	32



Figura 13. Plantas Morita con tratamiento de gallinaza.....	34
Figura. 14. Valores promedio para la altura de las plantas en todas las dosis de la variedad Rebaudiana en el primer muestreo y segundo muestreo.....	35
Figura 15. Plantas de Rebaudiana con tratamiento de gallinaza.....	36
Figura 16. Relación PS y Nitrógeno en planta (mg) en las dos variedades en el primer muestreo.....	41
Figura 17. Relación PS y Nitrógeno en planta (mg) en el segundo muestreo.....	43
Figura 18. Tendencia entre PS y Steviósidos (mg) en las variedades Morita y Rebaudiana .	50
Figura 19. Tendencia entre PS y Rebaudiósido A (mg) en las variedades de Morita y Rebaudiana.....	50
Figura. 20 Valores promedio para concentración de steviósidos en las dos variedades .....	51
Figura. 21 Valores promedio para concentración de rebaudiósido A en las dos variedades .	55
Figura 22. Identificación de grupos para la variedad Morita en la relación PS y Nitrógeno total.....	59
Figura 23. Identificación de grupos para la variedad Rebaudiana en la relación PS y Nitrógeno total.....	59
Figura 24. Relación índice S/R con el valor de b para cada grupo en la variedad Morita...	60
Figura25. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en la variedad Morita.....	60
Figura 26. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en variedad Rebaudiana...	61

Figura 27. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en variedad Rebaudiana... 62

## I. INTRODUCCIÓN

La planta de *Stevia rebaudiana* es una planta cuyas hojas sintetizan sustancias conocidas como glucósidos, éstas sustancias le dan la característica de tener hojas dulces, además de presentar nulo impacto calórico y propiedades hiperglucemiante en los seres humanos; una ventaja en comparación de los azúcares presentes en los frutos y tallos de otras plantas utilizados como endulzantes.

En las prácticas gastronómicas se utiliza principalmente el azúcar de caña y la remolacha azucarera para endulzar la comida, sin embargo estos alimentos tienen un impacto directo en los niveles de glucosa en la sangre y aportan una cantidad importante de kilocalorías al organismo provocando sobrepeso y obesidad. Lo que lleva a la reflexión y la búsqueda de opciones más saludables. Una de éstas opciones resulta ser la especie de *Stevia rebaudiana*.

El cultivo de *Stevia rebaudiana* en México ocupa un porcentaje bajo en la extensión territorial de producción de alimentos (Herrera *et al.*, 2012). Entre los principales productores de éste cultivo a nivel mundial son Japón, China, Corea, Taiwán, Tailandia, Indonesia, Laos, Malasia y Filipinas (Jaramillo *et al.*, 2009).

Sin embargo nuestro país cuenta con una localización estratégica con relación a la región de origen de la especie, por involucrar la parte de los Trópicos, sus diferentes condiciones ecológicas, incluyendo el suelo, clima, vegetación, altitud, topografía, hidrología y otras, gracias a esto el territorio permite experimentar y monitorear el desarrollo de productos exóticos (Herrera *et al.*, 2012).

Para impulsar la producción de cultivos que representen una alternativa saludable es necesario establecer las prácticas adecuadas para *Stevia rebaudiana* y para obtener un buen rendimiento. Ésta investigación pretende contribuir al conocimiento del manejo nutrimental de dos variedades de *Stevia rebaudiana* en invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Descripción del cultivo

El género *Stevia* consta de más de 240 especies de plantas nativas de Sudamérica, Centroamérica y México, con un gran número de especies encontradas en Arizona, Nuevo México y Texas (Jaramillo *et al.*, 2009).

La especie *Stevia rebaudiana* cuenta con más de 144 variedades a nivel mundial, destacando la variedad Morita (Monteiro *et al.*, 1980).

La variedad Morita fue desarrollada en Japón por Toyosigue Morita, la ventaja de esta variedad es que presenta mayores rendimientos de hoja seca y mejor contenido químico que otras variedades (Soejarto *et al.*, 1983).

### 2.2 Componentes químicos.

En el año de 1982 fueron identificadas 110 especies de *Stevia* probadas por su sabor dulce, y sólo 18 poseían esta característica (Soejarto *et al.*, 1982).

La hoja de *Stevia* en su estado natural, posee gran cantidad de nutrientes, que en orden de concentración son:

- Más del: 50%: carbohidratos de fácil asimilación.
- 10%: fibras, polipéptidos (proteínas vegetales).
- 1%: lípidos, potasio.
- Entre el 0.3 y 1%: calcio, magnesio y fósforo.
- Menos del 0.01%: cromo, cobalto, hierro, manganeso, selenio, silicio, zinc.
- Indicios de ácido ascórbico, aluminio, beta caroteno C, estaño, riboflavina.
- Algunos aceites esenciales (Herrera *et al.*, 2012).

La característica de sabor dulce en las hojas de *Stevia rebaudiana* se debe a la presencia de ocho glucósidos; estos glucósidos son principalmente compuestos de esteviol derivado diterpeno, la

especie *S. rebaudiana* Bertoni es una de las especies más dulces, contiene estigmasterol, b- sitosterol y campesterol (Totté *et al.*, 2000).

Otros productos químicos que no tienen sabor dulce también se encuentran en las especies de Stevia y algunos incluso pueden ser amargos en el sabor (Zubiate *et al.*, 2007).

La especie *Stevia rebaudiana* contiene diterpenos, triterpenos, estigmasterol, taninos, aceites esenciales y además, 8 glucósidos diterpenos: esteviosido, esteobiodido, dulcosido y rebaudiosido A, B, C, D y E (Goyal *et al.*, 2010). Siendo los más abundantes el esteviósido y rebaudiosido A. (Totté *et al.*, 2000).

El esteviósido generalmente se encuentra entre 5 a 10% del peso de la hoja y en menor medida, del orden de 2 a 3% rebaudiósidos A, B, C, D, E, dulcósido A y B y steviolbiosido (Brandle *et al.*, 2002).

La presencia de estas sustancias indica que el cultivo de *Stevia rebaudiana* puede satisfacer las necesidades actuales de los ingredientes de alimentos de bajas calorías con propiedades nutricionales, terapéuticas y funcionales (Herrera *et al.*, 2012).

### 2.3 Manejo agronómico.

#### Suelo.

El suelo ideal para la especie de *Stevia rebaudiana* es areno-arcilloso, franco y franco-arenoso, con regular proporción de humus (Ramírez *et al.*, 2011). Este cultivo se adapta bien a suelos con buen drenaje. Prospera bien en suelos de pH ácido, pero crece bien entre 6.5 a 7.5, siempre que sean no salinos.

#### Riego

El manual de manejo de Stevia que edita el INIFAP, recomienda que el riego es fundamental para el cultivo de la Stevia, ya que no tolera largos periodos de sequía.

La limitada profundidad y el escaso radio de expansión alcanzado por el sistema radicular, así como la naturaleza herbácea y el ritmo de crecimiento de la planta del *kaá heé* (los guaraníes la

llaman kaá-heé, y significa “yerba dulce”), exige que el suelo tenga un adecuado nivel de humedad para asegurar el buen desarrollo de las plantas (Ramírez *et al.*, 2011).

En invernadero es recomendable la utilización de sistemas de irrigación, la necesidad hídrica del cultivo es de 5 mm diarios aplicados con intervalos de 3 días si el suelo es del tipo arenoso y de cada 5 días si es del tipo ligeramente arcilloso. El riego se debe suspender 15 días antes de la cosecha, de manera de no afectar el tenor dulzor de glucósidos en la hoja.

Por otro lado, también es recomendable para la Stevia en los sistemas intensivos de siembra, el riego por goteo, ya que se puede utilizar para aplicar los fertilizantes químicos y evitan problemas fitosanitarios como consecuencia de la formación de un microclima con alta humedad relativa (Ramírez *et al.*, 2011).

#### Temperatura.

La Stevia es una especie originaria de la zona subtropical (Paraguay), está adaptada a climas semihúmedos con temperaturas extremas de -6 a 43°C; en México se han reportado en investigaciones que es suficiente la temperatura promedio de 24 °C.

La temperatura promedio es de 24 grados centígrados, sin embargo prospera en el intervalo de 18 a 34 grados centígrados, en temperaturas de 5 y 15 grados la planta disminuye el crecimiento foliar (Ramírez *et al.*, 2011).

#### Humedad.

Para la Stevia, el porcentaje de humedad relativa debe ser menor del 85%. Este factor influye directamente sobre la temperatura del aire y del suelo y sobre el contenido del vapor de agua en el ambiente; además es un factor determinante en la incidencia de enfermedades (Ramírez *et al.*, 2011).

#### Luminosidad.

Los fotoperiodos largos aumentan la longitud de los entrenudos, el área foliar el peso seco y aceleran la aparición de las hojas. La materia seca se reduce a la mitad con fotoperiodos de días

cortos. El fotoperiodo crítico para el desarrollo de la Stevia es de 13 horas, pero existe una gran variabilidad genética entre ecotipos (Sumida *et al.*, 1998).

### Poda

Las podas son muy importantes para el desarrollo y cuidado de la stevia, se deben hacer en las primeras horas de la mañana o últimas de la tarde, evitando horas o días de alta radiación solar, de tal manera de evitar deshidratación y secamiento de las ramas secundarias y terciarias; se realizan las siguientes podas: Poda de formación, poda sanitaria y poda de renovación (Ramírez *et al.*, 2011).

### Clima

Esta especie está adaptada al clima tropical y subtropical, se encuentra distribuida desde los cero hasta 1500 msnm, la temperatura promedio es de 24 °C, sin embargo prospera en el intervalo de 18 a 34 °C , en temperaturas de 5 y 15 °C la planta disminuye el crecimiento foliar.

Con precipitaciones de 1400 a 1800 mm, no soporta sequías prolongadas ni heladas con temperaturas reportadas de -5 °C. Adaptada a alta luminosidad con una duración de fotoperiodo de 12 a 13 horas (Ramírez *et al.*, 2011).

### Ciclo de vida y cosecha.

Cuando las plantas son más jóvenes, los períodos de floración son más cortos y esto influye en el número de cortes que se deben de realizar. El lapso de tiempo entre cada cosecha oscila entre 50 y 60 días.

La cosecha debe hacerse cuando se presente un máximo del 5% de botones florales, pues esto afecta la calidad del producto final. Se hace un corte uniforme de todas las plantas, procurando que queden 2 o 3 pares de hojas.

### Fertilización.

En los experimentos realizados por Yang *et- al.* (2008) demostraron que el cultivo orgánico de *Stevia rebaudiana* produce más esteviósido en la hoja (3%) en comparación con el cultivo común fertilizado con materiales minerales, especialmente en el contenido de rebaudiósido A, y la

incorporación de fertilizantes orgánicos basados en incorporación de materiales de la poda (Ramírez *et al.*, 2011).

Existe una influencia de los niveles de abono en el crecimiento, rendimiento y nutrientes así como el método de plantación de Stevia (Chalapathi *et al.* 1997, 1999), sin embargo faltan elementos para determinar la aplicación y la combinación de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) como fertilizantes y evaluar la disponibilidad de éstos en el suelo y en relación con su contenido en la planta de Stevia (Das *et al.*, 2006).

Es importante conocer las diferentes proporciones y tipos de materiales (orgánicos o inorgánicos) que pueden ser utilizados en la producción de Stevia para poder ampliar el panorama de la fertilización (Ramírez *et al.*, 2011).

Se han hecho investigaciones a fin de determinar cuáles son las formas y proporciones más efectivas de adicionar fertilizantes al cultivo de *Stevia rebaudiana*. Independientemente del tipo de fertilizantes utilizados en investigaciones con ésta planta se ha identificado que las deficiencias de K, Ca y S reducen las concentraciones del rebaudiósido y las deficiencias de macronutrientes con excepción del P reducen la producción de esteviósido en las hojas de Stevia (Utimi *et al.*, 1999).

La nutrición química complementaria es un componente tecnológico relevante ya que muchos suelos carecen de la reserva nutrimental que demanda la Stevia para expresar su máximo potencial genético (Zetina *et al.*, 2014).

## Plagas

En el cultivo de Stevia rebaudiana se pueden presentar las siguientes plagas:

- Coleópteros. *P. menetriesi* es la especie más dañina en el cultivo de la Stevia, principalmente en los estados larvales, atacando raíces y atrofiando el crecimiento.



- Termitas o comejenes. Estos son habitantes naturales del suelo y la madera es su alimento preferido; forman colonias en el suelo, en las maderas blandas y también en otros materiales en descomposición, como por ejemplo en materia orgánica no compostada (Ramírez *et al.*, 2011).
- Picudos. El picudo del follaje, se ve favorecido cuando no se realizan las practicas adecuadas de cultivo, tales como falta de podas sanitarias, poco o nulo control de malezas y distancias de siembra muy cortas, entre otras. En periodos secos definidos, se observa la disminución de la plaga. Al inicio de las lluvias reaparece nuevamente. Este *curculionido* se considera una plaga de doble acción, ya que el adulto causa daños a las hojas y flores y la larva a las raíces (Ramírez *et al.*, 2011).
- Hormiga Arriera o Cortadora. Las hormigas recolectoras hacen cortes semicirculares en el follaje (Ramírez *et al.*, 2011).
- Áfidos o Pulgones. Estos son insectos pequeños, que *miden* entre 0.5 a 6 mm de longitud. Esto son chupadores de savia y se localizan preferentemente en las partes más jóvenes de la planta, donde viven en tal cantidad que las recubren completamente.

## Enfermedades

Entre las enfermedades que pueden presentarse en la especie de *S. rebaudiana* se encuentran las siguientes:

- *Oidium sp*: Los síntomas se inician con un crecimiento blanco en la superficie de las hojas y ramas. A medida que el hongo crece, las zonas afectadas se vuelven amarillas y finalmente se necrosan (Casaccia *et al.*, 2006).
- *Rhizoctonia sp*: Las plantas afectadas manifiestan marchites y perdida de turgencia de las hojas. Posteriormente se observa un amarillamiento y secamiento de la planta.
- *Sclerotium rolfsii*: Es la enfermedad más frecuente en plantas en cama de enraizamiento. Las plantas afectados manifiestan marchites y perdida de la turgencia de las hojas (Ramírez *et al.*, 2011).

### III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

#### 3.1 Objetivos

Evaluar la respuesta de dos materiales de *Stevia rebaudiana* (mejorado y criollo) a la aplicación de compost de diferente origen y labilidad en el rendimiento de materia seca y glucósidos.

Evaluar la relación de la nutrición nitrogenada con la concentración de glucósidos en dos materiales genéticos de *Stevia rebaudiana*.

#### 3.2 Hipótesis

El rendimiento en peso seco y fresco de la *Stevia rebaudiana* es función de la tasa de aporte nutrimental de los insumos aplicados, independientemente del tipo de material genético del cultivo.

La concentración de nitrógeno mínima en el tejido vegetal requerida para obtener la máxima producción de biomasa total de la *Stevia rebaudiana* es constante e independiente del tipo de material genético del cultivo.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación del experimento

El trabajo experimental se realizó en los invernaderos de Tlapeaxco del Departamento de Irrigación de la Universidad Autónoma Chapingo ubicado en el kilómetro 38 de la carretera México-Texcoco, con coordenadas 19° 29' latitud Norte, 98° 54' de longitud Oeste y a una altura de 2250 msnm.

### 4.2 Material vegetal

El material vegetal utilizado fueron 48 plantas de *Stevia Rebaudiana* (variedad mejorada / Morita) reproducidas asexualmente, provenientes de Boyeros del Municipio de Texcoco, Estado de México y 48 plantas de *Stevia Rebaudiana* silvestre proveniente de Cuautla, Estado de Morelos; ambas variedades se obtuvieron por esquejes; las plantas varían en sus características morfológicas y fenológicas. Al momento del trasplante tenían una altura promedio de 10 cm y se cultivaron en macetas con sustrato de fibra de coco y se observaban sanas.



Figura 1. Plantas de *Stevia* antes del trasplante.

### 4.3 Manejo del experimento

#### Trasplante

Se trasplantaron a bolsas de polietileno negro de 40 cm de diámetro, con suelo agrícola de tipo arenoso haciendo una mezcla homogénea con pala y el tratamiento y la dosis correspondiente; se transplantó una planta de *Stevia rebaudiana* criolla en un total de 48 macetas y en otras 48 macetas las plantas correspondientes a *Stevia rebaudiana* silvestre.

#### Riego

Durante el experimento se instaló un tensiómetro agrícola marca Irrrometer modelo ISR-300 como instrumento para indicar el estado de humedad del suelo y poder determinar la cantidad y frecuencia de riego.

#### Plagas

Durante el ensayo se presentó en el cultivo la plaga de mosquita blanca (*Bermisia tabaci*), para combatirla se aplicó el tratamiento de Flonicamid, en una dosis de 0.75g/L de agua con 2 aplicaciones a intervalos de 7 días.

### 4.4 Descripción de los tratamientos

Se aplicaron tres tratamientos, gallinaza, vermicompost y sulfato de amonio; el suelo agrícola se homogeneizó con la dosis de acuerdo a la cantidad correspondiente al tipo de material utilizado en las macetas de *Stevia rebaudiana* y al pasto, basándose en el contenido nutrimental de cada uno, expresado en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos a evaluar expresados en gramos de insumo aplicados por bolsa ( $\text{g b}^{-1}$ ) o maceta y su equivalente en kilogramos por hectárea.

Tratamiento	Gallinaza		Vermicompost		Sulfato de amonio	
	$\text{kg ha}^{-1}$	$\text{g b}^{-1}$	$\text{kg ha}^{-1}$	$\text{g b}^{-1}$	$\text{kg ha}^{-1}$	$\text{g b}^{-1}$
60	3000	48.0	3333	53.3	293	4.7
120	6000	96.0	6667	106.7	585	9.4
180	9000	144.0	10000	160.0	878	14.0
240	12000	192.0	13333	213.3	1171	18.7

#### 4.5 Diseño experimental utilizado

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos de gallinaza, vermicompost y sulfato de amonio en dosis de 60, 120, 180 y 240  $\text{kg ha}^{-1}$  con 4 repeticiones, fueron evaluados bajo la prueba estadística t Student.



Figura. 2 Plantas de *Stevia* ubicadas en el invernadero.

### Complemento del ensayo con pasto (*Pennisetum clandestinum*)

Para simular la tasa de liberación de nutrientes se complementó un ensayo con pasto en las mismas condiciones experimentales que las plantas de *Stevia rebaudiana* procediendo de la manera siguiente:

- a) Se eligió el tratamiento de 180 kgN ha<sup>-1</sup> como indicador, debido a que es la dosis que propone el INIFAP para el cultivo de la Stevia.
- b) Se prepararon tres tratamientos con la misma dosis de nitrógeno (180 kgN ha<sup>-1</sup>) con cuatro repeticiones cada uno, usando para ello compost de gallinaza, vermicompost y sulfato de amonio
- c) El material y contenido de las macetas fue el mismo empleado para el ensayo con Stevia.
- d) Se instaló en el mismo invernadero del experimento con la Stevia y se le aplicó el mismo manejo.
- e) Se realizaron dos cortes, el primero fue a los 90 días del trasplante y el segundo a los 180 días después del trasplante. Se obtuvo el peso fresco y seco así como el análisis del contenido de Nitrógeno total.



Figura 3. Macetas de pasto *Pennisetum clandestinum*

## 4.6 Variables evaluadas

### Rendimiento

Durante el ensayo se realizaron dos muestreos, el primero a los 60 días después del trasplante (ddt) y el segundo a los 180 ddt.

Se registraron datos correspondientes a altura de la planta cada siete días hasta el primer muestreo y lecturas con SPAD Minolta a la hoja recientemente madura y recientemente formada cada 2 días durante los 60 días después del trasplante.

A los 60 ddt se hizo el primer muestreo, tomando las medidas de peso fresco y área foliar.

Para evaluar el rendimiento de materia seca de hoja (parte anatómica de importancia económica) las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a 45 °C hasta obtener peso constante, utilizando una báscula digital.

La variable altura se midió cada semana hasta llegar al primer muestreo, inmediatamente después de éste, se tomó a partir del retoño consecutivamente cada semana hasta el segundo muestreo en todas las plantas sobrevivientes de las dos variedades.

Se continuó con la toma de altura de la planta hasta los 180 ddt donde se realizó el segundo muestreo, tomando peso fresco y peso seco únicamente.

### Concentración de esteviosidos

Se hizo la determinación de esteviósidos en la planta (tallos y hojas) en las muestras obtenidas en la primera cosecha.

Los glucósidos analizados fueron rebaudiósido A, esteviósido y steviol en ambas variedades mediante la técnica de extracción de la muestra con etanol y para realizar el cálculo correspondiente a la concentración de cada glucósido se hizo análisis por cromatografía de líquidos.

### Extracción con etanol

Se sometieron a prueba tres formas de extracción, etanol, acetonitrilo y agua. Siendo la extracción con etanol la elegida de acuerdo a las curvas obtenidas; se procedió de la siguiente manera:

Las muestras (tallos y hojas) se secaron hasta registrar peso seco constante y se molieron hasta obtener un polvo fino; cada una de ellas se colocó en un tubo de ensayo, tomando 250 mg de muestra y agregando como diluyente 2ml de etanol grado reactivo; después se colocaron en un agitador Multi Reax a velocidad 7 durante 180 minutos.

Posteriormente cada tubo de ensayo se centrifugó a 4500 rpm durante 10 minutos. De las muestras centrifugada se tomaron 0.5 ml de la fase acuosa de cada una y fueron filtradas con acrodiscos Premium de 25 mm Syringe filter de 0.45 mm HT tuffyn membrane en frascos viales para inyectarlos a la técnica de HPLC.

### Cromatografía de líquidos y curvas

Las muestras cosechadas a los 90 días fueron sometidas al análisis HPLC para indicar la concentración de esteviósido, steviol y rebaudiosido A.

### Concentración de nitrógeno

Para cuantificar la acumulación de nitrógeno en la planta, se molieron y tamizaron las muestras para realizar el análisis químico de nitrógeno total a través de digestión húmeda con la mezcla biácida de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ácido salicílico.

### 4.7 Análisis estadísticos

Los resultados de las variables de rendimiento y funcionales colectadas se sometieron a un análisis de varianza y el efecto de los tratamientos se analizó través de un análisis T Student ( $\alpha=0.05$ ) y la técnica de regresión.

- a) Contraste de la tasa de aporte nutrimental de los insumos aplicados mediante el análisis de los resultados de los cortes sucesivos del pasto empleado como resina biológica. (prueba de t de Student) y contraste de medias para evaluar las diferencias entre



tratamientos, así como análisis de regresión para valorar el aporte nutrimental a través del tiempo.

- b) Contraste de medias y prueba de t de Student para evaluar similitudes o diferencias en las distintas variables estudiadas entre los materiales genéticos en estudio.
- c) Contraste de medias para valorar la diferencia entre tratamientos para identificar la concentración de nitrógeno mínima en el tejido vegetal requerida para obtener la máxima producción de biomasa total de la *Stevia rebaudiana*.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Análisis morfológico

#### 5.1.1 Generalidades

Durante el experimento no se presentaron incidencias correspondientes a problemas mecánicos, enfermedades ni plagas que afectaran directamente la toma de datos; sólo se observó un porcentaje de mortalidad en la población en el primer y segundo muestreo respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Porcentaje de mortalidad en la variedad Morita y Rebaudiana, en el primer y segundo muestreo.

Tratamiento	Dosis de N kg/ha <sup>-1</sup>	Porcentaje de mortalidad Primer muestreo (60 ddt)		Porcentaje de mortalidad segundo muestreo (180 ddt)	
		Rebaudiana	Morita	Rebaudiana	Morita
Gallinaza	60	25	0	0	0
	120	0	0	0	25
	180	0	0	25	25
	240	0	0	0	0
Vermicompost	60	0	0	0	0
	120	0	0	0	0
	180	25	25	25	25
	240	0	0	0	0
Sulfato de amonio	60	25	0	0	0
	120	50	0	75	25
	180	0	0	75	25
	240	0	0	100	25

En la variedad Morita el porcentaje de mortalidad en el primer muestreo fue muy bajo, sólo una planta con el tratamiento de vermicompost y dosis de 180 kg/ha<sup>-1</sup> no sobrevivió; sin embargo, para el segundo muestreo, se sumó una planta con tratamiento de gallinaza con la dosis de 180 kg/ha<sup>-1</sup> de N. Y en las plantas a las que se les aplicó sulfato de amonio, el porcentaje de mortalidad aumentó drásticamente, al presentarse sólo una planta sobreviviente para las dosis de 120 y 180 kg/ha<sup>-1</sup> N; para el caso de la dosis de 240 kg/ha<sup>-1</sup> de N no sobrevivió ninguna.

Este porcentaje indica que el tratamiento del sulfato de amonio tiene efectos importantes y poco convenientes para el manejo agronómico, sobre todo en la dosis de  $240 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N en la variedad Morita. Por ser una variedad mejorada, las plantas presentan una respuesta homogénea y negativa al tratamiento.

En el caso de la variedad Rebaudiana los porcentajes de mortalidad son menores a comparación con la variedad Morita.

Para el primer muestreo en el tratamiento de gallinaza sólo hubo una planta no sobreviviente en la dosis de  $60 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N; el mismo caso lo presentó el tratamiento de sulfato de amonio en la dosis de  $60 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N y dos plantas no sobrevivieron con la dosis de  $120 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N para el caso del vermicompost sólo una planta no sobrevivió para la dosis de  $180 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N.

Sin embargo, en el segundo muestreo aumentó el número de plantas no sobrevivientes; sobre todo en el tratamiento de sulfato de amonio para las dosis de  $120$ ,  $180$  y  $240 \text{ kg/h}^{-1}$  de N.

Cabe señalar que a diferencia de la variedad Morita, la variedad Rebaudiana reportó dos casos, en los que al primer muestreo, las plantas aparentaban estar muertas y retoñaron a los 75 días después del trasplante, para el tratamiento de gallinaza con dosis de  $60 \text{ kg/ha}^{-1}$  de N y a los 81 días después del trasplante, para el tratamiento de sulfato de amonio con dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.

Lo que indica que la respuesta adaptativa a los tratamientos en la variedad Rebaudiana es menos crítica, son plantas más resistentes y presentan mayor sobrevivencia, probablemente, esto se debe a que no ha sido tan manipulada y mantiene su variabilidad genética; lo que le confiere una mejor respuesta adaptativa.

#### Peso seco y fresco

Los datos correspondientes a peso seco y peso fresco, muestran una tendencia proporcional en los dos muestreos y para las dos variedades. (Figura 4)

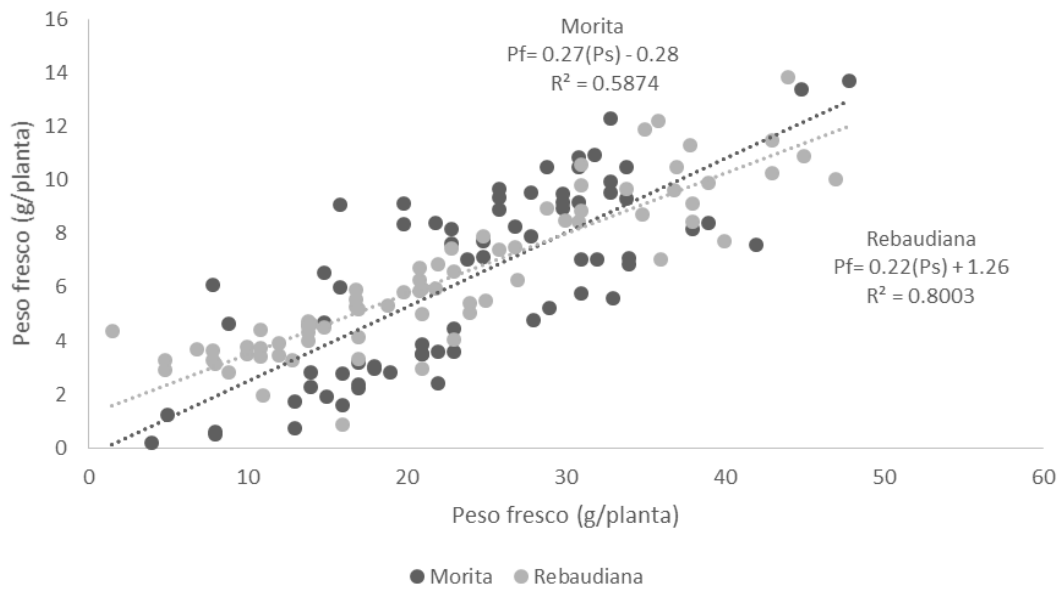


Figura 4. Tendencia de peso fresco y peso seco en toda la población, en el primer y segundo muestreo.

Cuando los pesos secos en ambos muestreos se comparan, los valores son menores a los obtenidos en el primero.

Esto se atribuye a que la cantidad de nutrientes en la solución del suelo disminuye conforme la planta los incorpora a su biomasa.

### 5.1.2 Rendimiento

### 5.1.3 Peso seco

Una de las variables de respuesta en el experimento fue el rendimiento de materia seca (peso seco de tallos y hojas), se puede distinguir que para la variedad Morita la distribución de datos se muestra uniforme, tomando en cuenta todos los tratamientos y dosis empleadas tanto para el primer muestreo (60 ddt) y el segundo muestreo (180 ddt) (Figura 5).

Cuando los pesos secos en ambos muestreos se comparan, los valores son menores a los obtenidos en el primero. Esto se atribuye a que la cantidad de nutrientes en la solución del suelo disminuye conforme la planta los incorpora a su biomasa.

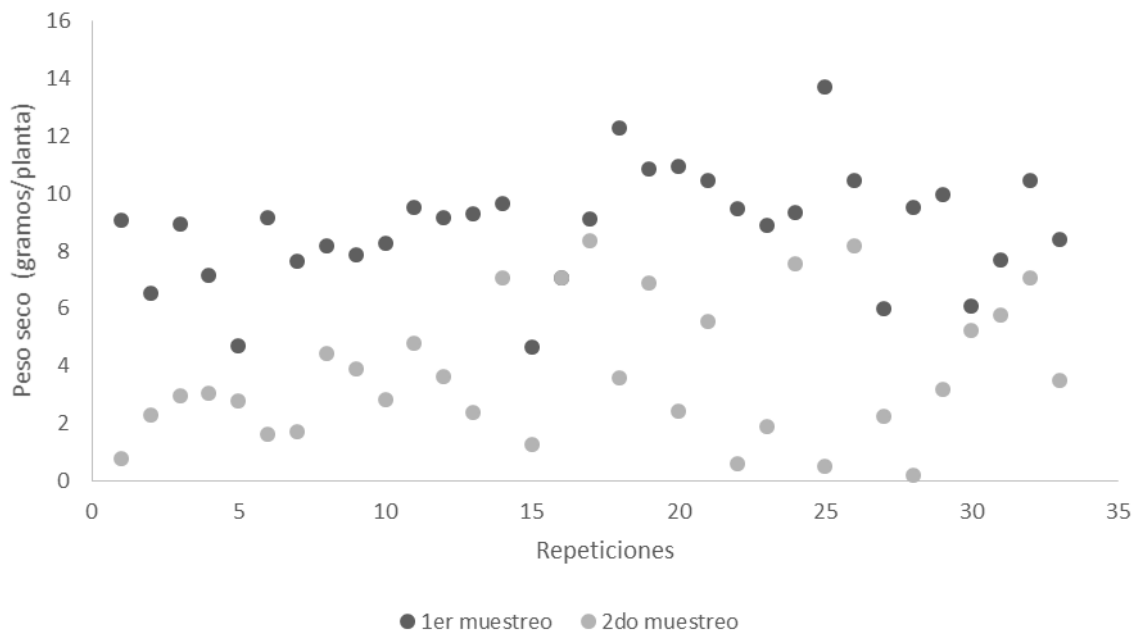


Figura 5. Comparación de los valores de peso seco para la variedad Morita en los dos muestreos.

El rendimiento promedio de hojas secas (parte útil del cultivo) para los tres tratamientos en sus cuatro dosis varió de los 3.07 a 13.73 g/planta. Son valores menores a los datos reportados por Mishra en el 2010, donde la cantidad de hojas secas que pueden ser cosechadas en *Stevia rebaudiana* variedad Morita varía de 15 a 35 gramos por planta en cada cosecha.

Cuando se comparan los datos entre variedades, se puede observar que los valores obtenidos en PS (peso seco) en la Morita son significativamente mayores a los de la variedad Rebaudiana en el primer y segundo muestreo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Peso seco en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R) en el primer muestreo.

Prueba t	60		120		180		240	
	kg ha <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup>		kg ha <sup>-1</sup>		Kg ha <sup>-1</sup>	
	M	R	M	R	M	R	M	R
Media	8.03	3.81	9.60	6.79	8.82	7.55	8.56	5.33
Varianza	3.15	5.86	5.62	9.16	2.70	8.94	6.60	3.13
Estadístico t	4.85		2.38		2.11		3.58	

La variedad Morita presenta valores de rendimiento más altos que la variedad Rebaudiana, debido a la manipulación genética del cultivo. Sin embargo en el segundo muestreo se invierten los valores, y es la variedad Rebaudiana la que obtiene datos más altos, además de manifestarse mayor porcentaje de sobrevivencia (Cuadro 4).

Cuadro 4. Peso seco en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R) en el segundo muestreo.

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M	R	M	R	M	R	M	R
Media	4.50	7.54	3.40	7.27	3.	5.61	3.09	5.55
Varianza	6.59	9.76	3.55	8.61	4.6	11.44	6.47	11.52
Estadístico t	2.45		3.32		1.58		1.75	

Así mismo, dentro de una misma variedad se observan diferencias significativas entre dosis y tratamientos aplicados; en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N, independientemente al tipo de fuente utilizada; fue con la que se obtuvieron los valores más altos en peso seco para la variedad Morita,

y para el segundo muestreo fue la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N con la que se obtuvieron los pesos secos más altos (Figura. 6).

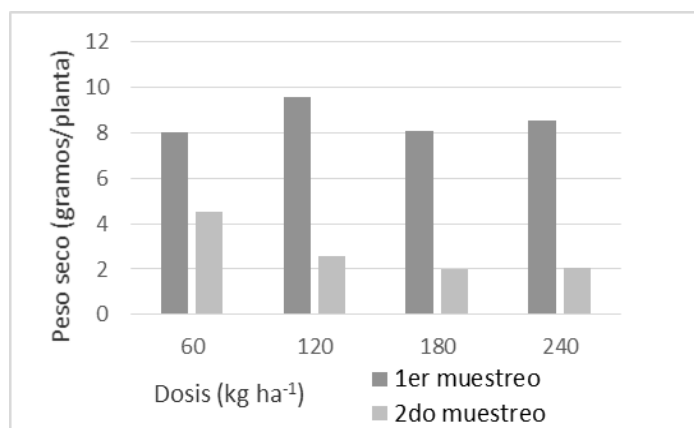


Figura. 6 Peso seco promedio para las cuatro dosis de Nitrógeno empleadas en la variedad Morita en el primer y segundo muestreo.

Lo anterior se corrobora con los valores obtenidos en la prueba estadística t-Student mostrada en el cuadro 5.

Cuadro 5. Peso seco en la variedad Morita para el primer (M1) y segundo muestreo (M2)

Prueba t Student	M1	M2
Media	8.99	3.70
Varianza	4.28	5.32
Estadístico t	10.42	
Valor crítico de t (dos colas)	2.03	

En la variedad Morita el valor de PS presenta diferencias significativas cuando se comparan los datos del primer y segundo muestreo, dicho valor en todos los casos para el segundo muestreo, es menor en las cuatro dosis de N aplicadas independientemente al tipo de material utilizado (Cuadro 6).

Cuadro 6. Peso seco para el primer(M1) y segundo muestreo (M2) en la variedad Morita.

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Media	8.03	4.5	9.60	2.55	8.82	2.16	8.56	2.06
Varianza	3.15	6.59	5.62	4.95	2.70	5.74	6.60	6.43
Estadístico t	4.80		8.08		7.92		7.34	

En el caso de la variedad Rebaudiana, los valores de rendimiento para PS variabilidad en comparación de la variedad Morita; esto concuerda con los datos reportados por Casaccia y Álvarez (2006), donde explican que la variedad criolla al estar constituida por una mezcla de genotipos presenta características morfológicas y fenológicas muy variada entre individuos.

Los valores reportados en peso seco para el segundo muestreo son menores en comparación al primero, característica que corresponde al efecto residual de los tratamientos.

Los valores de rendimiento en peso seco en la variedad Rebaudiana tomando en cuenta los tres tratamientos y las dosis empleadas varían de 3.08 a 6.93 g/planta; los valores más altos en pesos seco para la variedad criolla se obtuvieron con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en el primer muestreo, y en el segundo muestreo la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N reportó el los valores más altos. (Figura 7, Cuadro 7).



Fig. 7 Peso seco promedio en la variedad Rebaudiana en los dos muestreos.



Cuadro 7. Peso seco en el primer (M1) y segundo muestreo (M2) para la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	M1	M2
Media	6.04	6.76
Varianza	7.03	10.33
Estadístico t	1.11	

En todos los tratamientos se obtuvieron diferencias significativas, se muestran sólo los datos con diferencias mayores entre tratamientos (Cuadro 8 y 9).

Los tratamientos en donde se obtuvieron los valores más altos de PS en la variedad Morita con dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> fue vermicompost, para la dosis de 120,180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> fue la gallinaza.

Sin embargo para el segundo muestreo el tratamientos con valores más altos en la dosis de 60 resultó ser el de gallinaza y para 120,180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de N, hubo una tasa muy alta de mortalidad. Éstos resultados se atribuyen a las diferencias en el tiempo de labilidad de los materiales utilizados; ya que es evidente que el nitrógeno de los tratamientos orgánicos permaneció disponible en la solución del suelo durante el experimento y el sulfato de amonio tuvo rápida absorción en un principio y disminuyó conforme el paso del tiempo afectando la sobrevivencia de las plantas.

Cuadro 8. Peso seco obtenido para la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato		Gallinaza/Sulfato	
	a	a	o de Amonio	o de Amonio	de Amonio	de Amonio
Media	7.41	11.54	7.41	10.24	11.54	10.24
Varianza	3.71	0.63	3.71	6.17	0.63	6.17
Estadístico t	3.57		1.79		0.69	

Cuadro 9. Peso seco con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Morita

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	7.41	8.92	7.41	7.93	8.92	7.93
Varianza	3.6	0.47	3.6	0.12	0.47	0.12
Estadístico t	0.54		0.18		2.56	

Para la variedad Rebaudiana se obtuvieron para el primer muestreo los datos más altos en la dosis de 60 y 180 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de gallinaza, en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> fue el tratamiento con sulfato de amonio y la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de vermicompost (Cuadro 10, 11).

Cuadro 10. Peso seco con la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	3.8	5.7	3.8	4.5	5.7	4.5
Varianza	0.27	9.4	0.27	1.7	9.4	
Estadístico t	1.05	3	1.05	0.85	0.62	

Cuadro 11. Peso seco con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
			o de Amonio		de Amonio	
Media	5.28	6.8	5.28	9.8	6.8	9.8
Varianza	1.32	6.47	1.38	31.8	6.47	31.8
Observaciones	4	4	4	2	4	2
Grados de libertad	4		1.12		1	
Estadístico t	1.08		12.70		0.71	
Valor crítico de t (dos colas)	2.77				12.7	

Cuando se comparan los valores de PS en los dos muestreos de la variedad Rebaudiana es notable que las diferencias no son tan altas a comparación de la variedad Morita (Cuadro 12).

Cuadro 12. Peso seco para el primer (M1) y segundo muestreo (M2) en la variedad Rebaudiana.

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Media	4.58	7.54	6.79	6.5	7.55	4.59	5.33	4.63
Varianza	3.27	9.76	9.16	12.95	8.94	14.30	3.13	14.11
Estadístico t	3.56		0.133		1.98		0.56	

#### 5.1.4 Área foliar.

La segunda variable de rendimiento obtenida durante el experimento fue área foliar (AF).

La tendencia que se muestra al relacionar el peso seco con al área foliar en Morita y Rebaudiana es proporcional para cada una (Figura 8).

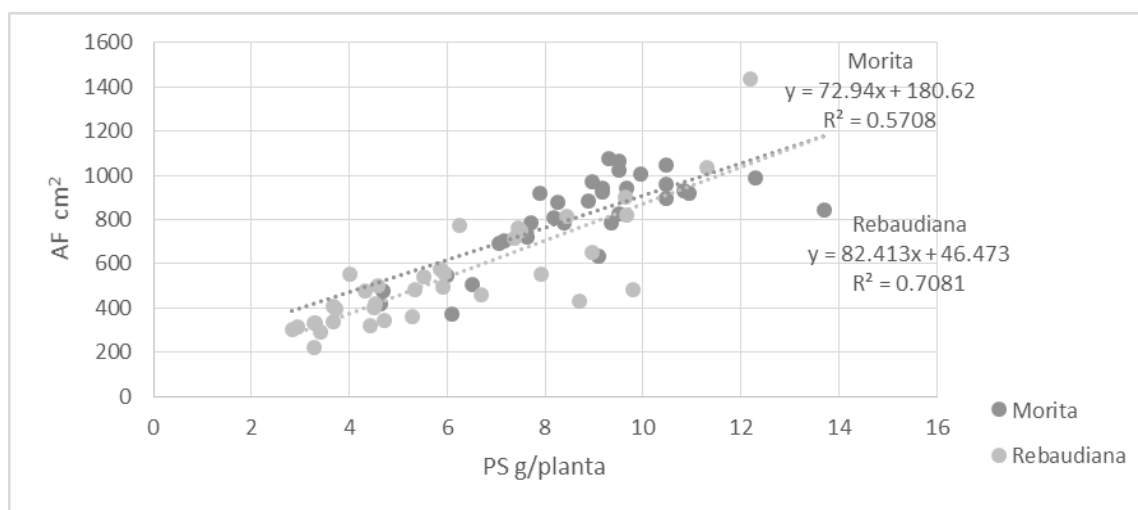


Figura 8. Tendencia peso seco y área foliar en el primer muestreo en las dos variedades.

Aparentemente se observa en la gráfica una tendencia similar, sin embargo desde el punto de vista estadístico, se presentan diferencias significativas entre las dos variedades independientemente a los tratamientos y dosis aplicados (Cuadro 13).

Los valores de la variedad Rebaudiana se agrupan en un rango de los 220.55 cm<sup>2</sup> a los 1435 cm<sup>2</sup>; menor que el de la variedad Morita que presenta el rango desde los 371.38 a los 1078.6 cm<sup>2</sup>, esto indica que las plantas de la variedad Morita presentan áreas foliares mayores; dichos datos se corroboran estadísticamente con las medias de áreas foliares para cada variedad; Rebaudiana con media de 561.60 cm<sup>2</sup> y Morita con una media de 823.62 cm<sup>2</sup>.

Diferencias que se atribuyen al tipo de material genético, Morita como variedad mejorada y Rebaudiana como una variedad que mantiene características silvestres por ser menos manipulada.

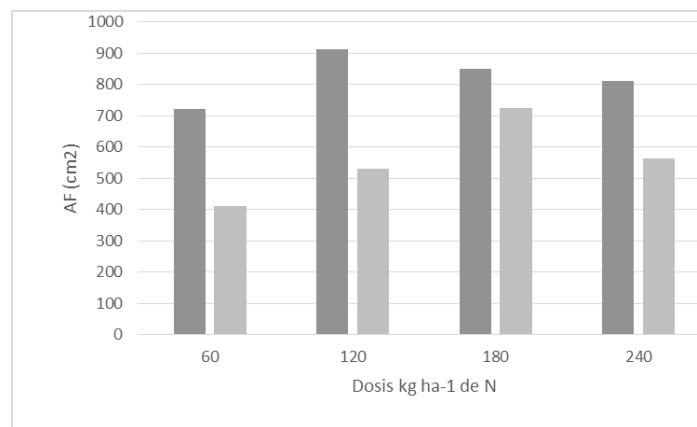


Fig. 9 Área foliar en las variedades Morita y Rebaudiana con las cuatro dosis aplicadas.

Cuadro 13. Valores de la prueba t Student para área foliar en las dos variedades

Prueba t Student	Morita	Rebaudiana
Media	823.62	561.60
Varianza	51647.1	72639.7
Estadístico t	4.96	

Cuando se realizan las pruebas estadísticas para determinar las diferencias significativas entre los tratamientos y dosis de una misma variedad, se observa que para la variedad Morita los datos con valores mayores en AF fueron los tratamientos de vermicompost con las dosis de 60, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup>; y en el de sulfato de amonio para la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Cuadros 14,15,16 y 17).

Cuadro 14. Área foliar en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	691.59	673.46	691.59	803.52	673.46
Varianza	1888.	45819.41	41888.3	96462.7	45819.4	96462.7
Estadístico t	0.12		2.57		0.68	
	2.44				2.57	

Cuadro 15. Área foliar en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	739.08	934.77	739.08	1060.8	934.77
Varianza	38217.5	1619	38217.5	44834.8	1619.7	44834
Estadístico t	1.96		2.3	4	1.169	

Cuadro 16. Área foliar en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	994.68	839.61	994.68	754.497	839.61
Varianza	111776.4	1844.59	111776.4	1560.8	1844.59	1560.8
Estadístico t	0.79		1.23	4	2.91	

Cuadro 17. Área foliar en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	986.83	843.0	986.83	604.31	843.0
Varianza	10015.4	45100	10015.4	99043.9	45100	99043.9
Estadístico t	1.22		2.31		1.25	

En la variedad Rebaudiana las pruebas estadísticas muestran que hay diferencias significativas en todos los tratamientos con excepción al de vermicompost y sulfato de amonio con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N; observándose que los valores más altos en AF fueron para el tratamiento de gallinaza en las dosis de 60, 120, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de N (Cuadro 18 al 21).

Cuadro 18. Área foliar en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	343.40	478.43	343.40	436.5	478.43
Varianza	7854.1	30856.1	4857.1	7950.53	30856	7950.5
Estadístico t	1.21		1.33		0.36	

Cuadro 19. Área foliar en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	524.99	524.99	524.99	507.34	524.99
Varianza	34810.3	34810.3	34810.3	112150	34810.3	112150
Etadistico t	0.132		0.184		0.254	

Cuadro 20. Área foliar en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	691.85	777.6	524.99	694.27	777.6
Varianza	139811	34810.3	159503	58155	34810.3	58155
Estadístico t	0.291		0.009		0.35	

Cuadro 21. Área foliar en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	552.57	699.255	552.57	436.04	699.255
varianza	29057	24964	29057	7560.679	24964	7560.679
Estadístico t	0.55		1.217		1.03	

### 5.1.5 Altura de la planta.

La tercera variable de rendimiento registrada durante el experimento fue la altura de la planta. Existen diferencias significativas entre los datos de altura de las variedades Morita y Rebaudiana. La altura máxima para Morita fue de 55.4 cm y 53.6 cm para Rebaudiana (Figura 10 y Cuadro 22).

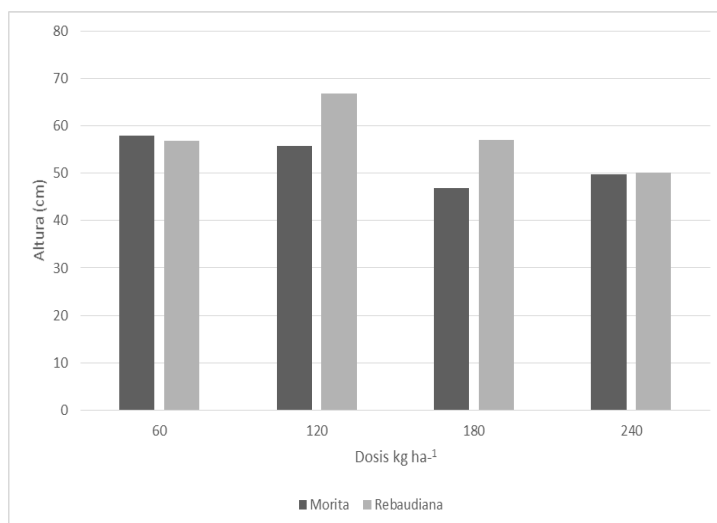


Fig. 10 Valores promedio de altura para Morita y Rebaudiana en el primer muestreo.

Cuadro 22. Altura en el primer muestreo entre las dos variedades.

Prueba t Student	Morita	Rebaudiana
Media	55.4	53.6
Varianza	113.1	520.9
Estadístico t	0.50	



Para el segundo muestreo la evidencia estadística muestra que no existen diferencias significativas entre los valores de altura máxima entre las variedades, la altura máxima para Morita fue de 48.42 cm y 48.21 cm para Rebaudiana (Figura 11, Cuadro 23).

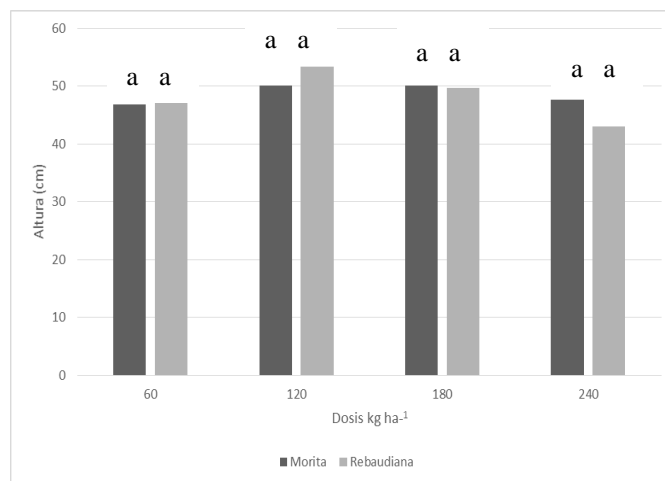


Fig. 11 Valores promedio de altura máxima para Morita y Rebaudiana en el segundo muestreo.

Cuadro 23. Altura promedio en el primer muestreo entre las dos variedades.

Prueba t Student	Morita	Rebaudiana
Media	48.42	48.21
Varianza	170.7	102.7
Estadístico t	0.079	

Cuando los valores de altura se analizan por variedades, se tiene que para la variedad Morita los rangos de altura en el primer muestreo fueron de 5.1 a 68.2 cm en toda la población, sin embargo los análisis estadísticos muestran que no hay diferencias significativas en los tratamientos en el primer y segundo muestreo (Fig. 12 y cuadro 24)

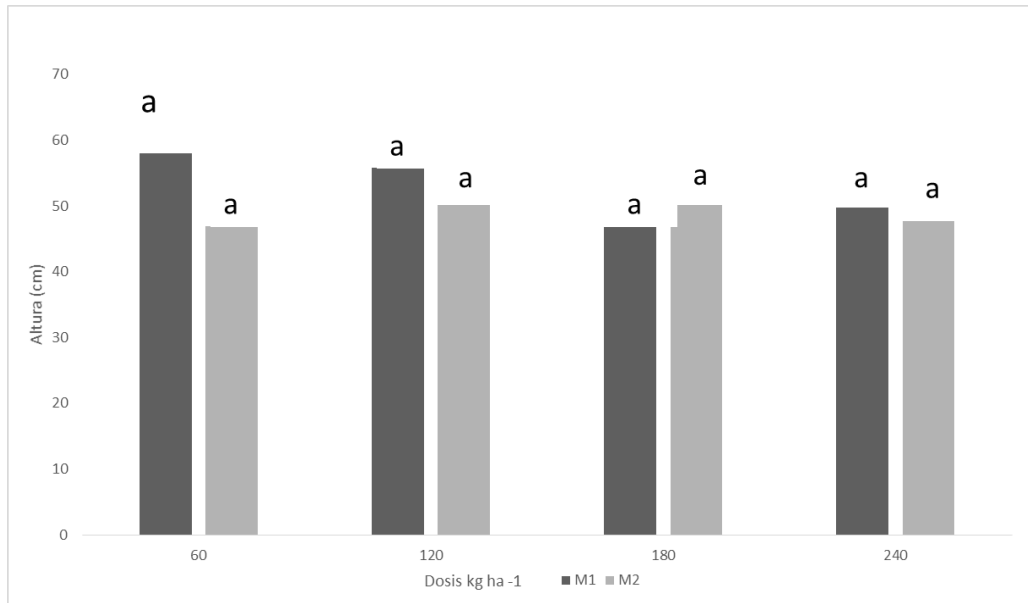


Fig. 12 Valores promedio de altura en el primer y segundo muestreo para la variedad Morita.

Cuadro 24. . Altura en el primer y segundo muestreo de la variedad Morita.

Prueba t Student	M1	M2
Media	51.64	50.39
Varianza	94.63	122.39
Estadístico t	0.50	

Cabe destacar que para el segundo muestreo se registró un elevado porcentaje de mortalidad en los tratamientos de sulfato de amonio, para la dosis de 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup> de N el 75%, para la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N un 100%. Por lo que no se pudo realizar el análisis de t Student para determinar las diferencias entre los tratamientos; quedando únicamente el tratamiento de 60 kg

ha<sup>-1</sup> de N en donde si hay diferencias significativas entre el primer y segundo muestreo. Los valores mayores de altura máxima se registraron en el primer muestreo. (Cuadro 25)

Cuadro 25. Altura para el primer y segundo muestreo para la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita.

Prueba t Student	M1	M2
Media	58.03	46.91
Varianza	22.56	157.71
Observaciones	12	12
Grados de libertad	11	
Estadístico t	3.45	
Valor crítico de t (dos colas)	2.20	

Debido al alto porcentaje de mortalidad, sólo se reportan los datos obtenidos en el primer muestreo. En la comparación de los tratamientos en la variedad Morita para el primer muestreo, existen diferencias significativas con valores altos en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> ; los valores más altos son los siguientes para cada dosis y tratamiento aplicados; para la dosis de 60 y 180 kg ha<sup>-1</sup> de N, el tratamiento de vermicompost tuvo el valor más alto 59.22cm y 56.6 cm de altura respectivamente; en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> fue el tratamiento de gallinaza con 61.67 cm y en la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> fue el sulfato de amonio con 52.4 cm.



Figura 13. Plantas Morita con tratamiento de gallinaza.

Cuadro 26. Altura en los tratamientos dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	51	61.67	51	53.2	61.67
Varianza	9.12	9.5	9.12	87.8	9.5	87.8
Observaciones	4	4	4	4	4	4
Grados de libertad	6		4		4	
Estadístico t	4.93		0.44		1.71	
Valor crítico de t (dos colas)	2.44		2.77		2.77	

En la variedad Rebaudiana el porcentaje de mortalidad no fue alto, por lo que se pudo comparar la altura en los muestreos realizados; los valores promedio de altura en el primer y segundo muestreo muestran que la altura mayor se alcanzó en el primer muestreo. (Figura. 14)

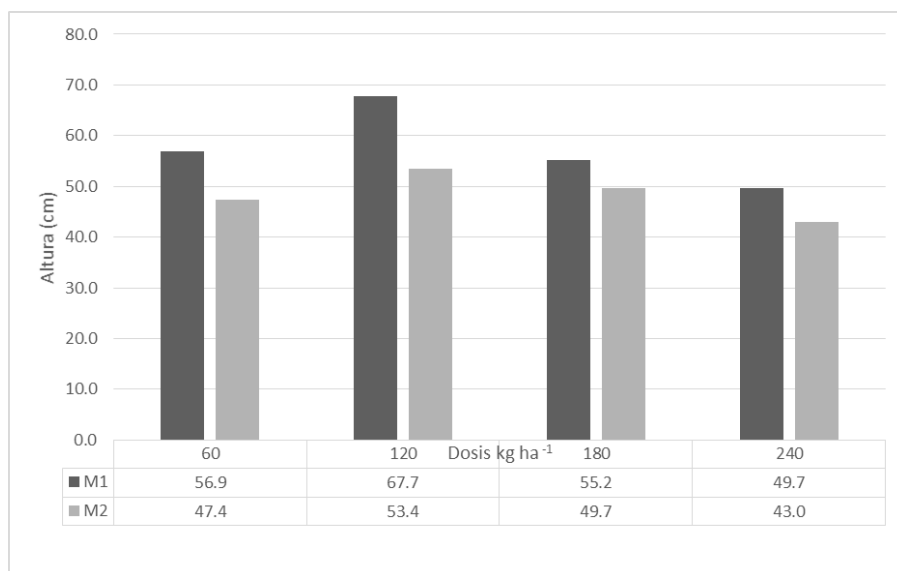


Fig. 14. Valores promedio para la altura de las plantas en todas las dosis de la variedad Rebaudiana en el primer muestreo y segundo muestreo.

Desde el punto de vista estadístico, existen diferencias significativas entre los dos muestreos para todas las dosis de la variedad Rebaudiana.

Siendo los valores del primer muestreo los más altos en comparación al segundo (Cuadro 27).

Cuadro 27. Altura para el primer y segundo muestreo en la variedad Rebaudiana.

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
Media	56.9	47.3	66.7	53.4	57	49.7	50.1	43
Varianza	334.6	103.8	613.4	71.7	225	80	246.7	128
Observaciones	11	11	9	9	10	10	11	11
Grados de libertad	10		8		9		10	
Estadístico t	1.88		1.65		1.50		1.19	
Valor crítico de t (dos colas)	2.28		2.30		2.26		2.22	

Los valores de altura para la variedad Rebaudiana se ubicaron en el rango de los 32.4 a los 106 cm, un rango más amplio en comparación al rango de la variedad Morita.

Los valores más altos en esta misma variedad, para el primer muestreo se registraron en los siguientes dosis y tratamientos, de la dosis de 60 y 120 kg ha<sup>-1</sup> de N fue el tratamiento con gallinaza, con 100.6 cm y 106 cm respectivamente; en la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> fue el tratamiento con sulfato de amonio con un altura de 81.1 cm y en la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> fue el tratamiento de vermicompost con 78 cm de altura (Figura 15).

Para el segundo muestreo, los tratamientos que registraron alturas más altas fueron, en la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N el tratamiento con vermicompost con 65 cm; en las dosis de 120, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de N fue el tratamiento con gallinaza con 67, 62 y 62.1 cm respectivamente (Cuadro 28 al 31).



Figura 15. Plantas de Rebaudiana con tratamiento de gallinaza.

Cuadro 28. Altura en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	43.85	67.77	43.85	61.87	67.77
Varianza	16.35	906.8	16.35	117.89	906.8	117.89
Estadístico t	1.36		3.11		0.31	

Cuadro 29. Altura en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	54.72	86.02	54.72	60.6	86.02
Varianza	322.1	346.2	322.1	425.8	346.2	425.8
Estadístico t	2.42		0.39		1.68	

Cuadro 30. Altura en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	66.6	44.47	66.6	57.42	44.47
Varianza	22.3	127.89	22.3	361.4	127.89	361.4
Estadístico t	3.53		0.93		1.17	

Cuadro 31. Altura en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	59.6	44.8	59.6	44.75	44.8	44.75
Varianza	408.8	184.8	408.8	74.19	184.8	74.19
Estadístico t	1.20		1.35		0.01	

#### 5.1.6 Resumen par las variables de rendimiento.

De acuerdo a los datos anteriores, se puede resumir que, en las tres variables de rendimiento (PS, AF y altura) los tratamientos tuvieron diferencias significativas en las dos variedades y tratamientos con dosis aplicadas. Las diferencias en los tratamientos muestran que los valores más altos se presentan de la siguiente manera (cuadro 24 y 25); en la variedad Morita se distinguen para PS y AF el tratamiento de gallinaza en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N; y en altura el tratamiento con sulfato de amonio con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Cuadro 32).



Cuadro 32. Tratamientos con mayor efecto en las variables de rendimiento para la variedad Morita.

Variable evaluada	Tratamiento con mayor <b>Altura</b>	Tratamiento con mayor <b>PS</b>	Tratamiento con mayor <b>AF</b>
Dosis kg ha <sup>-1</sup>			
60	Vermicompost (59.22 cm)	Sulfato de amonio (8.55 g)	Sulfato de amonio (803.525 cm <sup>2</sup> )
120	<b>Gallinaza (61.67 cm)</b>	<b>Gallinaza (11.14 g)</b>	<b>Sulfato de amonio (1060.836 cm<sup>2</sup>)</b>
180	Vermicompost (56.6 cm)	Vermicompost (8.92 g)	Vermicompost (994.68 cm <sup>2</sup> )
240	Sulfato de amonio (52.4 cm)	Gallinaza (9.91 g)	Vermicompost (986.83 cm <sup>2</sup> )

En la variedad Rebaudiana también existieron diferencias significativas entre tratamientos y dosis; mostrándose que el mejor efecto se tuvo en PS con sulfato de amonio con 120 kg ha<sup>-1</sup>, en AF fue el tratamiento con gallinaza en la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> y en altura el tratamiento de gallinaza con 120 kg ha<sup>-1</sup> de N (Cuadro 33)., Maheshwar reportó en el año 2002 que con la aplicación de 155 kg ha<sup>-1</sup> de N se puede obtener la mayor altura y peso seco por planta (Cuadro 33).

Cuadro 33. Tratamientos con mayor efecto en las variables de rendimiento para la variedad Rebaudiana.

Variable evaluada	Tratamiento con mayor <b>Altura</b>	Tratamiento con mayor <b>Peso seco</b>	Tratamiento con mayor <b>Área foliar</b>
Dosis kg ha <sup>-1</sup>			
60	Gallinaza (6.77 cm)	Gallinaza (5.7 g)	Gallinaza (478.43 cm <sup>2</sup> )
120	<b>Gallinaza (86.02 cm)</b>	<b>Sulfato de amonio (9.8 g)</b>	Gallinaza(550.34 cm <sup>2</sup> )
180	Sulfato de amonio (57.42cm)	Gallinaza (7.90g)	<b>Gallinaza (777.612 cm<sup>2</sup>)</b>
240	Gallinaza (44.8cm)	Sulfato de amonio (6.02g)	Gallinaza 699.255 cm <sup>2</sup> )

Tomando en cuenta los valores ya resumidos, se puede distinguir que la variedad Morita tiene mejores resultados en rendimiento a comparación de la variedad Rebaudiana; la dosis para obtener dichos valores corresponde a los 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en gallinaza.

## 5.2 Análisis funcional

### 5.2.1 Concentración de N en planta

Los datos obtenidos para la concentración de nitrógeno total en planta se relacionaron con el peso seco y se obtuvieron valores de  $r^2$  bajos, lo que indica que es alto el porcentaje de datos que no presenta la tendencia lineal en las dos variedades (Figura 16). Esto muestra el efecto varietal que tienen las variedades; tanto Morita como Rebaudiana tienen diferentes respuestas a los tratamientos.

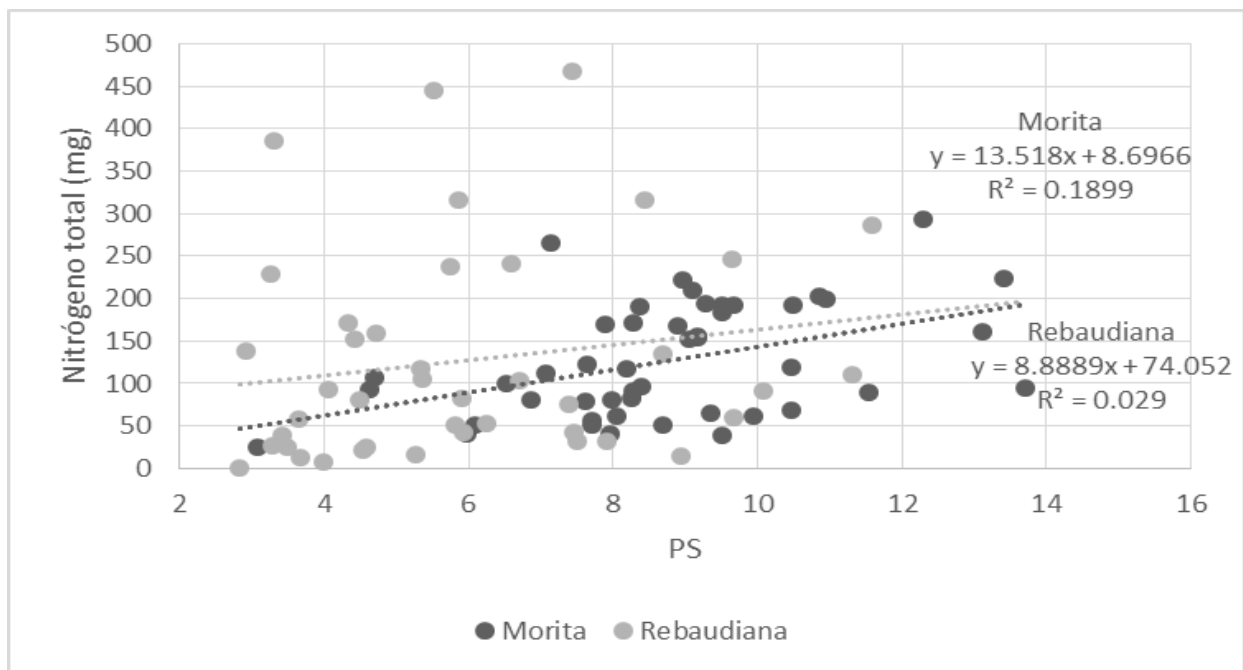


Figura 16. Relación PS y Nitrógeno en planta (mg) en las dos variedades en el primer muestreo.

En el primer muestreo la variedad Morita y la variedad Rebaudiana no presentan diferencias significativas (cuadro 26), sin embargo éstos valores al analizarse por tratamientos, si muestran diferencias significativas; presentando en la variedad Morita los valores más altos, en la dosis de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  la media es de  $136.2 \text{ mg}$ , para la dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  es de  $149.2 \text{ mg}$ , para la dosis de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  es de  $123.5 \text{ mg}$  y para la dosis de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  es de  $98.7 \text{ mg}$  (Cuadro 34).

En el segundo muestreo si hay diferencias significativas en la comparación de variedades y también cuando los datos se analizan por dosis aplicadas, sin embargo para la dosis de 240 mg ha<sup>-1</sup> se descarta el análisis ya que del tratamiento de Sulfato de amonio no se tuvieron plantas sobrevivientes en la variedad Morita (Cuadro 35).

Cuadro 34. Nitrógeno total en planta en las dos variedades en el primer (M1) y segundo muestreo (M2).

M1				M2			
Prueba	t	Morita	Rebaudian	Prueba	t	Morita	Rebaudian
Student			a	Student			a
Media		127.03	123.33	Media		105.01	203.82
Varianza		4425	14668.1	Varianza		6678	17259.8
Observaciones		47	43	Observaciones		36	42
Grados de libertad		64		Grados de libertad		70	
Estadístico t		0.014		Estadístico t		4.04	
Valor crítico de t (dos colas)		1.99		Valor crítico de t (dos colas)		1.99	

Cuadro 35. Nitrógeno total por dosis entre las dos variedades en el primer muestreo.

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M	R	M	R	M	R	M	R
Media	<b>136.2</b>	80.2	<b>149.2</b>	121.5	123.5	<b>221.7</b>	<b>98.7</b>	94
Varianza	5123	7596.	4197	11176	4366	29584	3697.1	3359
Estadístico t	1.67		0.724		1.58		0.19	

Para el segundo muestreo, los datos describen una tendencia proporcional tanto en la gráfica como en los valores de  $r^2$ , este comportamiento se atribuye al efecto residual que tienen los materiales de vermicompost y gallinaza. (Figura 17)

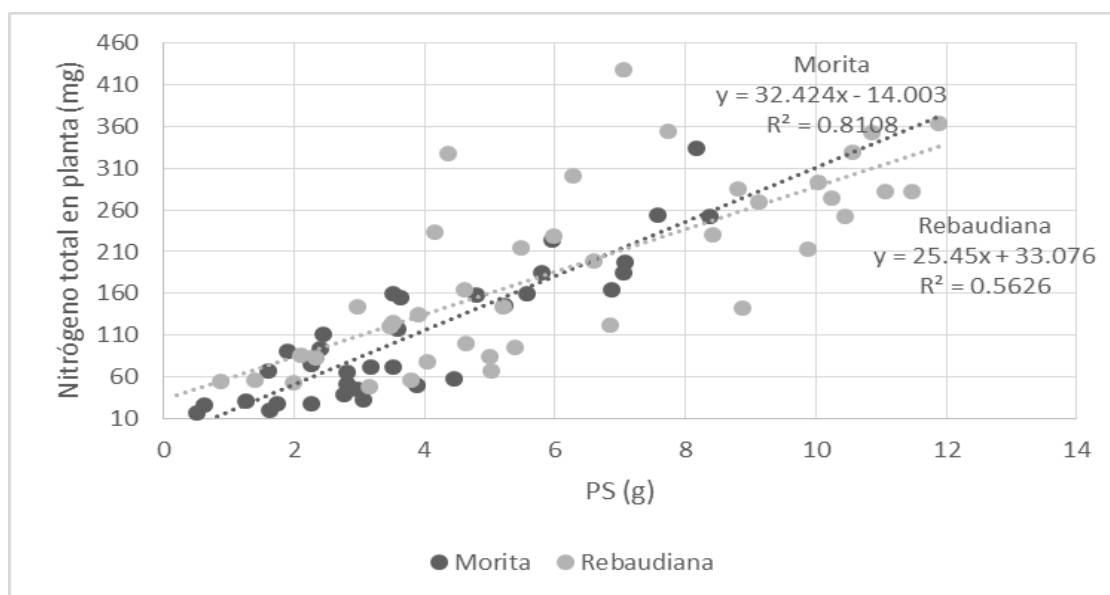


Figura 17. Relación PS y Nitrógeno en planta (mg) en el segundo muestreo

En el segundo muestreo la variedad Rebaudiana se presenta los valores más altos en concentración de Nitrógeno total en comparación con la variedad Morita; en la dosis de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  la media corresponde a  $201.2 \text{ mg}$ , en la dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  es de  $186 \text{ mg}$ , para la dosis de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  es de  $174.9$  y para la dosis de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  no sobrevivieron plantas en la variedad Morita (Cuadro 36).

Cuadro 36. Nitrógeno total por dosis entre las dos variedades en el segundo muestreo, morita (M) y rebaudiana (R)

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180	
	M	R	M	R	M	R
Media	117.3	<b>201.2</b>	85.2	<b>186</b>	100.3	<b>174.9</b>
Varianza	7922.8	1234	30363.4	8097	6432.5	962
Estadístico t	2.04		2.97		1.67	

Cuando los datos de Nitrógeno total en cada variedad se comparan de acuerdo a la dosis y tratamientos aplicados en la variedad Morita, se muestra que los valores más altos para la dosis de 60, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> fueron con el tratamiento con vermicompost, con 184.7, 194.8 y 175.6 mg de N total respectivamente, y para la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup>, fue el tratamiento de gallinaza con el valor más alto de todas las dosis con 221.5 mg de N total. (Cuadro 37 al 40)

Cuadro 37. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	184.7	151.9	184.7	72.13	151.9
Estadístico t	0.69		2.79		2.1	

Cuadro 38. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	125.78	221.5	125.78	100.4	221.5
Estadístico t	3.66		1.06		3.79	

Cuadro 39. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
	Media	194.8	116.7	194.8	76.84	116.7
Estadístico t	1.91		6.48		1.02	

Cuadro 40. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	175.6	60.6	175.6	59.9	60.6	59.9
Estadístico t	7.34		7.18		0.05	

En la variedad Rebaudiana al comparar las dosis y tratamientos si existen diferencias significativas; se muestra que el valor más alto de Nitrógeno total se obtuvo en el tratamiento de sulfato de amonio con la dosis de 60, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> con los valores de 172.36, 326.8 y 110.82 mg respectivamente y en la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> el tratamiento de gallinaza con el valor de 172.9 mg de nitrógeno. De manera general para el primer muestreo en la variedad Rebaudiana el valor más alto de nitrógeno total se obtuvo con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> y el tratamiento de sulfato de amonio. (Cuadro 41 al 44)

Éste valor concuerda con el manual del manejo de Stevia en Nayarit, en donde se recomienda que la dosis de Nitrógeno para éste cultivo sea de 180 kg ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 41. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	19.2	69.4	19.2	172.36	69.4	172.36
Estadístico t	1.6		2.51		1.51	

Cuadro 42. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	47.62	172.9	47.62	166.4	172.9	166.4
Estadístico t	1.8		1.57		0.06	

Cuadro 43. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	50.2	217.9	50.2	326.8	217.9	326.8
Estadístico t	1.74		3.61		0.94	

Cuadro 44. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el primer muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	58.63	107.56	58.63	110.82	107.56	110.82
Estadístico t	1.01		1.41		0.09	

Para el segundo muestreo, en la variedad Morita si existen diferencias significativas, debido al alto porcentaje de mortalidad en la dosis de 120, 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> en el tratamiento con sulfato de amonio se descartó el análisis, los datos que se tomaron para comparar fueron de los tratamientos de gallinaza y vermicompost; los valores más altos se obtuvieron con el tratamiento de gallinaza en las dosis de 60, 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup> con 166.3, 138.7 y 123.8 mg de N respectivamente, y con vermicompost para la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> con 118.3 mg. De manera



general en la variedad Morita el valor más alto se obtuvo con la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de gallinaza. (Cuadro 45 al 48)

Cuadro 45. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	Vermicompost/Sulfato de Amonio	Gallinaza/Sulfato de Amonio			
Media	28.22	<b>166.3</b>	29.22	<b>156.5</b>	<b>166.3</b>	156.5
Estadístico t	2.82		3.83		0.17	

Cuadro 46. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	
Media	36.3	<b>138.7</b>
Estadístico t	6.30	

Cuadro 47. Valores de la prueba t Student para Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	
Media	57.23	<b>123.8</b>
Estadístico t	0.97	

Cuadro 48. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Morita en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	
Media	<b>118.3</b>	107.32
Estadístico t	0.136	

Para el segundo muestreo, en la variedad Rebaudiana la prueba estadística t Student muestra diferencias significativas entre los valores de Nitrógeno total en las dosis y tratamientos aplicados, los valores más altos de nitrógeno total se obtuvieron en todas las dosis con el tratamiento de gallinaza, en general el valor más alto de todas las dosis fue con 240 kg ha<sup>-1</sup> de N con 416.9 mg de Nitrógeno total en planta. (Cuadro 49 al 52)

Cuadro 49. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	108.59	<b>295.5</b>	108.59	199.62	295.5	199.62
Estadístico t	3.88		1.30		1.5	

Cuadro 50. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza		Vermicompost/Sulfato de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	123.6	<b>301.2</b>	123.6	154.1	301.2	154.1
Estadístico t	6.8		0.76		3.13	

Cuadro 51. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	Vermicompost/Sulfato de Amonio	Gallinaza/Sulfato de Amonio
Media	148.3	<b>265.9</b>	110.6
Estadístico t	1.5	0.48	6.89

Cuadro 52. Nitrógeno total en los tratamientos dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N en la variedad Rebaudiana en el segundo muestreo.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaza	Vermicompost/Sulfato de Amonio	Gallinaza/Sulfato de Amonio
Media	128.9	<b>416.9</b>	175.4
Estadístico t	2.44	0.51	1.76

### 5.2.2 Concentración de glucósidos en planta

La tendencia que muestran los valores de PS y la concentración de esteviósido y rebaudiósido A ( $\mu\text{g}$ ) no muestra una tendencia proporcional en ninguno de los dos muestreos; ambas variedades presentan una varianza muy importante, indicando que, tanto Morita como Rebaudiana, presentan diferentes eficiencias de absorción de nitrógeno; esto se puede atribuir a que los cultivos aún se encuentran en el proceso de domesticación y la variabilidad genética en sus genotipos todavía es heterogénea. (Figura 18, 19)

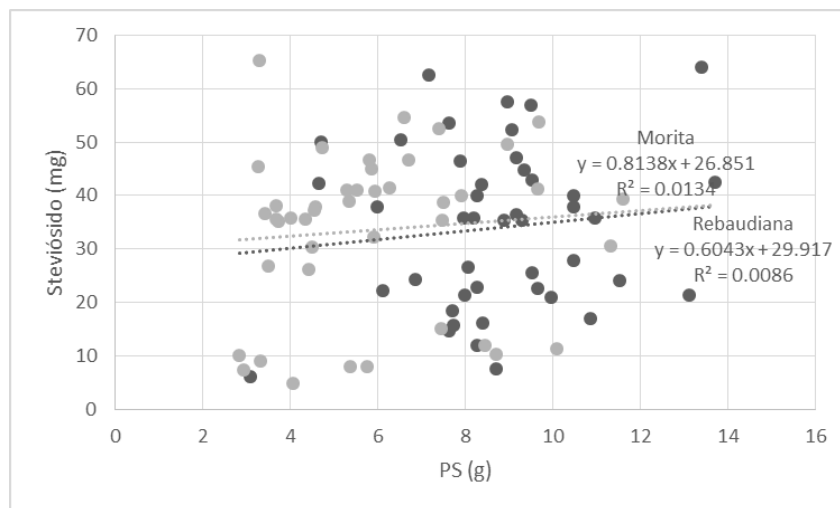


Figura 18. Tendencia entre PS y Steviósidos (mg) en las variedades de Morita y Rebaudiana.

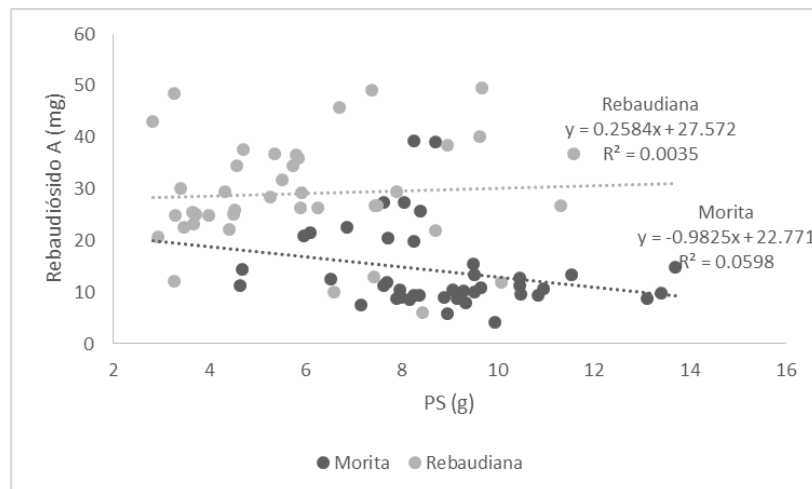


Figura 19. Tendencia entre PS y Rebaudiósido A (mg) en las variedades de Morita y Rebaudiana.

Los valores en las concentraciones de esteviosido ( $\mu\text{g}$ ) analizados con la prueba estadística t Student muestran que existen diferencias significativas entre las dos variedades (Cuadro 53).

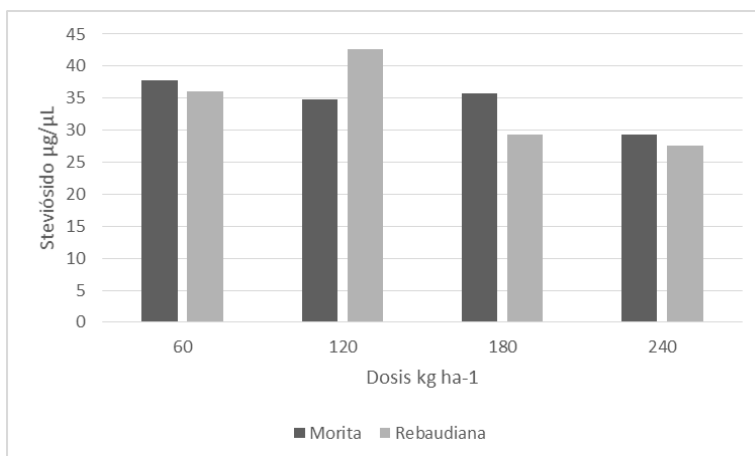


Fig. 20 Valores promedio para concentración de steviósidos en las dos variedades.

Cuadro 53. Concentración de steviósido ( $\mu\text{g}$ ) entre las dos variedades.

Prueba t Student	Morita	Rebaudiana
Media	34.21	33.50
Estadístico t	0.221	

Éstas diferencias se presentan en la variedad Morita con las dosis de 60, 180 y 240  $\text{kg ha}^{-1}$ , con los datos de concentración de steviosido más altos 37.7, 35.7 y 29.2  $\mu\text{g}$  respectivamente, y la variedad Rebaudiana en la dosis de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  con 42.7  $\mu\text{g}$  (Cuadro 54).

El contenido de glucósidos en las hojas puede variar dependiendo de la variedad (Lemus-Moncada *et al.*, 2012) y de los factores ambientales y el manejo del cultivo (Yadav *et al.*, 2011)

Cuadro 54. Concentración de steviósido ( $\mu\text{g}$ ) en las cuatro dosis aplicadas a las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R).

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M	R	M	R	M	R	M	R
Media	37.7	36.01	34.8	42.7	35.7	29.2	29.2	27.6
Estadístico t	.222		1.77		0.93		0.27	

En las comparaciones entre dosis y tratamientos se muestra que en la variedad Morita se tienen los valores más altos en las dosis de 60, 120 y 180  $\text{kg ha}^{-1}$  de N con el tratamiento de gallinaza, con los valores de 55.7, 46.61 y 50.86  $\mu\text{g}$  respectivamente y en la dosis de 240  $\text{kg ha}^{-1}$  de N con vermicompost y 40.52  $\mu\text{g}$ ; de manera general el valor más alto de todas las dosis aplicadas en la variedad Morita fue con 60  $\text{kg ha}^{-1}$  de N y el tratamiento de gallinaza. (Cuadros 55 al 58)

Cuadro 55. Steviósidos  $\mu\text{g}$  con dosis de 60  $\text{kg ha}^{-1}$  en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	<b>55.7</b>	32.3	55.7	22.33	32.3	22.33
Estadístico t	2.28		9.86		0.99	

Cuadro 56. Steviósidos  $\mu\text{g}$  con la dosis de 120  $\text{kg ha}^{-1}$  en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	46.61	34.30	46.61	23.70	34.30	23.70
Estadístico t	1.67		5.68		1.66	

Cuadro 57. Steviósidos  $\mu\text{g}$  con la dosis de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	<b>50.86</b>	43.2	50.86	16.94	43.2	16.94
Estadístico t	0.90		4.9		4.97	

Cuadro 58. Steviósidos  $\mu\text{g}$  con la dosis de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  en la variedad Morita.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	34.37	40.82	34.37	12.51	40.82	12.51
Estadístico t	1.95		4.23		6.58	

En la variedad Rebaudiana también se obtuvieron diferencias significativas, teniendo los valores más altos de esteviósido, en la dosis de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N fue el tratamiento de gallinaza con  $32.8 \mu\text{g}$ , en la dosis de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N fue el tratamiento de sulfato de amonio con  $50.64 \mu\text{g}$ , en la dosis de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N fue el tratamiento de gallinaza con  $42.3 \mu\text{g}$  y con la dosis de  $240 \text{ kg ha}^{-1}$  de N fue el tratamiento de vermicompost con  $40.05 \mu\text{g}$  (Cuadro 59 al 62).

De manera general, para la variedad Rebaudiana la dosis que resultó con el valor más alto en esteviósidos fue la de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de N con el tratamiento de sulfato de amonio con  $50.64 \mu\text{g}$ .

Cuadro 59. Steviósidos con dosis de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	43.9	32.8	43.9	28.53	32.8	28.53
Estadístico t	0.80		1.18		0.26	

Cuadro 60. Steviósidos con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz a		Vermicompost/Sulfat o de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	39.7	41.7	39.7	50.64	41.7	50.64
Estadístico t	0.36		2.56		1.29	

Cuadro 61. Steviósidos con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz a		Vermicompost/Sulfat o de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	35.2	42.3	35.2	11.87	42.3	11.87
Estadístico t	1.23		8.48		5.91	

Cuadro 62. Steviósidos con la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz a		Vermicompost/Sulfat o de Amonio		Gallinaza/Sulfato de Amonio	
Media	40.05	35.14	40.05	7.61	35.14	7.61
Estadístico t	1.08		9.65		8.07	

El segundo glucósido valorado en las plantas fue el Rebaudiósido A; cuando se realiza la comparación de los valores obtenidos en la prueba estadística t Student se obtiene que, entre las variedades, si existen diferencias significativas, y es la variedad Rebaudiana la que presenta los valores más altos (Cuadro 62, Figura 21).



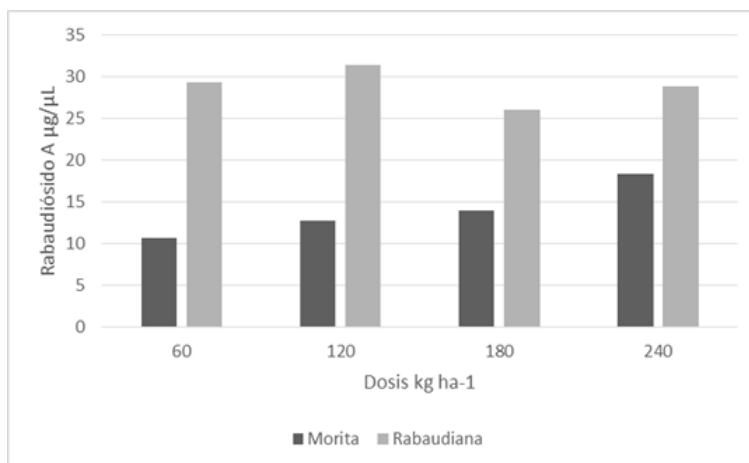


Fig. 21 Valores promedio para concentración de rebaudiósido A en las dos variedades.

Estos valores más altos se presentan en todas las dosis independientemente al tipo de tratamiento aplicado (Cuadro 63).

Cuadro 63. Rebaudiósido A (µg), en las cuatro dosis aplicadas en las variedades Morita (M) y Rebaudiana (R).

Prueba t	Dosis 60		Dosis 120		Dosis 180		Dosis 240	
	M	R	M	R	M	R	M	R
Media	10.70	<b>29.34</b>	12.74	<b>31.36</b>	13.95	<b>26.03</b>	18.31	<b>28.77</b>
Estadístico t	4.80		4.61		2.77		2.72	

Cuando los valores se comparan de acuerdo a las dosis y tratamientos aplicados se obtiene también diferencias significativas para la variedad Morita, las diferencias más altas son en las dosis de 180 y 240 kg ha<sup>-1</sup> de N.

Estos valores son 20.60 µg para la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N con el tratamiento de sulfato de amonio y 33.6 µg para la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> de N con sulfato de amonio.

Para la variedad Rebaudiana la comparación de los valores de Rebaudiósido A no existieron diferencias significativas en la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N con los tratamientos de vermicompost y gallinaza, y para el tratamiento de sulfato de amonio la diferencia fue muy baja.

Para la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N el valor más alto en Rebaudiósido A, resultó con el tratamiento de gallinaza con una media de 39.38 µg, con 180 kg ha<sup>-1</sup> de N el tratamiento de gallinaza con una medio de 36.8 µg (cuadro 64).

Cuadro 64. Rebaudiósido A (µg) con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> en la variedad Rebaudiana.

Prueba t Student	Vermicompost/Gallinaz		Vermicompost/Sulfat		Gallinaza/Sulfato	
	a		o de Amonio		de Amonio	
Media	27.39	39.38	27.39	23.36	39.38	23.26
Varianza	3.28	138.3	3.28	352	138.39	352
Observaciones	4	4	4	2	4	2
Grados de libertad5	3		1		1	
Estadístico t	2.01		0.31		1.11	
Valor crítico de t (dos colas)	0.13		0.808		0.46	

En la dosis de 240 mg ha<sup>-1</sup> de N no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos aplicados.

### 5. 2.3 Resumen para las variables funcionales.

De acuerdo a los datos anteriores, se puede resumir que, en las dos variables funcionales (Nitrógeno total y glucósidos)) los tratamientos tuvieron diferencias significativas en las dos variedades y tratamientos con dosis aplicadas.

Las diferencias en los tratamientos muestran que los valores más altos se presentan de la siguiente manera; en la variedad Morita se distinguen para N total en el primer muestreo fue con la dosis de 120 kgha<sup>-1</sup> y tratamiento de gallinaza, para el segundo muestreo fue con la dosis de 60

kg ha<sup>-1</sup> con gallinaza, en la investigación de Utumi en 1999 se reporta que las dosis bajas de nitrógeno resultan en una mejor producción de esteviósidos; para el steviósido fue con la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N y tratamiento de vermicompost; y para el rebaudiósido A fue la dosis de 240 kg ha<sup>-1</sup> y el tratamiento sulfato de amonio (Cuadro 65).

Cuadro 65. Resumen de los valores más altos en las variables funcionales para la variedad Morita.

Variable evaluada	Tratamiento con mayor contenido de Nitrógeno M1	Tratamiento con mayor contenido de Nitrógeno M2	Tratamiento con mayor contenido de steviósidos	Tratamiento con mayor contenido de rebaudiósido A
Dosis kg ha <sup>-1</sup>				
60	Vermicompost (184.7 mg)	<b>Gallinaza (166.3 mg)</b>	<b>Vermicompost (55.7 µg)</b>	Sulfato de amonio (12.27 µg)
120	<b>Gallinaza (221.5 mg)</b>	Vermicompost (138.7 mg)	Vermicompost (46.62 µg)	Sulfato de amonio (17.31 µg)
180	Vermicompost (194.8 mg)	Gallinaza (123.8 mg)	Vermicompost (50.86 µg)	Sulfato de amonio (20.60 µg)
240	Vermicompost (175.6 mg)	Vermicompost (118.3 mg)	Gallinaza (40.82 µg)	<b>Sulfato de amonio (33.6 µg)</b>

En la variedad Rebaudiana se distinguen los valores más altos para Nitrógeno total en el primer con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> de N y el tratamiento con sulfato de amonio, en el segundo muestreo fue con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N y el tratamiento con gallinaza; en la variable de esteviósido

el valor más alto se obtuvo con la dosis de 120 kg ha<sup>-1</sup> de N y el tratamiento de sulfato de amonio y para el rebaudiósido A se obtuvo con la dosis de 180 kg ha<sup>-1</sup> con el tratamiento de gallinaza.

Cuadro 66. Resumen de los valores más altos en las variables funcionales para la variedad

Variable evaluada	Rebaudiana.			
	Tratamiento con mayor contenido de <b>Nitrógeno M1</b>	Tratamiento con mayor contenido de <b>Nitrógeno M2</b>	Tratamiento con mayor contenido de <b>steviósidos</b>	Tratamiento con mayor contenido de <b>rebaudiósido A</b>
Dosis kg ha <sup>-1</sup>				
60	Sulfato de amonio (172.3 mg)	Gallinaza (295.5 mg)	Gallinaza (32.8 µg )	Gallinaza (31.2 µg )
120	Gallinaza (172.9 mg)	<b>Gallinaza (301.2 mg)</b>	<b>Sulfato de amonio (50.64 µg )</b>	Gallinaza (9.38 µg )
180	<b>Sulfato de amonio (326.8)</b>	Gallinaza (265.9 mg)	Gallinaza (42.3 µg )	<b>Gallinaza (36.8 µg )</b>
240	Sulfato de amonio (110.8 mg)	Gallinaza (416.9 mg)	Vermicompost (40.0 µg )	Vermicompost (29.7 µg )

Los datos mostraron dispersión heterogénea en las dos variedades, para esto se agruparon por variedad de acuerdo a la relación PS y Nitrógeno total, quedando tres grupos en la variedad Morita y dos grupos para la variedad Rebaudiana. (Figura 22 y 23)

Cada grupo se relacionó por separado con las variables de PS y Nitrógeno total para obtener la línea de tendencia y calcular la pendiente de cada ecuación.

El valor de la pendiente se relacionó con la cantidad promedio de glucósidos (esteviósido y Rebaudiosido A) en cada grupo.

Los datos siguieron presentando heterogeneidad, esto se puede atribuir al tipo de tratamiento utilizado; el cultivo independientemente al tipo de variedad puede estar presentando problemas con la tasa de mineralización y por lo tanto con la eficiencia de absorción de nitrógeno para la síntesis de glucósidos.

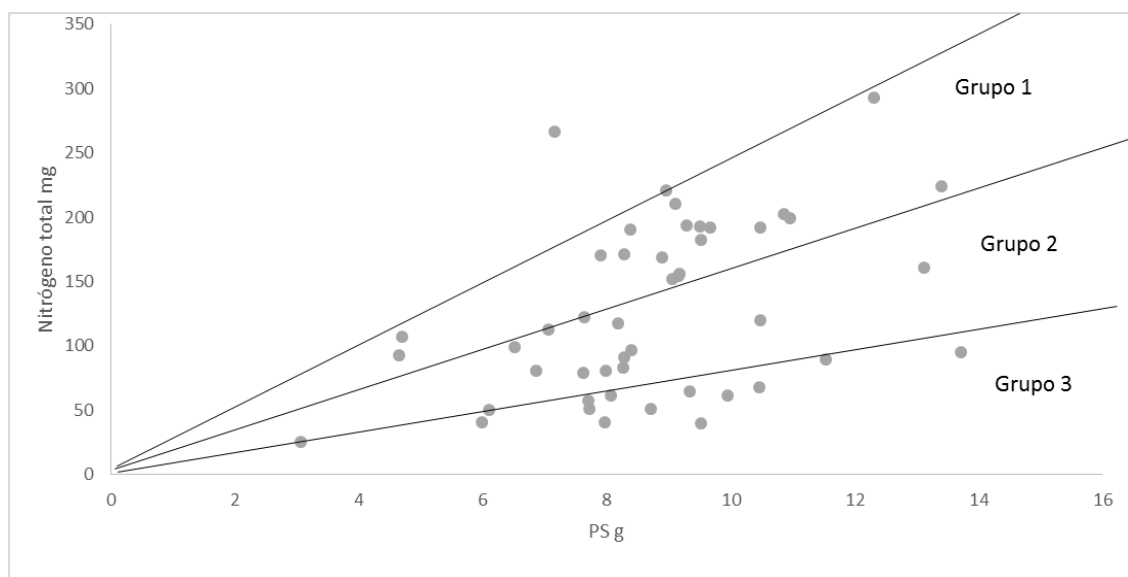


Figura 22. Identificación de grupos para la variedad Morita en la relación PS y Nitrógeno total.

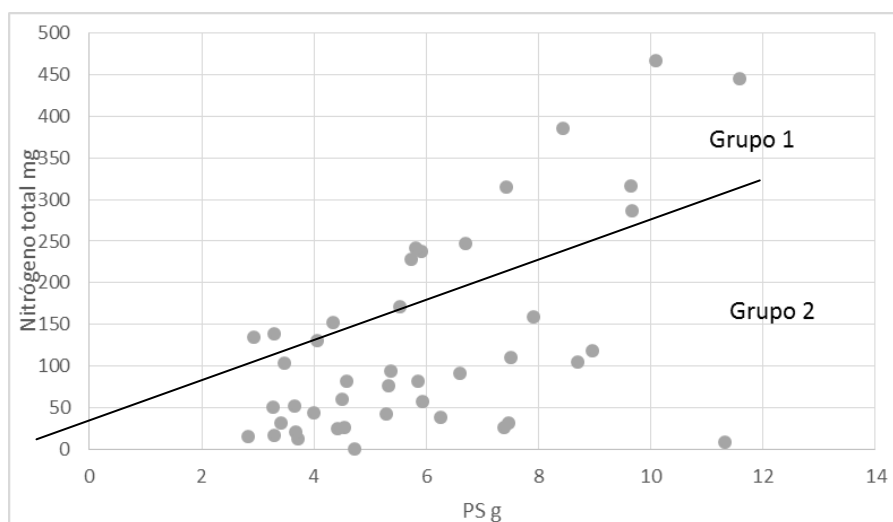


Figura 23. Identificación de grupos para la variedad Rebaudiana en la relación PS y Nitrógeno total.

Se calculó el índice entre glucósidos S/R (steviósido/ rebaudiósido A) y R/S (rebaudiósido A/ esteviósido), para cada grupo formado en las variedades. En la variedad Morita se muestra que el índice s/R tiene valores más altos ya que presenta un valor más alto en esteviósidos, la relación con el índice R/S es inversa. (Figura 24 y 25) (Cuadro 67 y 68)

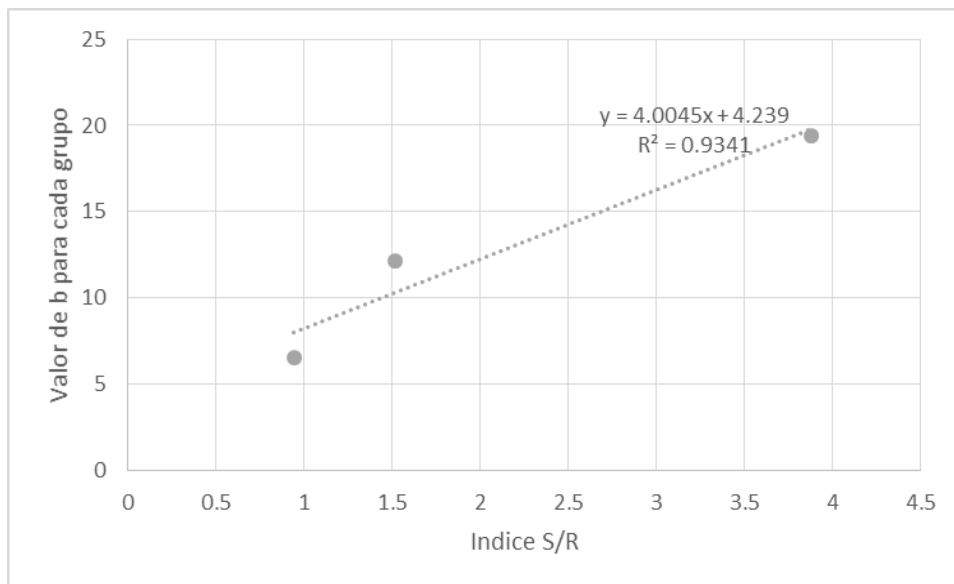


Figura 24. Relación índice S/R con el valor de b para cada grupo en la variedad Morita.

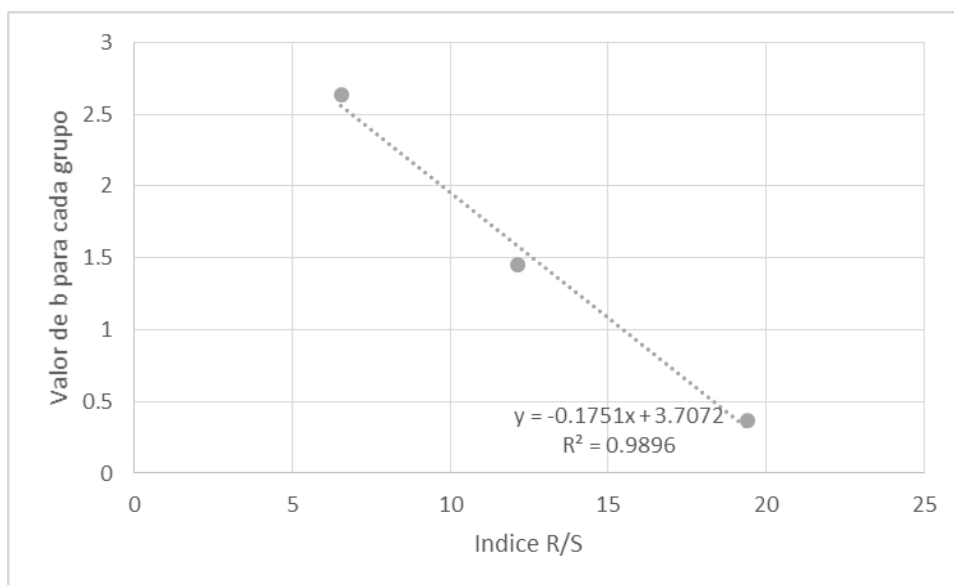


Figura25. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en la variedad Morita.

Cuadro 67. Índice S/R entre los grupos de la variedad Morita.

Prueba t Student	Grupo 1 y 2		Grupo 1 y 3		Grupo 2 y 3	
Media	3.87	1.51	3.87	0.94	1.51	0.94
Varianza	4.472	2.429	4.47	2.04	2.42	2.04
Estadístico t	3.49482159		4.61		0.92	

Cuadro 68. Índice R/S entre los grupos de la variedad Morita.

Prueba t Student	Grupo 1 y 2		Grupo 1 y 3		Grupo 2 y 3	
Media	0.37	1.45	0.37	2.63	1.45	2.63
Varianza	0.07	1.20	0.07	2.81	1.45	2.81
Estadístico t	3.19		4.62		2.01	

En la variedad Rebaudiana se presentan que el índice S/R tiene valores menores que el índice R/S ya que ésta variedad presentó valores más altos en rebaudiósido A (Figura 26 y 27).

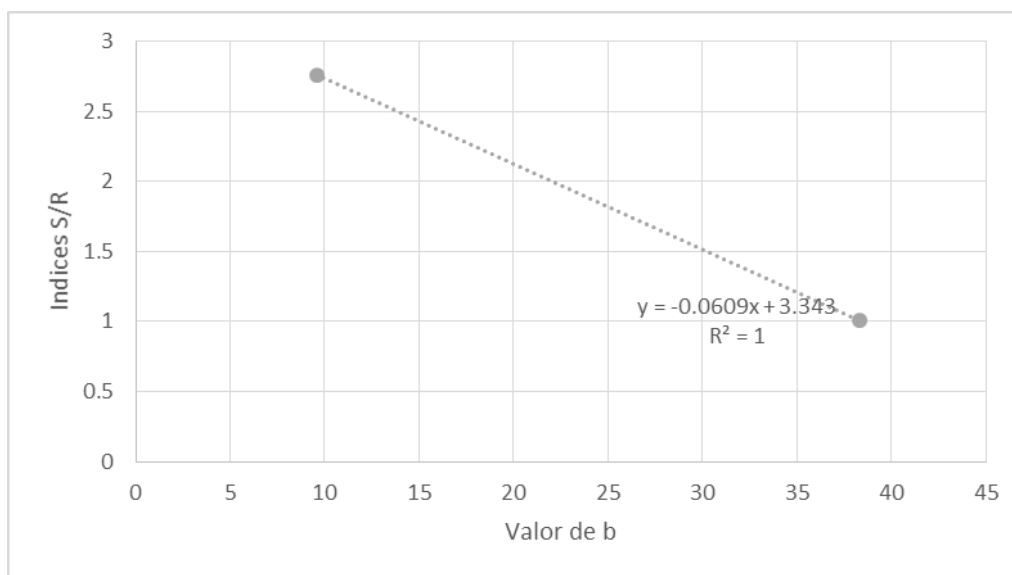


Figura 26. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en la variedad Rebaudiana.

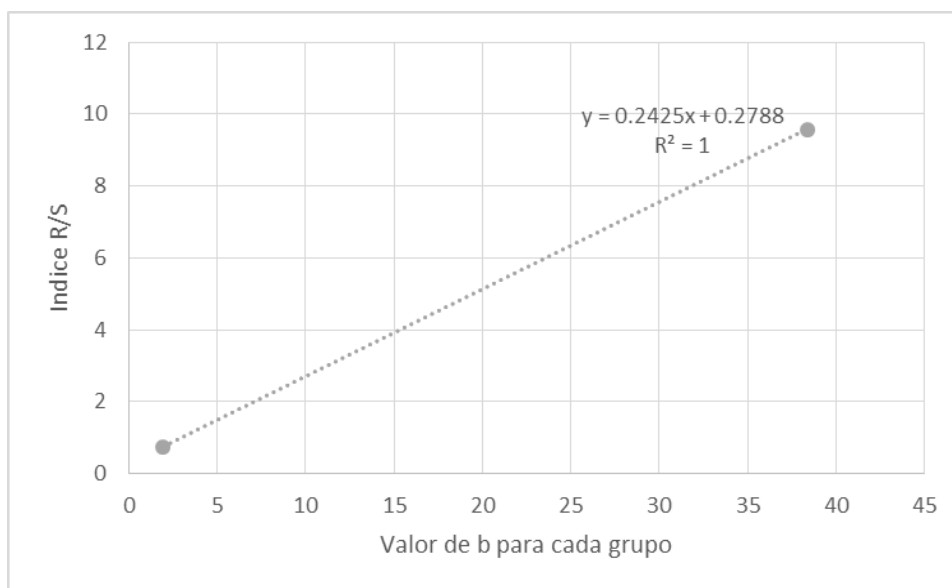


Figura 27. Relación índice R/S con el valor de b para cada grupo en la variedad Rebaudiana.

De ésta forma, se puede determinar que la variedad Morita tiene valores más altos en sus índices de glucósidos a comparación que Rebaudiana. En ambas variedades se presenta la condición de a mayor cantidad de nitrógeno total en planta mayor cantidad de glucósidos en hoja independientemente al tratamiento utilizado.



## VI. CONCLUSIONES

1. El valor mínimo de nitrógeno aplicado para obtener la máxima producción en peso seco en la variedad Morita fue de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ ; y para la variedad Rebaudiana es de  $180 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.
2. El peso seco y fresco de las variedades utilizadas están en función de la dosis aplicada.
3. La respuesta de los dos materiales de *Stevia rebaudiana* (Morita y Rebaudiana) a la aplicación de compost de diferente origen y labilidad presentó diferencias significativas, en peso seco, altura, área foliar. Siendo la variedad Morita la que presentó los valores más altos.
4. La respuesta de los dos materiales de *Stevia rebaudiana* (Morita y Rebaudiana) a la aplicación de dosis y tratamientos presentaron diferencias significativas en la concentración de esteviósido y rebaudiosido A, siendo la variedad Morita la que obtuvo valores más altos con la dosis de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de N.
5. Ambas variedades presentaron heterogeneidad en sus datos, esto se atribuye a que el cultivo en general está en proceso de domesticación y la variabilidad genética tiene efecto directo sobre las dosis y tratamientos aplicados.
6. A mayor cantidad de nitrógeno total en planta mayor es la cantidad de esteviósido y rebaudiosido A independientemente al tratamiento utilizado.

## VII. LITERATURA CITADA

Akashi, H. and Yokoyama, Y. 1975. Extractors de Stevia en hojas secas. de Stevia. n Pruebas toxicológicas. Shokuin Kogyo. 18(20):34-43.

Brandle, Jim. 2002. Stevia, Nature's natural low calorie sweetener. En: [http://res2.agr.ca/London/faq/stevia\\_e.htm](http://res2.agr.ca/London/faq/stevia_e.htm); consulta: junio 2005.

Das K, Dang R, Shivananda TN. 2006. Influence of bio-fertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of Stevia rebaudiana grown in South India. International Journal of Applied Research in Natural Products. Vol. 1(1), pp. 20-24

Goyal S; Samsleri & Goyal R. 2010. Bioendulzante de Stevia (*Stevia rebaudiana*). Revista Internacional de Ciencias de la Alimentación y Nutrición Febrero 2010; 61(1): 1-10

Herrera F; Gómez R; Gonzalez C. 2012. El cultivo de Stevia (*Stevia rebaudiana*) Bertoni en condiciones agroambientales de Nayarit, México. INIFAP. México.

Jaramillo O., A. de J.; Combatt C., E. M.; Cleves L., J. A. 2010. Aspectos nutricionales y metabolismo de Stevia rebaudiana (Bertoni). Una revisión. Agronomía Colombiana, 28(2): 199-208.

Ramírez G. 2011. Paquete tecnológico Estevia (*Stevia rebaudiana*). INIFAP. México.

Shock, C.C. 1982. Experimental cultivation of Rebaudi's stevia in California. Univ. California, Davis Agron. Progr. Rep. 122.

Soejarto, D.D., Compadre, C.M., Medon, P.J., Kamath, S.K., and Kinghorn, A.D. 1983. Potential sweetening agents of plant origin. II. Field search for sweet-tasting Stevia species. Econ. Bot. 37: 71-79.

Sumida, T.1998. Studies on Stevia rebaudiana Bertoni as a new possible crop for sweetening resource in Japan. J. Centre Agr. Exp. Stn. 31:1-71

Utumi M; Monnerat P, Pereira P; Fontes P y Godinho V. Deficiência de macronutrientes em Estevia. 1999. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.6, p.1039-1043.

Zetina R; Vázquez A y Meneses I. Aplicación de N-P-K para el establecimiento de Stevia Rebaudiana Bertoni en suelos del centro de Veracruz. Revista Científica Biológica Agropecuaria Tuxpan.

Zubiate, F. (2007). Manual del cultivo de la stevia (yerba dulce). Disponible desde Internet en: [http://www.engormix.com/s\\_articles\\_view.asp](http://www.engormix.com/s_articles_view.asp).