



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSGRADO EN EDAFOLOGÍA

NUTRICIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN DOS ESPECIES DE ALCATRAZ (*Zantedeschia albomaculata* y *Z. elliotiana*)

NADIA ISSAÍ TORRES FLORES

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2013

La presente tesis titulada **Nutrición nitrogenada y potásica de dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* y *Z. elliotiana*)**, realizada por la alumna **Nadia Issaí Torres Flores**, 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
EDAFOLOGÍA

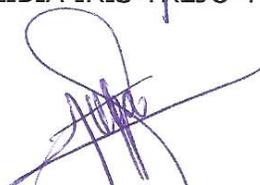
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA



DRA. LIBIA IRIS TREJO-TÉLLEZ

ASESORA



DRA. OLGA TEJEDA-SARTORIUS

ASESORA



DRA. BRENDA INOCENCIA TREJO-TÉLLEZ

ASESORA



DRA. MARIBEL RAMÍREZ-MARTÍNEZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México. Diciembre del 2013

NUTRICIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN DOS ESPECIES DE ALCATRAZ (*Zantedeschia albomaculata* y *Z. elliotiana*)

Nadia Issaí Torres Flores, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

La fertilización es un factor determinante en el crecimiento y producción del alcatraz, y la aplicación de N y K es necesaria en cantidades suficientes, ya que son los elementos que mayor demanda el cultivo y cuya deficiencia puede afectar drásticamente el desarrollo, producción y calidad de esta especie. La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar los efectos de dosis de fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y dosis de fertilización potásica en etapa reproductiva, en parámetros de crecimiento, fenológicos, de calidad y nutrimentales de dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata*) cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare). El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México, en un invernadero, utilizando como sustrato una mezcla de tezontle y agrolita en una relación 60:40 (v/v). Se evaluaron en etapa vegetativa tres dosis de N de 0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹ y tres dosis de K en etapa reproductiva, correspondientes a 4, 6 y 8 g planta⁻¹, mediante 12 riegos distribuidos durante seis semanas (dos riegos a la semana, de 250 mL cada uno). Se observó un efecto diferencial en la nutrición nitrogenada y potásica en etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente, entre especies. *Z. albomaculata*, mostró mayores requerimientos de la aplicación de la dosis altas de N y K (2.5 y 8 g planta⁻¹ respectivamente). Por el contrario, *Z. elliotiana* presentó una demanda baja de N en etapa vegetativa y media de K en la etapa reproductiva (0.5 y 6 g planta⁻¹ respectivamente).

Palabras clave: *Zantedeschia albomaculata*, *Z. elliotiana*, nitrógeno, potasio, etapa vegetativa, etapa reproductiva.

NITROGEN AND POTASSIUM NUTRITION OF TWO SPECIES OF CALLA (*Zantedeschia albomaculata* and *Z. elliotiana*).

Nadia Issaí Torres Flores, M.Sc.
Colegio de Postgraduados, 2013

Fertilization is a determining factor in the growth and production of calla, and the application of N and K is needed in sufficient quantities, since they are the elements that increased demand growing and whose deficiency dramatically affects the development, production and quality of this species. This research was conducted with the objective of evaluating the effects of nitrogen fertilization on vegetative stage and potassium fertilization at the reproductive stage on growth parameters, phenological and nutritional quality of two species of calla (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano and *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare). The experiment was conducted at the Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Mexico, in a greenhouse, using a mixture of volcanic rock substrate and perlite in a ratio of 60:40 (v/v). In the vegetative stage, three doses of N 0.5, 1.5 and 2.5 g plant⁻¹ and three doses of K at the reproductive stage 4, 6 and 8 g plant⁻¹ by 12 irrigations distributed for six weeks (two waterings a week, 250 mL each) were evaluated. We observed a differential effect on nitrogen and potassium nutrition on vegetative and reproductive stage, respectively, between species. *Z. albomaculata* showed a higher requirement for application of high doses of N and K (2.5 and 8 g plant⁻¹), respectively, to obtain the best values in the variables. *Z. elliotiana* needed low N in vegetative stage and mean K in the reproductive stage (0.5 and 6 g plant⁻¹), respectively.

Key words: *Zantedeschia albomaculata*, *Z. elliotiana*, nitrogen, potassium, vegetative stage, reproductive stage.

DEDICATORIA

A dios: por darme la vida, por incluirme en una familia que me ha apoyado en momentos difíciles y ha sonreído conmigo en los felices. Todos los días dirijo mis preocupaciones a ti, porque sé que me escuchas y confortas.

A mi esposo: Félix por el amor que recibo, por la confianza, por estar en los momentos más difíciles de mi vida, tú siempre fuiste paciente y supiste entenderme, gracias por estar junto a mi, con tu mano tendida y tu corazón abierto.

A mis hijos: Cecilia Azeneth y Sebastián Emiliano, teniendo siempre presente que los hijos son el regalo más grande que la naturaleza nos ofrece; hoy les digo que son mi fuente de inspiración para tomar nuevos retos, el amor que les tengo, siempre me impulso para realizar este sueño.

A mis padres: Fidel y Herminia, como un testimonio de mi infinito aprecio y agradecimiento, por toda una vida de esfuerzos y sacrificios; por su amor incondicional y la comprensión que siempre me dan; por guiar mi camino.

A mis hermanas: Gema Iliana y Maritza Itzel, por todos los momentos que hemos vivido llenos de sentimientos y pensamientos compartidos, son mis amigas, con ustedes cuento en cada momento, un reconocimiento también a sus esposos Raúl Iban y Cruz, un beso a sus hijos: Yuian Adrel, Kerin Delif e Idiani Minnuet.

In memoriam Reyna Santiago Hernández: tu amistad la conservo como el tesoro más valioso.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: A tí que siempre me has acompañado a lo largo de mi vida y hoy me regalas la dicha de ver realizado un sueño más.

Al CONACYT: Por el sustento económico, para la realización de mi postgrado.

Al Colegio de Postgraduados: Por darme la oportunidad de continuar con mis estudios y facilitarme sus instalaciones para la realización de estos.

A la Línea Prioritaria de Investigación 4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje por el apoyo financiero otorgado para la realización de esta investigación.

A la Dra. Libia I. Trejo-Téllez: Por aceptar guiar mis pasos hacia el conocimiento, por sus consejos, paciencia, tolerancia y sabiduría; por que ha sembrado en mí la vocación de servir y de ser cada día mejor; para quien la principal satisfacción ha sido la culminación de esta investigación.

A la Dra. Olga Tejeda Sartorius: Por sus observaciones y acertadas aportaciones a esta investigación.

A la Dra. Brenda I. Trejo Téllez: Por todo el apoyo y las facilidades brindadas para la realización del capítulo de cadena de valor, ya que su propuesta fue más que acertada.

A la Dra. Maribel Ramírez Martínez: Por su apoyo incondicional en todas las etapas de esta investigación, sus consejos, su disponibilidad ante cualquier situación, su paciencia; por compartir conmigo sus experiencias con la finalidad de mejorar.

Al Dr. Fernando C. Gómez Merino: por sus aportaciones en los trabajos presentados en diversos congresos.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN	ii
ABSTRACT	iii
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Producción mundial de alcatraz.....	2
1.2 Producción nacional de alcatraz.....	3
1.2.1 Superficie sembrada y cosechada nacional.....	3
1.3 Importancia económica del alcatraz.....	3
1.3.1 Usos del alcatraz.....	4
1.3.2 Importancia social.....	4
1.4 Generalidades del cultivo.....	4
1.4.1 Taxonomía.....	5
1.4.2 Variedades.....	5
1.4.3 Formas de reproducción del alcatraz.....	6
1.4.4 Características morfológicas del alcatraz.....	7
1.4.5 Fenología del alcatraz.....	8
1.4.6 Factores agroclimáticos.....	8
1.5 Literatura citada.....	9
CAPÍTULO II. FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN ALCATRAZ EN ETAPA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA	14
2.1 Introducción.....	14
2.2 Revisión de literatura.....	14
2.2.1 Importancia de la nutrición en alcatraz.....	14
2.2.2 Nitrógeno en la nutrición de alcatraz.....	16
2.2.3 Potasio en la nutrición de alcatraz.....	18
2.2.4 Interacción del nitrógeno y el potasio en la nutrición del alcatraz.....	19

2.3	Objetivos.....	20
2.3.1	Objetivo general.....	20
		Página
2.3.2	Objetivos específicos.....	20
2.4.	Hipótesis.....	21
2.4.1	Hipótesis general.....	21
2.4.2	Hipótesis específicas.....	21
2.5	Materiales y métodos.....	22
2.5.1	Localización del área de estudio.....	22
2.5.2	Material vegetal.....	23
2.5.3	Sustrato utilizado.....	23
2.5.4	Plantación.....	23
2.5.5	Manejo de riegos.....	23
2.5.6	Diseño de tratamientos.....	24
2.5.7	Diseño experimental.....	25
2.5.8	Variables evaluadas.....	25
2.5.8.1	Parámetros de crecimiento.....	25
2.5.8.2	Parámetros de calidad de espata.....	26
2.5.8.3	Variables del ciclo fenológico.....	26
2.5.8.4	Variables fisiológicas.....	27
2.5.8.5	Concentración y acumulación nutrimental.....	29
2.5.5	Análisis estadístico.....	30
2.6	Resultados.....	30
2.6.1	Parámetros cuantitativos.....	30
2.6.1.1	Altura de planta (cm).....	30
2.6.1.2	Longitud de espata (cm).....	32
2.6.1.3	Ancho de espata (cm).....	33
2.6.1.4	Diámetro apical, medio y basal (cm).....	34
2.6.1.5	Biomasa fresca (g).....	36
2.6.1.5.1	Peso fresco de flores por planta.....	36
2.6.1.5.2	Peso fresco de hojas por planta.....	36
2.6.1.5.3	Peso fresco de tallos por planta.....	37
2.6.1.5.4	Peso fresco de rizomas por planta.....	38

2.6.1.5.5	Peso fresco total por planta.....	39
		Página
2.6.1.6	Biomasa seca (g).....	40
2.6.1.6.1	Peso seco de flores por planta.....	40
2.6.1.6.2	Peso seco de hojas por planta.....	40
2.6.1.6.3	Peso seco de tallos por planta.....	41
2.6.1.6.4	Peso seco de rizomas por planta.....	42
2.6.1.6.5	Peso seco total por planta.....	43
2.6.2	Parámetros cualitativos.....	43
2.6.2.1	Inicio de floración (días).....	43
2.6.2.2	Inicio de senescencia (días).....	44
2.6.2.3	Vida en maceta (días).....	45
2.6.2.4	Concentración de clorofila en hoja (mg g ⁻¹ PF).....	46
2.6.2.5	Azúcares solubles totales en espata (mg 100 g ⁻¹ PF).....	51
2.6.2.6	Proteínas solubles totales en hoja (mg 100 g ⁻¹ PF).....	53
2.6.2.7	Aminoácidos solubles totales en hoja (g 100 g ⁻¹ PF).....	55
2.6.2.8	Análisis químico de tejido vegetal.....	58
2.6.2.8.1	Análisis químico de tejido vegetal en flores.....	58
2.6.2.8.2	Análisis químico de tejido vegetal en tallos.....	64
2.6.2.8.3	Análisis químico de tejido vegetal en hojas.....	71
2.6.2.8.4	Análisis químico de tejido vegetal en rizoma.....	77
2.6.2.8.5	Análisis químico de tejido vegetal en rizoma (concentración final - inicial).....	84
2.7	Discusión general de la concentración de nutrimentos.....	91
2.8	Conclusiones.....	93
2.9	Literatura citada.....	94
CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DEL ALCATRAZ EN EL MUNICIPIO DE LA PERLA, VERACRUZ.....		
		99
3.1	Introducción.....	99
3.2	Revisión de literatura.....	100
3.2.1	Importancia del alcatraz, clasificación y morfología.....	100

3.2.1.1 Origen.....	101
3.2.1.2 Clasificación botánica.....	101
	Página
3.2.1.3 Morfología.....	102
3.2.2 Cultivo.....	102
3.2.2.1 Requerimientos edafo-climáticos.....	103
3.2.2.2 Fertilización.....	103
3.2.3 Importancia de la cadena de valor.....	104
3.2.3.1 Eslabones que integran la cadena.....	106
3.3 Objetivos.....	107
3.3.1 Objetivo general.....	107
3.3.2 Objetivos particulares.....	107
3.4 Hipótesis.....	107
3.5 Metodología.....	108
3.5.1 Metodología de análisis de la cadena de valor.....	108
3.5.2 Ubicación del área de estudio.....	108
3.5.3 Fuentes de información y tamaño de muestra.....	109
3.5.3.1 Recopilación de información secundaria.....	109
3.5.3.2 Levantamiento de información primaria.....	109
3.5.4 Descripción del instrumento: encuesta.....	110
3.5.5 Análisis de resultados obtenidos.....	111
3.6 Resultados y discusión.....	111
3.6.1 Perfil social de los actores que intervienen en la cadena de valor del alcatraz.....	112
3.6.2 Eslabón de producción.....	115
3.6.3 Eslabón de transformación.....	119
3.6.4 Eslabón de comercialización.....	121
3.6.5 Organización.....	123
3.6.6 Estrategias para una mejora en la producción del alcatraz.....	124
3.7 Conclusiones.....	125
3.8 Literatura citada.....	126

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1 Temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa promedio registradas durante el ciclo del cultivo con el Hobo en el invernadero.	22
Cuadro 2 Concentraciones (g L^{-1}) de las soluciones nutritivas empleadas en cada etapa fenológica, en función de las variaciones en la dosis de N y K.	4
Cuadro 3 Número de encuestas aplicadas en La Perla, por localidad.	110
Cuadro 4 Producción de alcatraz obtenida en el año 2011, en La Perla, Veracruz.	118

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Curva estándar de aminoácidos	28
Figura 2 Curva estándar de proteínas	28
Figura 3 Curva estándar de azúcares	29
Figura 4 Altura de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), a los 30 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	30
Figura 5 Altura de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), a los 38 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	31
Figura 6 Altura de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), a los 45 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	31
Figura 7 Altura de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), a los 52 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	32
Figura 8 Longitud de espata de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	33
Figura 9 Ancho de espata de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	34

	Página
Figura 10 Diámetro de tallos florales en posición basal (A) y apical (B) de plantas de alcatraz <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	34
Figura 11 Diámetro medio de tallos de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	35
Figura 12 Peso fresco de flor de las plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	36
Figura 13 Peso fresco de hoja en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	37
Figura 14 Peso fresco de tallo en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	38
Figura 15 Peso fresco de rizoma de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	38
Figura 16 Peso fresco total en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	39

	Página
Figura 17 Peso seco de flor de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	40
Figura 18 Peso seco de hoja de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	41
Figura 19 Peso seco de tallo de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	42
Figura 20 Peso seco de rizomas de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	42
Figura 21 Peso seco total de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	43
Figura 22 Inicio de la floración en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	44
Figura 23 Inicio de senescencia en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	45

	Página
Figura 24 Vida en maceta de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	45
Figura 25 Concentración de clorofila a, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	46
Figura 26 Concentración de clorofila b, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	46
Figura 27 Concentración de clorofila total, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	47
Figura 28 Concentración de clorofila a, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	48
Figura 29 Concentración de clorofila b, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	48
Figura 30 Concentración de clorofila total, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en res Figura 91A puesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	49

	Página
Figura 31 Concentración de clorofila en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	50
Figura 32 Concentración de clorofila en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	50
Figura 33 Concentración de clorofila en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	51
Figura 34 Concentración de azúcares totales en espata de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	52
Figura 35 Concentración de azúcares totales en espata de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	53
Figura 36 Concentración foliar de proteínas solubles totales en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	54
Figura 37 Concentración de proteínas solubles totales en hojas de plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	55

	Página
Figura 38 Concentración de proteínas solubles totales en plantas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	55
Figura 39 Concentración de aminoácidos totales en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	56
Figura 40 Concentración de aminoácidos solubles totales en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	57
Figura 41 Concentración de aminoácidos solubles totales en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	58
Figura 42 Concentración nutrimental de N, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	58
Figura 43 Concentración nutrimental de P, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	59
Figura 44 Concentración nutrimental de K, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	60

	Página
Figura 45 Concentración nutrimental de Ca, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	60
Figura 46 Concentración nutrimental de Mg, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	61
Figura 47 Concentración nutrimental de Fe, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	62
Figura 48 Concentración nutrimental de Cu, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	62
Figura 49 Concentración nutrimental de Zn, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	63
Figura 50 Concentración nutrimental de Mn, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	64
Figura 51 Concentración nutrimental de B, en flores de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	64

	Página
Figura 52 Concentración nutrimental de N, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	65
Figura 53 Concentración nutrimental de P, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	66
Figura 54 Concentración nutrimental de K, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	66
Figura 55 Concentración nutrimental de Ca, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	67
Figura 56 Concentración nutrimental de Mg, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	68
Figura 57 Concentración nutrimental de Fe, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	68
Figura 58 Concentración nutrimental de Cu, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	69

	Página
Figura 59 Concentración nutrimental de Zn, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	69
Figura 60 Concentración nutrimental de Mn, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	70
Figura 61 Concentración nutrimental de B, en tallos de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	71
Figura 62 Concentración nutrimental de N, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	71
Figura 63 Concentración nutrimental de P, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	72
Figura 64 Concentración nutrimental de K, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	73
Figura 65 Concentración nutrimental de Ca, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	73

	Página
Figura 66 Concentración nutrimental de Mg, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	74
Figura 67 Concentración nutrimental de Fe, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	75
Figura 68 Concentración nutrimental de Cu, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	75
Figura 69 Concentración nutrimental de Zn, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	76
Figura 70 Concentración nutrimental de Mn, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	76
Figura 71 Concentración nutrimental de B, en hojas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	77
Figura 72 Concentración nutrimental de N, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	78

	Página
Figura 73 Concentración nutrimental de P, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	78
Figura 74 Concentración nutrimental de K, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	79
Figura 75 Concentración nutrimental de Ca, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	80
Figura 76 Concentración nutrimental de Mg, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	80
Figura 77 Concentración nutrimental de Fe, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	81
Figura 78 Concentración nutrimental de Cu, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	82
Figura 79 Concentración nutrimental de Zn, en rizomas de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	82

	Página
Figura 80 Concentración nutrimental de Mn, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	83
Figura 81 Concentración nutrimental de B, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	84
Figura 82 Diferencia en la concentración nutrimental de N, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	85
Figura 83 Diferencia en la concentración nutrimental de P, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	85
Figura 84 Diferencia en la concentración nutrimental de K, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	86
Figura 85 Diferencia en la concentración nutrimental de Ca, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	87
Figura 86 Diferencia en la concentración nutrimental de Mg, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	87

	Página
Figura 87 Diferencia en la concentración nutrimental de Fe, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	88
Figura 88 Diferencia en la concentración nutrimental de Cu, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	89
Figura 89 Diferencia en la concentración nutrimental de Zn, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	90
Figura 90 Diferencia en la concentración nutrimental de Mn, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	90
Figura 91 Diferencia en la concentración nutrimental de B, en rizoma de alcatraz <i>Z. albomaculata</i> cv. Captain Murano (A) y <i>Z. elliotiana</i> cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.	91
Figura 92 Localización del municipio La Perla, Veracruz	108
Figura 93 Cadena de valor del alcatraz en el municipio de La Perla, Veracruz.	112
Figura 94 Proporción de género y perfil de escolaridad de la muestra de los productores de alcatraz en La Perla, Veracruz.	113
Figura 95 Edad promedio y nivel de escolaridad de los productores de alcatraz en la Perla, Veracruz.	114
Figura 96 Asociación de alcatraz cultivado en La Perla, Veracruz	115

	Página
Figura 97 Daño ocasionado por <i>Erwinia carotovora</i> , por etapa en el cultivo de alcatraz, en La Perla, Veracruz	118
Figura 98 Cultivo de alcatraz, La Perla, Veracruz	119
Figura 99 Material utilizado para empaquetar el alcatraz para su venta en porcentaje	120
Figura 100 El empaque que se utiliza para la venta de alcatraz es bolsa de celofán y rafia	120
Figura 101 Porcentaje de producción de alcatraz producida en La Perla, Veracruz, según su calidad	122
Figura 102 Alcatraz listo para la venta	123

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

En la actualidad, la horticultura ornamental es de gran importancia en México debido a que tiene características favorables para su producción, tales como una gran diversidad de climas que le permiten cultivar alrededor de 349 especies distintas, en un área total estimada de 375 000 ha, donde cerca del 5.8% se dedica al cultivo de la flor, tanto de ornato como para la industria alimenticia y para uso cosmético. Aproximadamente 21, 970 ha se destinan a la producción de cultivos ornamentales, de las cuales el 52% (11, 424 ha) son cultivadas para producción de flores y follajes (García *et al.*, 2008); además de bajos costos en mano de obra y cercanía a uno de los principales consumidores del mundo con alta capacidad de compra (Estados Unidos), donde hay una tendencia de un incremento en el consumo de flores, así mismo un mercado nacional con potencial de compra (Orozco, 2007).

De acuerdo con SAGARPA, 2012; en el país existen aproximadamente 25,500 productores de flores que obtienen un valor de producción de 5,445,000 de pesos, quienes además generan 188,000 empleos permanentes, 50,000 eventuales y un 1,000,000 indirectos. Los estados con mayor número de productores son: Estado de México, Puebla, Morelos y el Distrito Federal, quienes concentran alrededor del 70% de las unidades de producción; del total de la producción nacional, el 12% se exporta (280,000 ton de flores de corte) y los principales mercados de compra son Estados Unidos y Canadá, el resto abastece el mercado interno, el cual está centralizado en las tres principales regiones metropolitanas del país: Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey (García *et al.*, 2008).

Dentro del amplio rango de especies de la horticultura ornamental, se encuentra el alcatraz también llamado calla (*Zantedeschia* spp.) (Pérez, 1998).

El alcatraz es una planta herbácea nativa del sur de África, la cual es producida y comercializada como flor de corte, planta de jardín al aire libre y más recientemente como plantas para floración en maceta (Corr y Widmer, 1991); además de que su producción representa grandes beneficios para las familias mexicanas debido a los ingresos que ésta proporciona (Pérez, 1998). En nuestro país el cultivo de alcatraz (*Zantedeschia* spp.) de color diferente al blanco común, no está difundido a pesar de la

gran aceptación que hay por lo consumidores finales (Cruz *et al.*, 2001b), por lo que la producción de alcatraz de color es una opción para diversificar la agricultura en regiones de climas templados.

Aunque las especies e híbridos del género *Zantedeschia* ofrecen una amplia diversidad de uso para la industria ornamental como flor de corte, maceta y jardín, la investigación sobre el alcatraz de color empieza a impulsarse por lo que hay poca atención comercial, aunque se ha logrado incrementar el gran potencial que tiene este cultivo (García, 1996).

1.1 Producción mundial de alcatraz

La demanda mundial de flores y plantas de maceta está estrechamente asociada al desarrollo económico de las naciones y a las exigencias del consumidor. En la actualidad, aproximadamente el 75% del comercio internacional de flores, se registra en Europa, en donde el país con mayor participación es Holanda con el 56%, seguido por Colombia en el continente americano, con un 15% (García *et al.*, 2008). Según la Asociación Nacional de Productores de Horticultura A.C (ANPHAC), en 2008 se sembraron a nivel mundial 533 mil ha de flores y plantas, obteniéndose un valor de la producción de 31 mil millones de dólares, concentrándose en Europa el 46 % del valor total (Madrid, 2009). El cultivo de las flores de corte se extiende a lo largo y ancho del mundo; actividad que es incluida en las estadísticas de 145 países, aunque actualmente solo 87 registran actividad de exportación (Corr y Widmer, 1988).

El género *Zantedeschia* está limitado al continente africano; y dentro de él, su presencia es mayoritaria en el sur, sobre todo en el entorno de Sudáfrica, como provincias del Cabo, Estado Libre de Orange, Natal, Lesotho, Suazilandia y Transvaal, pero también se encuentra en Zimbabwe, Malawi, Zambia, Angola, Nigeria y otros países (Bloomz, 2004). A nivel mundial los países productores son: Estados Unidos de Norteamérica, Nueva Zelanda e Italia. La producción puede ser bajo dos sistemas: protegido y a cielo abierto, como ocurre en áreas con clima templado (Wright y Burge, 2000).

El cultivo de *Zantedeschia elliotiana* Engler, es relativamente nuevo a nivel mundial, con una expansión en el mercado internacional para flores de corte y en la comercialización del rizoma. La producción es principalmente como flor de corte por su

aceptación en el mercado y su alto índice de venta; así mismo es exportado de Sudáfrica, hacia otros países como Holanda, Estados Unidos y Japón (Schnettler *et al.*, 2006).

1.2 Producción nacional de alcatraz

La floricultura es una actividad con importancia económica, en cual los floricultores tienen la misión de cautivar a los consumidores de los diferentes estratos sociales (ASERCA, 2008). Estados como Veracruz (zona central), México, Puebla (zona norte), Guadalajara y Colima destacan a nivel nacional por la producción de alcatraz (Cruz y Cárdenas, 1997).

Actualmente el alcatraz y sus híbridos, son muy apreciadas en el mercado nacional, por lo anterior, al introducir nuevas variedades de alcatraz de diversos colores, se espera que genere un nuevo mercado de exportación (Leszczyńska y Borys, 2002). En el estado de Veracruz, la producción de alcatraz ocupa el segundo lugar en cuanto a importancia socioeconómica y generación de empleos; en primer lugar por el valor de la producción, con una tendencia creciente, debido principalmente al aumento en la superficie cultivada (García *et al.*, 2008) y el municipio de La Perla, Veracruz tiene la mayor superficie cultivada de esta ornamental y quizá de todo México (Cruz *et al.*, 2008).

1.2.1 Superficie sembrada y cosechada nacional

En México para el año 2003 se sembraron 160 ha de alcatraz y se tuvo una producción de 13,000 ton; de las cuales 10 ha se sembraron en el estado de México y 150 ha en el estado de Veracruz (SIACON, 2003).

1.3 Importancia económica del alcatraz

El valor económico que tienen las ornamentales empieza cuando se utilizan para adornar sitios ceremoniales y fiestas religiosas, principalmente por sus aromas, colorido de las flores y por la estética de los espacios habitados por el hombre (García, 2010).

En el mercado actual, existen más de 120 híbridos de alcatrazes de colores con diferentes matices y tonalidades (Funnell, 1993); en los últimos años, se están

obteniendo variedades de diferentes colores a los existentes para favorecer el mercado (López *et al.*, 2005).

En el municipio de La Perla, Veracruz, la producción del alcatraz es una actividad de la cual los floricultores obtienen sus principales ingresos; dicha producción es distribuida a los mayoristas de la región, minoristas locales y florerías locales, llegando así al consumidor final (Cruz *et al.*, 2001a).

1.3.1 Usos del alcatraz

El género *Zantedeschia* ofrece una amplia diversidad de usos para la industria ornamental como flor de corte, en maceta y como planta de jardín; es preferido por los floristas debido a los colores de sus espatas (García, 1996).

El alcatraz puede ser utilizado para el decorado de los espacios físicos, sea de estancias, casa habitación, jardines, hoteles entre otros (Escalante *et al.*, 2007); los seres humanos desde siempre han valorado la expresividad y la belleza de las flores naturales como el alcatraz, dándole una valoración artística, turística, cultural, ambiental, social, religiosa, histórica y cívica (ASERCA, 2008).

1.3.2 Importancia social

En la región central del estado de Veracruz, el alcatraz blanco resalta en el paisaje de las grandes montañas con clima templado húmedo como un cultivo que les da identidad, además es uno de los productos hortícolas de mayor importancia comercial para los habitantes de esas zonas; donde su uso más común es en festividades religiosas para adornar los altares de las capillas y templos ubicados en las distintas comunidades del estado (Cruz y Alfaro, 2001); además de ser utilizado en las fiestas de pascua y en arreglos florales como símbolo de pureza (García, 2010).

1.4 Generalidades del cultivo

El origen del alcatraz se encuentra en las zonas templadas frías ubicadas en el sur y este de África (Bahamonde, 2006), donde existen seis especies nativas de este género (Sánchez, 2001); pero se ha llevado una considerable selección en Nueva Zelanda, produciendo flores en una amplia gama de colores (Salinger, 1994). El nombre del

género se dio en honor del botánico italiano Giovanni Zantedeschi por el botánico alemán Kurt Sprengel, pero en realidad esta planta se conoce en todo el mundo por el nombre de cala del griego "Kalos=bonito" (Corr, 1993); el alcatraz tiene varios nombres comunes: cartucho, aro de Etiopía, lirio cala, cala lili o calla (Cruz *et al.*, 2001a).

1.4.1. Taxonomía

De acuerdo con Sánchez (2001), la taxonomía del alcatraz es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Espermatophyta*

Subdivisión: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Subclase: *Monocotyledonae*

Orden: *Spadiciflorae*

Familia: *Araceae*

Subfamilia: *Philodendroideae*

Tribu: *Zantedeschieae*

Género: *Zantedeschia*

Especies: (*Z. aethiopica*, *Z. rehmannii*, *Z. jucunda*, *Z. elliotiana*, *Z. petlandii*, *Z. albomaculata* y *Z. odorata*)

1.4.2 Variedades

Las variedades de *Zantedeschia* se han dividido en dos grupos de acuerdo a características tales como su órgano de reserva, persistencia de su follaje, época de floración (Snijder y Tuyl 2002), morfología, hábitos de crecimiento y adaptación a diferentes condiciones climáticas (Armitage, 1993).

Grupo uno: Integrado únicamente por *Zantedeschia aethiopica* L. Spreng (alcatraz blanco), especie perenne cuyo hábitat natural son zonas húmedas donde permanece siempre verde.

Grupo dos: Formado por el alcatraz de color como: *Z. rehmannii*, *Z. elliotiana*, *Z. albomaculata*, *Z. jucunda*, *Z. pentlandii* y *Z. odorata*, su follaje sufre una senescencia

completa después del verano y no toleran suelos con exceso de humedad (Seemann y Hoffens, 1999).

Los cultivares utilizados actualmente son originados por cruzamiento entre especies del grupo dos, donde se han generado más de 120 híbridos de diferentes colores, como por ejemplo: Cameo, Mango, Elliott, Tahere, Apricot Orange, entre otros (Seemann y Hoffens, 1999). A partir de *Z. aethiopica* se ha logrado crear dos variedades, “Childsiana” y “Green Goddess” (Funnell, 1993), a través del cultivo *in vitro*, se han obtenido variedades de diferentes colores como la Fandango (morado), Black Magic (amarillo con centro negro), Golden Afierre (amarillo con centro dorado) y Pacific Pink (rosa) (López *et al.*, 2005).

1.4.3 Formas de reproducción del alcatraz

Propagación por semillas: Se encuentra limitada a las especies “verdaderas” y es utilizada únicamente en los programas de fitomejoramiento e hibridación (Armitage, 1993); se realiza la siembra en primavera formándose en otoño pequeños rizomas, requiriéndose dos ciclos de crecimiento para la obtención de rizomas con tamaño de floración (4 - 5 cm de diámetro); es decir, la floración ocurre tres años después de la plantación (Ngamau, 2008).

Propagación vegetativa: es la más utilizada para incrementar la disponibilidad de material vegetativo, aunque se debe tener cuidado de no introducir organismos patógenos al material. La división se hace a los rizomas maduros, que tengan por lo menos dos años de edad, cortando por secciones individuales en el punto de unión con los rizomas madre, o bien cortando los rizomas en secciones, asegurando que cada una posea al menos una yema latente. Dos años después de la plantación se puede obtener rizomas con tamaño floral (Guaqueta Trading Group, 2006).

Cultivo de tejidos: permite una propagación rápida de un amplio rango de clones seleccionados, asegurando un material vegetal libre de virus y otras enfermedades. Una vez que las plántulas salen del laboratorio, necesitan dos ciclos de crecimiento

para formar un rizoma con tamaño floral y, por lo tanto, tres años después se produce la floración (Ngamau, 2008).

Desgajado: consiste en dejar que broten los rizomas y separar los tallos una vez que éstos hayan producido raíces en su base (Armitage, 1993).

1.4.4 Características morfológicas del alcatraz

Hábito de crecimiento. El crecimiento es simpódico, es decir, consta de un sólo tallo principal y dos hojas protectoras de la espata, ubicadas debajo de ésta (Paredes, 2006).

Hojas. Presenta hojas acorazonadas, con limbo de 28 a 60 cm de longitud y de 5 a 25 cm de ancho sostenido por un peciolo esponjoso de 30 a 100 cm de largo, la base es una vaina membranosa, pudiendo tener manchas claras o poco apreciables (Salinger, 1991). Las hojas pueden presentar manchas traslúcidas, fenómeno conocido como maculación (Jacobs, 1997).

Tallo. El tallo es un rizoma tuberoso del cual surgen hojas arrosetadas (González *et al.*, 1999); tiene un hábito de crecimiento simpódico con yemas dominantes que emergen primero de los rizomas produciendo tallos primarios (Paredes, 2006). Estos tallos típicamente presentan dos o tres vainas y dos hojas seguidas por una flor.

Raíz. Posee raíces carnosas, adventicias, ramificadas provenientes de un rizoma del cual parten hojas e inflorescencias (Funnell, 1993); las raíces principales son blancas, gruesas y simples (Sánchez, 2001).

Inflorescencias. La parte decorativa se llama espata que envuelve un espádice, eje donde están ubicadas las flores verdaderas, el espádice tiene flores masculinas en la parte superior y femeninas por debajo de éstas (Salinger, 1991). Las flores son unisexuales carentes de perianto (Sánchez, 2001).

Infrutescencia: Está conformada por numerosas bayas de color verde y es de consistencia firme al madurar (Armitage, 1993), con una o más semillas, con endospermo y embrión recto (García, 2010).

Rizoma. Es un órgano de reserva que le permite sobrevivir en estaciones desfavorables, permaneciendo en un estado de reposo y por lo tanto no presentan crecimiento aéreo (Jacobs, 1997) manteniendo vivo sólo el rizoma o tubérculo el cual desarrolla numerosas yemas una vez que el agua es disponible (Corr, 1993).

1.4.5 Fenología del alcatraz

De acuerdo con lo reportado por Pérez (1998), se han identificado cinco etapas fenológicas durante el ciclo de *Zantedeschia*; la primera de ellas es la etapa de brotación (BR), caracterizada por la emergencia de la yema apical. La segunda etapa es la vegetativa (VS), en la cual la planta forma propágulos e inicia la expansión foliar. La tercer etapa es la de floración (FS) considerada a partir de la presencia de la primera espata, conforme esta etapa avanza se van observando los distintas tonalidades del color de la espata de acuerdo al cultivar, así como su apertura. La cuarta etapa es la de senescencia (SS) donde se observan cambios en el color de las hojas y espatas, al mismo tiempo se inicia la translocación de asimilados hacia los rizomas. Finalmente la quinta etapa es la de dormancia (DS) durante la cual los rizomas permanecen almacenados.

1.4.6 Factores agroclimáticos

El género *Zantedeschia* requiere de suelos fértiles, con textura franco arenosa, que retengan la humedad pero a su vez tengan un buen drenaje (Zamorano, 2010), para minimizar los problemas de pudrición de rizomas y raíces causadas por *Erwinia* (Armitage, 1993); el pH del suelo es de 5.5 – 6.5 el óptimo y rico en materia orgánica (Salinger, 1994); los riegos inician después de la plantación del rizoma el suelo y debe mantenerse ligeramente húmedo hasta el establecimiento de las primeras hojas; posteriormente debe regarse hasta un mes después de la floración (Zamorano, 2010).

Las plantas de alcatraz crecen muy bien con una humedad relativa del 60% o más, sin ningún problema (Rosas, 1995).

Los alcatraces de color requieren aproximadamente de temperaturas entre 15.5 a 18 °C en (Hertogh y Le Nard, 1993); *Zantedeschia* puede desarrollarse sin inconvenientes con temperaturas nocturnas de 12 - 13 °C y diurnas de 16 - 22 °C (García, 2010), siendo intolerantes al calor o a la sequía, además de no tolerar heladas fuertes (Salinger, 1991), la floración no es afectada por el fotoperiodo, sin embargo, plantas con crecimiento en días cortos son más pequeñas, que las plantas de días largos (Armitage, 1993), para obtener flores de alta calidad con un tallo floral firme y una espata de color brillante, los niveles de luz deben ser altos (Funnell, 1992), en el caso de los híbridos de colores, requieren altas tasas de luminosidad para expresar su color verdadero (Bloomz, 2004).

1.5 Literatura citada

- Armitage M. A. 1993. Specialty cut flowers: the production of annuals, perennials, bulbs and woody plants for fresh and dried cut flowers, Varsuty press. Portland, Oregón, EEUU. 317-322 p.
- ASERCA. 2008. La Floricultura. Boletín ASERCA Regional Peninsular.
- Bahamonde B. P. V. 2006. Efecto de la aplicación de reguladores de crecimiento sobre híbridos de calas (*Zantedeschia* spp.). Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Austral de Chile, Chile.
- Bloomz. 2004. Guidelines for pot growers. Technical Bulletin Series C001/00.2004. *Zantedeschia* (Calla Lily) production. Nueva Zelanda. Callafornia Callas. 4 p.
- Corr B. 1993. *Zantedeschia* research in the United States: Past, Present and Future. Acta Horticultura 337: 177-188.
- Corr B. E. and R. E. Widmer. 1988. Rhizome storage increases growth of *Zantedeschia elliotiana* and *Z. rehmannii*. HortScience 23(6): 1001-1002.

- Corr B. E. and R. E. Widmer. 1991. Paclobutrazol, Giberellic Acid, and Rhizome Size Affect Growth and Flowering of *Zantedeschia*. University of Minnesota, St. Paul. HortScience 26(2): 133-135.
- Cruz C. J. G. y A. M. Cárdenas, 1997. El alcatraz (*Zantedeschia* spp.) un cultivo nuevo para el trópico de Veracruz, México. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 41:84-87.
- Cruz C. J. G. y C. M. Alfaro. 2001. El alcatraz o cala blanca (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) en la región central de Veracruz, México. Centro Regional Oriente. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cruz C. J. G., C. M. A. Alfaro., G. M. L. Albores y C. J. E. Angón. 2001a. Crecimiento del alcatraz 'Green Goddess' *Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng en las montañas de Veracruz, México. Centro Regional Universitario Oriente. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cruz C. J. G., L. P. A. Torres, and R. J. Mendoza. 2001b. Shade, fertilizers and a natural bioregulator to improve *Zantedeschia* growth in a Mexican tropical upland area. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 85(3-4): 135-142.
- Cruz C. J. G., L. P. Torres., G. M. Albores y M. L. González. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en postcosecha del alcatraz "green goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L.) K. Spreng) en condiciones tropicales. Revista Chapingo. Serie Horticultura 14 (2): 207-212.
- Escalante S. E. P., G. L. D. Chel y S. J. M. Luna 2007. Caracterización de la Comercialización de los Productos Ornamentales en la Península de Yucatán. Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria Dirección Regional Peninsular (ASERCA). 122 p.
- Funnell K. 1993. *Zantedeschia*. pp. 683- 704. In: De Hertogh A. and M. Le Nard (Eds.). The Physiology of Flower Bulbs. Amsterdam, Holland. Elsevier Science.
- Funnell K. A. 1992. Comparative effects of Promalin and GA3 on flowering and development of *Zantedeschia* "Galaxy". Acta Horticulturae 292: 173-179.

- García D. J. J., M. H. Chalate y H. R. San Juan. 2008. Identificación y Priorización de la Megacadena Ornamental en el estado de Veracruz. Fundación Produce. Tepetates, Veracruz.
- García L. F. 2010. Efecto de la cepa bacteriana CAE-01 y fumigación al suelo sobre la pudrición blanda en el cultivo de alcatraz en La Perla, Veracruz. Tesis de Maestría. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 74 p.
- García R. A. 1996. Aspectos de la producción comercial de alcatraz (*Zantedeschia* spp.) una alternativa de cultivo en México. Tesis de Licenciatura. Ing. Agr. Esp. Fitotecnia UACH. Chapingo, México. 60 p.
- González A., M. Lozano, J. L. Casas, S. Bañon, J. A. Fernández, and J. A. Franco, 1999. Influence of growth retardants on the growth and development of *Zantedeschia aethiopica*. Acta Horticulturae 486: 333-338.
- Guaqueta Trading Group. 2006. Información Técnica sobre *Zantedeschia* (Mini Calla). Miami Florida. U.S.A.
- Hertogh A. and M. Le Nard, 1993. The Physiology of Flower Bulbs. Elsevier. N. Y. The Netherlands. 811 p.
- Jacobs F. 1997. Calla en maceta y Calla para flor cortada. Dos nuevas posibilidades para el mercado español. Documento en línea <http://www.horticom.com>. Consultado el 10 de Julio de 2013.
- Leszczyńska B., H. y M. W. Borys. 2002. La Flora de la Cultura del Estado de Puebla. Ed. Siza. Conacyt, UPAEP. Fundación Produce Puebla. Puebla México. 216 p.
- López V. A., J. Pérez., C. Sosa., J. M. Mejía y L. Bucio. 2005. El cultivo de plantas ornamentales tropicales. Instituto Para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. 117 p.
- Madrid E. 2009. La floricultura en México. Documento en línea www.oem.com.mx/oem/notas/n1240139.htm Consultado el 25 de Agosto de 2013.

- Ngamau K. 2008. Selection for early flowering, temperature and salt tolerance *Zantedeschia aethiopica* "Green Goddess". Acta Hort. 766: 155-162.
- Orozco H. M. E. 2007. Entre la competitividad local y la competitividad global: floricultura comercial en el Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México. Revista de Ciencias Sociales. 14(45): 111-160 p.
- Paredes D. E. 2006. Composta de residuos de jardinería en la producción de calla (*Zantedeschia albomaculata* y *Zantedeschia elliottiana*). Tesis profesional. Chapingo, Texcoco, Edo. de México. 65 p.
- Pérez C. I. 1998. Aplicación de ácido giberelico y thidiazuron en alcatraz (*Zantedeschia elliottiana*), para incrementar flores bajo invernadero. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Tesis de Licenciatura. Texcoco. México. 85 p.
- Rosas M. V. 1995. Obtención de plantas de alcatraz (*Zantedeschia* sp.) a partir de cultivo *in vitro* de yemas de bulbos. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia. Tesis de Licenciatura. Texcoco, México. 70 p.
- Salinger J. 1994. Comercial Flower Growing. Sidney, Australia. Inkata. 269 p.
- Salinger J.P. 1991. Producción comercial de flores. Editorial Acriba. España. 232 p.
- Sánchez de L. C. J. M. 2001. Guía de las plantas ornamentales. Mundi-prensa. México, D. F. 685 p.
- Schnettler M. B., S. A. Mera. y S. R. Pihan. 2006. Evaluación técnico económica de la producción de calas de color en la región de la Araucanía, Chile. Universidad de la Frontera, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. 24(1): 17-24 p.
- Seemann F. P. y W. K. Hoffens. 1999. Cultivo y manejo de plantas bulbosas ornamentales. Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

SIACON. 2003. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Documento en línea.
http://www.oeidrus-tamaulipas.gob.mx/cd_anuario_07/siacon19802007wv.html.

Consultado el 15 de Febrero de 2010.

Snijder R. C. and J. M. V. Tuyl. 2002. Breeding for resistance in *Zantedeschia* spp. (Aracea) against soft rot caused by *Erwinia carotovora* ssp. *carotovora*. Acta Hort. 570: 263-266.

Wright, P. and K. Burge. 2000. Irrigation, Sawdust mulch and enhance bicycles effects. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28: 225-235.

Zamorano V. S. 2010. Producción de Calas (*Zantedeschia* spp.). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. 16 p.

CAPÍTULO II. FERTILIZACIÓN NITROGENADA Y POTÁSICA EN ALCATRAZ EN ETAPA VEGETATIVA Y REPRODUCTIVA

2.1 Introducción

Las plantas requieren para un buen crecimiento, el aporte de nutrientes en proporciones variables de acuerdo a sus requerimientos, y con ello completar su ciclo de vida (Pérez, 1998); además de que la sanidad de una planta, está determinada por un buen programa de fertilización (Tjalling, 2006).

La fertilización del cultivo influye directamente sobre la concentración de nutrientes en los rizomas al final del ciclo del cultivo, factor importante en las plantas propagadas por rizomas, situación que se refleja en la cantidad y calidad de la flor de los ciclos siguientes (Clemens *et al.*, 1998).

Es importante resaltar que, en México el suministro de fertilizantes en alcatraz de color, se basa en recomendaciones de otros países, lo que ocasiona su déficit o exceso y en consecuencia hay una disminución en la productividad y calidad de los tallos florales por un desequilibrio nutrimental, carencia o toxicidad (Segeren, 2010).

El presente trabajo se realizó en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, con la finalidad de generar información sobre la fertilización nitrogenada en la etapa vegetativa y potásica en la etapa reproductiva del cultivo de alcatraz de color evaluando para ello dos cultivares (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare) bajo condiciones de invernadero.

2.2. Revisión de literatura

2.2.1 Importancia de la nutrición en el alcatraz

La nutrición del alcatraz es muy importante para su buen desarrollo, por tanto la fertilidad del suelo o sustrato debe ser mantenida en cantidad y disponibilidad de

nutrientes necesarios para favorecer un desarrollo sano, vigoroso y equilibrado; para lograr una producción óptima (González, 2009).

Funell (1993), menciona que los requerimientos nutricionales del alcatraz están estrechamente relacionados con la etapa de crecimiento, absorbiendo la mayor cantidad entre los 40 y 85 días después de la plantación; siendo importante considerar las diferencias entre cultivares.

Segeren (2010), encontró que en el cv. Black Magic la mayor demanda de nutrientes se presentó de los 42 a los 56 días después de la plantación, mientras que para el cultivar Chianti se dio de los 42 a los 70 días después de la plantación. Estos dos cultivares se produjeron en condiciones de fertirriego, encontrando una demanda de nutrientes en el siguiente orden: $K > N > Ca > P > S > Mg > Fe > Zn > B > Mn$ y Cu, con una extracción para Black Magic de N, P y K de 57.1, 5.2 y 92 kg ha⁻¹, respectivamente; mientras que para Chianti fue de 30, 4 y 52 kg ha⁻¹.

Las concentraciones de N, Mg y Cu en hojas y rizoma de *Zantedeschia elliotiana* var. Cristal Blush durante la época de floración inciden directamente sobre el número de tallos florales, mientras que los contenidos foliares de Ca, Mg y S durante las semanas 7 a 10 influyen directamente sobre el porcentaje de tuberización. Para la obtención de una producción de 160 tallos florales m⁻² y 21.7 ton ha⁻¹ de rizomas, es necesario aportar 248, 42, 305, 103, 21 y 33 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente (Gómez *et al.*, 2010).

Clark y Bolding (1991), caracterizaron los cambios estacionales en la concentración de nutrientes en raíces, rizomas, hojas y tallos florales en plantas de *Zantedeschia elliotiana*, durante el ciclo del cultivo; la primera etapa inicia a partir de la siembra y hasta la semana 7 que corresponde al desarrollo vegetativo de la planta en donde aproximadamente el 20 % de N, K y el 40 % de P requeridos para el desarrollo son exportados de las reservas del rizoma, presentando una alta absorción de Ca, K y Na en esta etapa; la segunda etapa ocurre, entre las semana 6 y 16 después de la siembra, donde ocurre la máxima absorción de nutrientes, el índice de área foliar llega a su máximo, aparece la producción floral y los rizomas se multiplican. La última etapa corresponde a la senescencia de las hojas y el peso fresco del rizoma decrece lentamente hasta su entrada en dormancia; por lo anterior, los autores identificaron que

para satisfacer los requerimientos de producción del cultivo es necesario aplicar N, P y K de 300, 45 y 400 kg ha⁻¹, respectivamente.

2.2.2 Nitrógeno en la nutrición del alcatraz

El nitrógeno (N) es un elemento mineral esencial absorbido por las plantas normalmente en cantidades altas, dependiendo de la especie, el estado de desarrollo y el órgano de la planta (González, 2009), contribuye con el 15 al 20% de la materia seca de la planta y aproximadamente con el 16% de las proteínas totales, siendo después del agua, el factor edáfico limitante más importante para el crecimiento y la productividad del alcatraz (Marschner, 2005).

El N se encuentra en la planta en forma orgánica en los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila y alcaloides. Alrededor del 80% del N que absorbe la planta, se utiliza para formar proteínas, el 10% ácidos nucleicos, el 5 % aminoácidos solubles, y el resto otros compuestos (Tischner, 2000). Además de promover la fotosíntesis y la producción de follaje; favorece la vida postcosecha por medio de una mayor disponibilidad de citocininas por el sistema radical (Favela *et al.*, 2006).

Clemens *et al.* (1998) y Gómez (2009), reportan que en *Zantedeschia albomaculata*, las dosis altas de nitrógeno reducen el tamaño de rizomas y por tanto la floración durante el siguiente ciclo; mientras que las dosis moderadas de N, P y K incrementan la producción de flor y reducen el tiempo a cosecha, además demostraron que el mayor requerimiento de N se da durante las primeras tres semanas después de la siembra, sin embargo, altas dosis de N crean un desbalance en la planta haciéndola más suculenta y susceptible al ataque de *Erwinia*.

Devecchi y Remotti (2003) trabajaron con *Zantedeschia aethiopica*, especie de la cual evaluaron durante dos años el crecimiento y la producción floral con la aplicación de dos tratamientos de N de 50 y 99 g/m². En el primer año, la altura de la planta no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos; mientras que, la longitud del tallo floral y la anchura de la espata, fueron mayores con la dosis alta de N. El número de flores por planta en el primer año fue de 8.7, 8.1 y 9.3 para las dosis de N de 0, 500 y 900 kg de N ha, respectivamente; para el segundo año fueron de 6.3, 7.9 y 8.2, respectivamente.

En plántulas de alcatraz del híbrido Pink Diamond bajo condiciones de hidroponía, se estudiaron diferentes concentraciones de N, evaluando parámetros de crecimiento como: altura de plántula, número de hojas, área foliar, diámetro de tallo y tubérculo así como el peso fresco de tubérculo. Los resultados de esta investigación indicaron que la dosis de N que favorece estas características es de 150 mg L⁻¹ de solución nutritiva, incorporándolo al medio de cultivo (Jin, 2007).

En la variedad Black Magic de *Z. almomaculata*, se evaluaron las dosis de 0, 150, 300 y 450 kg de N ha⁻¹, en un sustrato nombrado mushroom (basado en pastos), obteniendo que hubo diferencias estadísticas en parámetros como: número de hojas, así como el peso seco de tubérculo, raíz y vástago; la acumulación de materia seca en tubérculo, raíz y vástago más alta se obtuvo con las dosis de 450, 150 y 450 kg de N ha⁻¹, respectivamente; mientras que, el número de flores se incrementó en un 40% con la fertilización con 150 kg de N ha⁻¹, en comparación con el tratamiento sin N que tuvo tres flores (Fong y Chung, 2003).

Belmont y Metcalfe (2003), realizaron un estudio en *Zantedeschia aethiopica* a escala de laboratorio; es decir se realizó un sistema que constaba de seis celdas, cada 38 cm de ancho y 240 cm de largo, para la eliminación de nitrógeno inorgánico en aguas residuales, 120 días después de que las plantas fueron establecidas, se aplicó una fertilización con la siguiente fórmula 26-4-4 (26% N, 4% de P, 4% de K₂O), en una dosis de 250 g semanales, los resultados obtenidos demuestran que la presencia de estas plantas son un beneficio para la eliminación de amonio a través de la nitrificación de éste en nitrato, además de que el desarrollo y multiplicación de la especie no se ve afectada.

Días (2010), evaluó el efecto del suministro de N en alcatraz blanco en condiciones de hidroponía; el número, longitud y ancho de hojas registrado con la adición de N a la solución nutritiva superó en un 25, 18 y 29%, respectivamente a lo registrado en el tratamiento testigo (sin adición de N). Así también el suministro de N incrementó la altura de planta, el número de brotes, la acumulación de materia seca en hoja y brotes, la longitud, diámetro y ancho de espata, así como su peso seco; el número de flores también se incrementó con la adición de N, obteniéndose en promedio 1.2 flores por planta, mientras que en el tratamiento sin N no hubo presencia de flores.

Lee *et al.* (2003), evaluaron la adición de distintas proporciones de NH_4^+ respecto al N total, en la variedad Childsiana de alcatraz blanco; los porcentajes de N aplicado como amonio en la solución nutritiva fueron 0, 20 y 40. Al aumentar el porcentaje de NH_4^+ se incrementó el número, longitud y ancho de hoja; mientras que el mayor número de flores y la mayor longitud de tallo floral se registraron al aportar el 20% del N total como NH_4^+ .

2.2.3 Potasio en la nutrición del alcatraz

El potasio (K) es necesario para que la planta desarrolle la parte vegetativa, además de promover la brotación de yemas apicales (Gómez, 2009); es el nutriente que más se acumula en raíces y que está distribuido en toda la planta, constituye aproximadamente el 10% del peso seco de las plantas (Marschner, 2005). Asimismo es un activador de una gran cantidad de procesos, necesarios para la mantener el estado hídrico en la planta y la turgencia de las células, además de promover la acumulación y la rápida translocación de los carbohidratos (Favela *et al.*, 2006).

El catión K^+ no posee funciones estructurales; sin embargo, tiene roles esenciales en la síntesis de proteínas, en el proceso fotosintético y en el transporte de azúcares; la acción del potasio en la síntesis de proteínas aumenta la conversión del nitrato absorbido en proteínas, lo que contribuye a mejorar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados aplicados (Tjalling, 2006).

Clark y Bolding (1991), encontraron que las cantidades de N y K removidas desde el rizoma son potencialmente suficientes para soportar el 20% de los requerimientos durante la etapa de desarrollo vegetativo; sin embargo, además son los nutrimentos que más se requieren durante las semanas 6 a 12 del ciclo del cultivo, lo que genera que exista una absorción neta de $403 \text{ kg de K ha}^{-1}$, durante el ciclo de producción.

La deficiencia de K en *Zantedeschia aethiopica* se observa en el follaje con la aparición de manchas necróticas, que generan senescencia foliar, además de que los tallos florales son pequeños y la espata no llega a tomar el color característico de la variedad (Almeida, 2007).

Devencchi y Remotti (2003), evaluaron por dos años la producción de alcatraz blanco con la aplicación de 0, 700 y $1100 \text{ kg de K ha}^{-1}$, donde se evaluaron las siguientes

variables: longitud y ancho de espata, longitud de tallo floral y el número de flores. Los valores de estos parámetros disminuyeron a medida que se incrementó la dosis de K; es decir, el tratamiento sin K ($0 \text{ kg de K ha}^{-1}$) aumentó las variables antes indicadas. Los autores indican que esta respuesta es debida a la existencia de K en el suelo en abundancia. En el segundo año de evaluación, por el contrario, la mayor longitud de tallo, así como longitud y ancho de espata fueron superiores en los tratamientos consistentes en la aplicación de K.

2.2.4 Interacción del nitrógeno y el potasio en la nutrición del alcatraz

La fertilización enriquecida con N y K debe ser fundamental, aunque no se tienen datos precisos sobre qué forma iónica de nitrógeno favorece más la producción del alcatraz (Pérez, 1998).

Clark y Bolding (1991), Almeida (2007) y Carneiro (2009), coinciden que el N y K, son los nutrimentos que en mayor cantidad requiere el cultivo de alcatraz, la aplicación adecuada es necesaria para un óptimo crecimiento y desarrollo, ya que son los elementos que se presentan en mayor concentración en rizomas, hojas y flores; una deficiencia de éstos, afectará drásticamente el desarrollo, producción y calidad de la especie.

En alcatraz de la variedad Green Goddess, se evaluó la aplicación de 20 g por maceta de 14-10 (N y K, respectivamente) en cuatro aplicaciones, una por mes, además de un testigo, expuestos a un sombreado de 35 y 50%; obteniendo con el 35% de sombreado el número de hojas, área foliar y longitud de espata fueron de 4, 240 cm^2 y 14 cm respectivamente; mientras que con el 50% de sombreado, el número de hojas, área foliar y longitud de espata fueron de 5, 460 cm^2 y 23 cm respectivamente (Cruz *et al.*, 2003).

Cruz *et al.* (2008), reportaron en la variedad de alcatraz Green Goddess que con una dosis de 12-18 (N-K) al suelo y con 4 g L^{-1} de 20-10 (N-K) mediante una aplicación foliar, se incrementó el número de hojas y de tallos florales, respecto al tratamiento, en el cual no hubo formación de tallos florales debido a la ausencia de N y K.

Almeida *et al.* (2009), evaluaron en alcatraz blanco la aplicación de un fertilizante 10-10 (N-K), en las dosis de 0, 150, 250 y 350 kg ha^{-1} ; se observó que la altura de planta no

fue estadísticamente diferente entre tratamientos; mientras que, el número de flores se incrementó conforme se aumentó la dosis de N y K, siendo de 18, 20, 22 y 32 al aplicar 0, 150, 250 y 350 kg ha⁻¹, respectivamente.

2.3. OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar los efectos de dosis de fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y dosis de fertilización potásica en etapa reproductiva, en parámetros de crecimiento, fenológicos, de calidad y nutrimentales de dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata*) cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare).

2.3.2 Objetivos específicos

Analizar el efecto de una fertilización nitrogenada y potásica en dos etapas, sobre los parámetros de crecimiento (altura de planta, biomasa fresca y seca), en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

Determinar los parámetros fenológicos (inicio de floración, inicio de senescencia y vida en maceta), mediante una fertilización nitrogenada y potásica fraccionada en dos etapas, en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

Analizar el efecto de las dosis de fertilización nitrogenada y potásica en las concentraciones de clorofila a, b y total, de azúcares, aminoácidos y proteínas solubles totales en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

Evaluar el efecto de una fertilización nitrogenada y potásica en dos etapas fenológicas en la concentración y acumulación nutrimental (N, P, K, Ca, Fe, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B), en flor, hoja, tallo y rizoma en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1 Hipótesis general

El suministro de una dosis alta de nitrógeno en etapa vegetativa y una dosis baja de potasio en etapa reproductiva incrementan, los parámetros de crecimiento, fenológicos, de calidad y nutrimentales de dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

2.4.2 Hipótesis específicas

Una fertilización nitrogenada alta en etapa vegetativa y una potásica baja en etapa reproductiva, aumentan la altura de planta, biomasa fresca y seca, en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

Los parámetros fenológicos (inicio de floración, inicio de senescencia y vida en maceta), se favorecen con la aplicación de una dosis alta nitrogenada en etapa vegetativa y una dosis potásica baja en etapa reproductiva en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

La aportación de una fertilización nitrogenada alta en etapa vegetativa y una potásica baja en etapa reproductiva aumenta las concentraciones de clorofila a, b y total, de azúcares, aminoácidos y proteínas solubles totales en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano y *Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare).

La concentración y acumulación nutrimental (N, P, K, Ca, Fe, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B), en flor, hoja, tallo y rizoma en dos especies de alcatraz (*Zantedeschia albomaculata*) cv. Captain Murano y (*Zantedeschia elliotiana*) cv. Solar Flare, se incrementan por el efecto de una fertilización nitrogenada alta en etapa vegetativa y una potásica baja en etapa reproductiva.

2.5. Materiales y métodos

2.5.1 Localización del área de estudio

La investigación se realizó en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, ubicado en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México (19°29' LN, 98°53' LO y 2250 m de altitud), bajo condiciones de invernadero durante el ciclo primavera-verano 2012; debido a que, el cultivo se estableció en un periodo donde las temperaturas son altas, comparadas con sus requerimientos se colocó una malla sombra doble del 50%. En invernadero se midieron algunos parámetros climáticos (temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa) utilizando un Onset Hobo® Data Logger U12-012. La temperatura promedio registrada en el invernadero durante el ciclo de cultivo fue de 19.1 °C; mientras que las temperaturas máxima y mínima fueron 24.5 y 15.4 °C, respectivamente. Los valores medios, máximos y mínimos mensuales de los parámetros climáticos, registrados durante la fase experimental son presentados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Temperatura, humedad relativa e intensidad luminosa promedio registradas durante el ciclo del cultivo con el Hobo en el invernadero

Mes	Temperaturas (°C)					
	Diurna 7:00 am a 7:00 pm			Nocturna 7:30 pm a 6:30 am		
	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Mayo	32.1	23.5	28.6	23.4	10.5	16.0
Junio	26.2	17.4	22.3	18.4	10.0	14.5
Julio	23.4	18.7	21.3	15.5	12.6	13.9
Agosto	25.1	17.0	21.9	15.1	13.3	14.2
Mes	Humedad relativa (%)					
	Diurna 7:00 am a 7:00 pm			Nocturna 7:30 pm a 6:30 am		
	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Mayo	36.5	11.9	23.3	72.4	36.4	54.0
Junio	84.2	29.2	55.5	95.9	57.1	82.5
Julio	73.1	53.0	63.6	96.0	83.5	90.4
Agosto	80.4	49.8	62.6	96.7	80.7	88.9
Mes	Intensidad luminosa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
	Diurna 7:00 am a 7:00 pm			Nocturna 7:30 pm a 6:30 am		
	Máxima	Mínima	Promedio	Máxima	Mínima	Promedio
Mayo	494.7	5.5	346.9	4.9	1.2	3.2
Junio	249.7	34.5	125.3	31.5	1.2	2.5
Julio	119.9	45.0	81.8	2.8	1.2	1.4
Agosto	225.5	84.2	174.5	1.7	1.2	1.3

2.5.2 Material vegetal

Se usaron rizomas de *Zantedeschia albomaculata* y *Zantedeschia elliotiana* cuyo proveedor fue Stigma International ubicado en Cuernavaca, Morelos.

1. *Zantedeschia albomaculata*. Se utilizó el cv. Captain Murano, híbrido liberado de la línea Captain®. Tiene hojas de color verde oscuro, lanceoladas y con una profusa maculación blanca. El color de la espata es naranja-rojo de forma redonda, espádice amarillo y tallo floral con una longitud entre 45 y 55 cm.
2. *Zantedeschia elliotiana*. Se evaluó el cv. Solar Flare, el cual presenta hojas de color verde oscuro, sagitadas con profusa maculación blanca. El color de la espata es amarillo-limón con un diámetro entre 5 a 7 cm en forma de trompeta de textura cerosa. Se considera una variedad de porte alto entre 60 y 80 cm.

Con la finalidad de prevenir enfermedades fungosas ocasionadas por los patógenos *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Erwinia*, *Botrytis* y *Phytium sp.*, los rizomas fueron desinfectados previos a la plantación, en una solución de Mancozeb® + Tecto® 60 a razón de 1 y 2 g L⁻¹ de agua respectivamente, durante 15 min. Posteriormente, los rizomas se introdujeron en una solución de 100 mg L⁻¹ de ácido giberélico, por 15 min para asegurar la floración de acuerdo a lo descrito por Corr y Widmer (1991).

2.5.3 Sustrato utilizado

El sustrato utilizado fue una mezcla de tezontle de 3 mm + Perlita (Agrolita®) en una proporción 60:40 (v/v) respectivamente; ambos materiales son inertes.

2.5.4 Plantación

Los rizomas fueron plantados en una bolsa de polietileno negro (25 x 25 x 13 cm) conteniendo el sustrato previamente indicado.

2.5.5 Manejo de riegos

Los riegos se realizaron dos veces por semana, aplicando 250 mL por bolsa; durante las primeras dos semanas se regó con agua únicamente. A partir de la tercera semana se inició el suministro de la solución nutritiva, en función del tratamiento correspondiente en cada etapa fenológica.

2.5.6 Diseño de tratamientos

En esta investigación se evaluaron en etapa vegetativa tres soluciones nutritivas, con diferente concentración de N (0.185, 0.514 y 0.843 g L⁻¹). De cada una de estas soluciones se regaron 3 L por planta, este volumen se fraccionó en 12 riegos distribuidos durante seis semanas (dos riegos a la semana, de 250 mL cada uno). Tres litros de cada solución, corresponden a las dosis de N de 0.5, 1.5 y 2.5 g planta⁻¹, respectivamente.

En la etapa reproductiva se evaluaron tres soluciones nutritivas, mismas que tenían diferente concentración de K (1.333, 1.998 y 2.663 g L⁻¹), también de éstas se suministraron 3 L en un lapso de seis semanas, realizándose dos riegos semanales de 250 mL cada uno. Las concentraciones de 3 L de las soluciones antes referidas, corresponden a tres dosis de K en etapa reproductiva 4, 6 y 8 g planta⁻¹, respectivamente.

En ambas etapas, las modificaciones en las concentraciones de N y K, se hicieron tomando como base la formulación de la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984), misma que fue preparada con reactivos grado analítico de las marcas J. T. Baker y Fermont. La concentración de las soluciones nutritivas evaluadas en cada etapa fenológica es presentada en el **Cuadro 2**.

Cuadro 2. Concentraciones (g L⁻¹) de las soluciones nutritivas empleadas en cada etapa fenológica, en función de las variaciones en la dosis de N y K.

N en etapa vegetativa (g planta⁻¹)	N	P	S	K	Ca	Mg
0.5	0.185	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
1.5	0.514	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
2.5	0.843	0.204	0.493	1.290	0.398	0.053
K en etapa reproductiva (g planta⁻¹)	N	P	S	K	Ca	Mg
4	0.185	0.034	0.547	1.333	0.198	0.053
6	0.185	0.034	0.547	1.998	0.198	0.053
8	0.185	0.034	0.547	2.663	0.198	0.053

Las soluciones nutritivas fueron complementadas con micronutrientes en las siguientes concentraciones (mg L^{-1}): Fe 4.98, Mn 2.33, Zn 0.47, Cu 0.19, B 0.43 y Mo 0.17; suministrados a partir del producto comercial Tradecorp® AZ. El pH de las soluciones fue ajustada a 5.5 con H_2SO_4 1 N.

Los tratamientos evaluados fueron nueve, que son resultado de la combinación de tres dosis de N y tres de K empleadas en etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente. Los tratamientos fueron ensayados en cada una de las dos especies de *Zantedeschia*, en experimentos independientes.

2.5.7. Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con diez repeticiones por tratamiento en cada especie, teniéndose un total de 90 unidades experimentales.

La unidad experimental fue una planta contenida en una bolsa de polietileno negro.

2.5.8 Variables evaluadas

En los dos cultivares se evaluó lo siguiente:

2.5.8.1 Parámetros de crecimiento

Se evaluaron los siguientes parámetros de crecimiento de acuerdo a lo descrito por Ramírez-Martínez (2006).

Altura de planta (cm). Se midió desde la base del tallo hasta la hoja más alta a los 15, 22, 30, 38, 45 y 52 días después de la plantación (ddp) de los rizomas usando cinta métrica.

Diámetro de tallo (cm). Se midió utilizando un vernier, en tres posiciones (apical, media y basal) en los tallos de la especie *Zantedeschia elliotiana* cv. Solar Flare. En *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano, esta determinación se realizó solo en la parte media, dada la menor longitud de tallo de esta especie. En ambas especies esta evaluación se realizó al momento en que registró la plena floración (considerada cuando la espata presentaba su máxima apertura).

Biomasa fresca (g). Al momento de la cosecha se cortó la parte aérea de la planta y se dividió en hojas, tallos y flores, para inmediatamente pesarlos en una balanza digital (Mod. EK 3052-P, cap. 5 kg/11 lb). La cosecha del rizoma se realizó ocho días después que la parte aérea y se registró su peso fresco.

Biomasa seca (g). Después de la cosecha cada uno de los órganos de la planta (hojas, tallos, flores y rizomas) fueron sometidos a secado en una estufa con circulación de aire forzado (modelo EAAF) a una temperatura de 70 °C hasta alcanzar un peso constante. Posteriormente se pesó cada uno de los órganos en una balanza digital.

2.5.8.2 Parámetros de calidad de espata

Ancho de espata (cm). Se registró considerando la parte más ancha de la espata al momento de la plena floración (máxima apertura de espata).

Longitud de espata (cm). Se midió desde la punta hasta la base con una cinta métrica (plena floración).

2.5.8.3 Variables del ciclo fenológico

Inicio de floración (días). Se consideró el tiempo transcurrido desde la plantación del rizoma, hasta la aparición de la primera espata por planta. El inicio de la floración fue considerado cuando se observó coloración en las espatas; esto es, para *Zantedeschia albomaculata* cv. Captain Murano cuando se presentó coloración roja-anaranjada y para *Z. elliotiana* cv. Solar Flare una coloración amarilla-verde limón.

Inicio de senescencia (días). Se consideró el tiempo transcurrido desde la plantación del rizoma, hasta que la espata inició con la pérdida de su color característico. Las espatas de *Z. albomaculata* cv. Captain se tornaron de rojo-naranja a una coloración marrón; *Z. elliotiana* cv. Solar Flare cambió de amarillo-verde limón a verde intenso.

Vida de flores en maceta (días). Se registró el número de días que transcurrieron desde el inicio de la floración hasta el inicio de la senescencia.

2.5.8.4 Variables fisiológicas

Los muestreos para determinar las variables fisiológicas, se realizaron en el siguiente orden; el primer muestreo para el caso del *Z. albomaculata* fue a los 34 días después de la plantación, mientras que para *Z. elliotiana* fue a los 50 días; el segundo muestreo fue a los 66 días y el tercero a los 83 días después de la plantación del rizoma en ambas especies. Se determinaron las concentraciones foliares de clorofilas a, b y total; de aminoácidos solubles totales y de proteínas solubles totales. En espata se determinó la concentración de azúcares solubles totales. A continuación se precisan las metodologías empleadas en cada caso.

Concentración de clorofila (mg g⁻¹ PF). Se determinó en hojas por el método de Harborne (1973), la lectura de las muestras se realizó en un espectrofotómetro (Spectronic, Genesys™ serie 10uv. EU), con una absorbancia de 663 y 645 nm. Las concentraciones de clorofilas a, b y total se estimaron usando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Clorofila a} = \frac{(12.7 (A_{663}) - 2.59 (A_{645})) * V}{1000 * P}$$

$$\text{Clorofila b} = \frac{(22.9 (A_{645}) - 4.70 (A_{663})) * V}{1000 * P}$$

$$\text{Clorofila total} = \frac{(8.20 (A_{663}) + 20.2 (A_{645})) * V}{1000 * P}$$

Donde:

A = Absorbancia, los subíndices indican la longitud de onda (645 y 663 nm).

V = Volumen aforado (mL⁻¹)

P = Peso de muestra (g)

1000 = Factor de conversión

Por tanto, la concentración está expresada en **mg de clorofila g⁻¹ PF**

Aminoácidos solubles totales ($\mu\text{M g}^{-1}$ PF). Se realizó una extracción etanólica siguiendo la metodología de Geiger *et al.* (1998). En los extractos obtenidos por el método de la ninhidrina (Moore y Stein, 1954) se evaluó la concentración de aminoácidos solubles totales, utilizando leucina para la elaboración de la curva de calibración; las lecturas de los extractos se realizaron a una longitud de onda de 570 nm en un espectrofotómetro (Spectronic, Genesys TM serie 10uv. EU). La **Figura 1** muestra los resultados de la curva de calibración para aminoácidos.

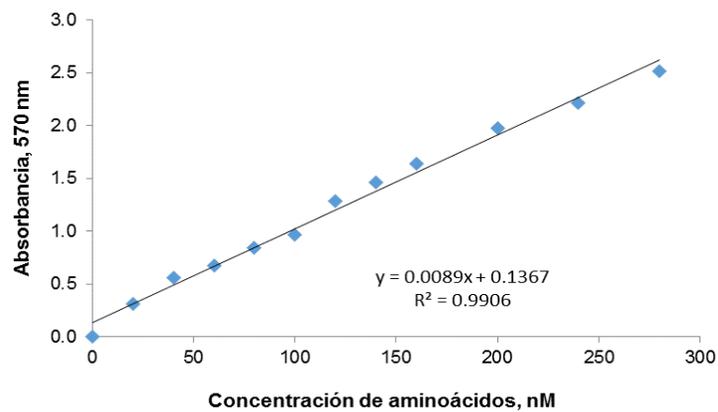


Figura 1. Curva estándar de aminoácidos

Proteínas solubles totales ($\mu\text{g g}^{-1}$ PF). La extracción de proteínas se hizo de acuerdo a lo descrito por Höfner *et al.* (1989). Para la cuantificación de éstas se utilizó una solución de negro de amino y como estándar albumina de suero bovino para la elaboración de la curva de calibración (**Figura 2**). La lectura de las muestras se realizó con una absorbancia de 640 nm en un espectrofotómetro (Spectronic, GenesysTM serie 10uv. EU).

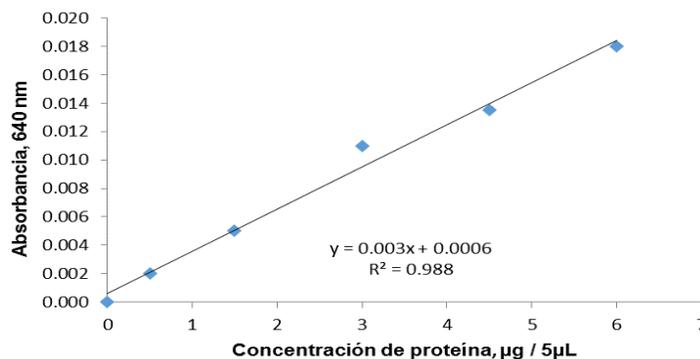


Figura 2. Curva estándar de proteínas

Azúcares solubles totales (mg g^{-1} PF). Se determinó en espata, como referencia se utilizó el método descrito por Southgate (1976) con antrona, ácido sulfúrico y alcohol etílico al 80%. La glucosa se utilizó como estándar en la elaboración de la curva de calibración (**Figura 3**). La absorbancia se midió a una longitud de onda de 600 nm en un espectrofotómetro (Spectronic, GenesysTM serie 10uv. EU).

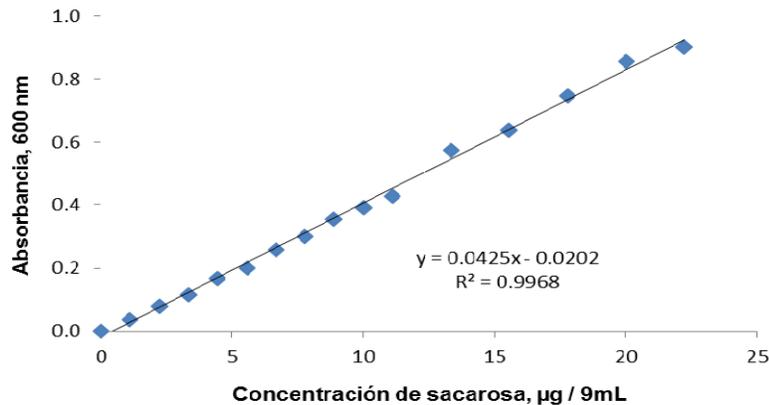


Figura 3. Curva estándar de azúcares

Para determinar el contenido de azúcares totales, únicamente se aplicó la ecuación obtenida en la curva estándar, sustituyendo valores considerando que:

y = Absorbancia (nm)

x = Concentración de azúcares (dato no conocido)

El contenido de azúcares totales (x), se expresa en mg g^{-1} PF.

Nota: Estos cálculos son los mismos que se siguen para obtener proteínas y aminoácidos solubles totales.

2.5.8.5 Concentración y acumulación nutrimental

Una vez secas las muestras de hojas, tallos, flores y rizomas, éstas se molieron en un molino tipo Krups GX4100 de acero inoxidable. La concentración de N total se determinó empleando el método Semimicro-Kjeldahl (Bremner, 1965) utilizando ácido sulfúrico-salicílico para la digestión de las muestras. La determinación de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, B se llevó a cabo mediante digestión húmeda del material seco con una mezcla de ácidos perclórico y nítrico (Alcántar y Sandoval, 1999). La lectura de los

extractos obtenidos después de la digestión y filtrado se determinaron en el equipo Optical Emission Spectrometer (ICP), modelo Varian 725-ES.

2.5.9 Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$ %) empleando el software Statistical Analysis System (SAS, 2002).

2.6. Resultados y discusión

2.6.1 Parámetros cuantitativos

2.6.1.1 Altura de planta (cm)

La altura de planta registrada en los cuatro muestreos realizados (30, 38, 45 y 52 ddp) en ambas especies se presenta en las **Figuras 4, 5, 6 y 7**. La especie *Z. albomaculata* no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en altura de planta a lo largo del ciclo. Por el contrario, la altura de planta de la especie *Z. elliotiana*, si fue influenciada por los tratamientos. A los 30 ddp, las mayores alturas se registraron en el tratamiento con la dosis más baja de N ($0.5 \text{ g planta}^{-1}$); no obstante solo superó estadísticamente a una de las repeticiones del tratamiento con dosis media de N (**Figura 4**).

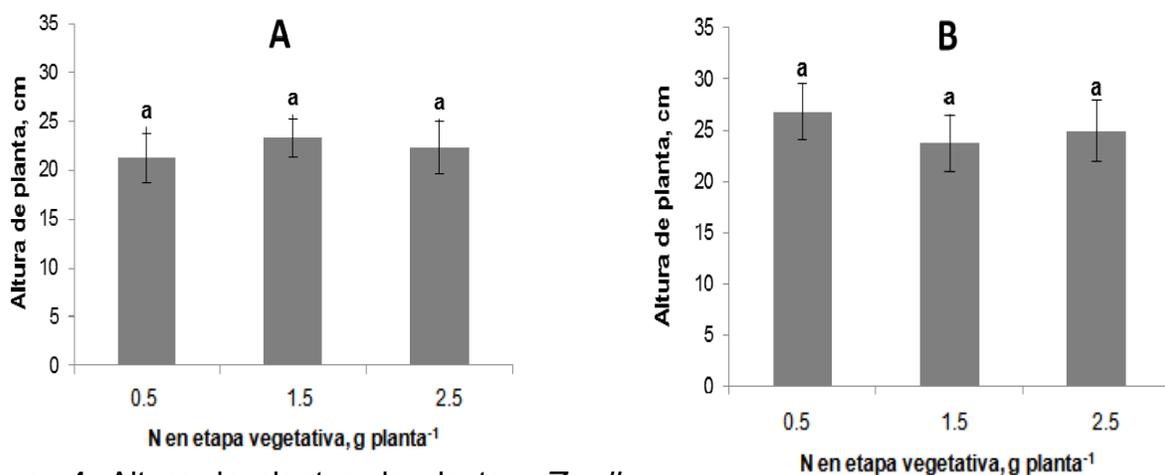


Figura 4. Altura de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), a los 30 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En los tres muestreos restantes, en *Z. elliotiana*, se registró mayor altura de planta con el suministro más bajo de N y de K. Coincidentemente con lo aquí obtenido, Devecchi y Remotti (2003), evaluaron en *Zantedeschia aethiopica*, la aplicación de N durante dos años, en el cual el primer año no hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en la altura de planta. Por otra parte, Jin (2007) encontró que la aplicación de N, incrementa la altura de planta, número de hojas y el área foliar, entre otros parámetros de crecimiento. Asimismo, Dias (2010) en alcatraz blanco, reporta que al incrementarse las dosis de N, la altura de planta es mayor.

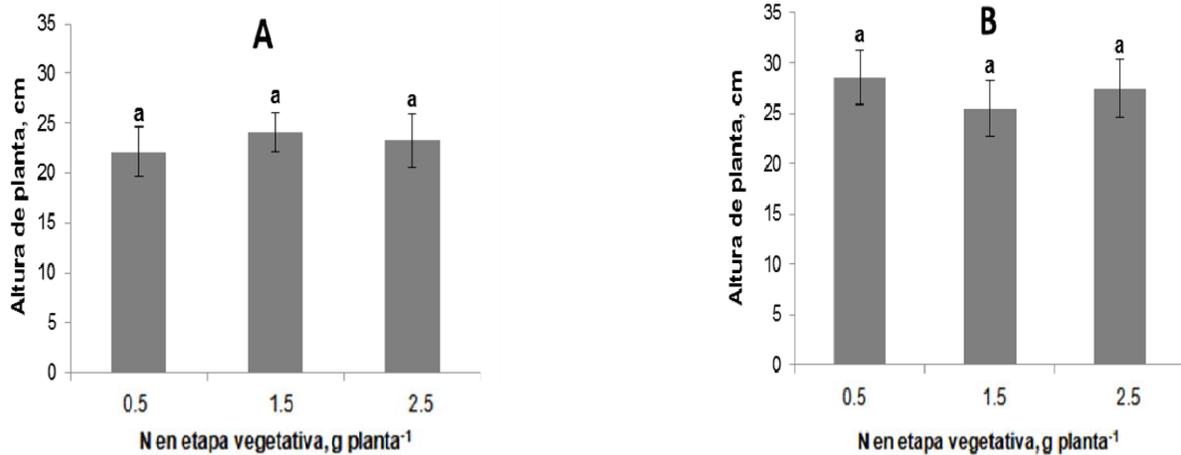


Figura 5. Altura de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), a los 38 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

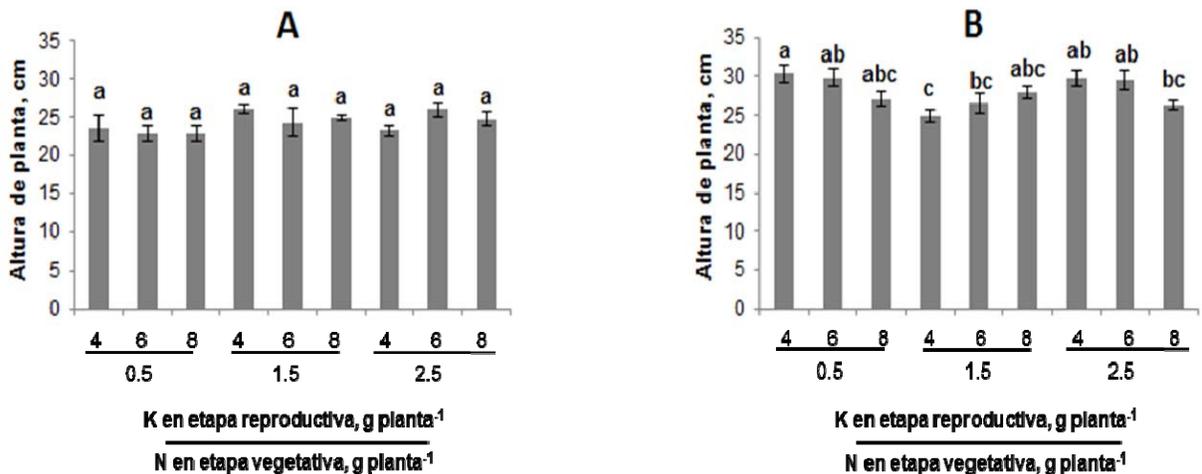


Figura 6. Altura de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), a los 45 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

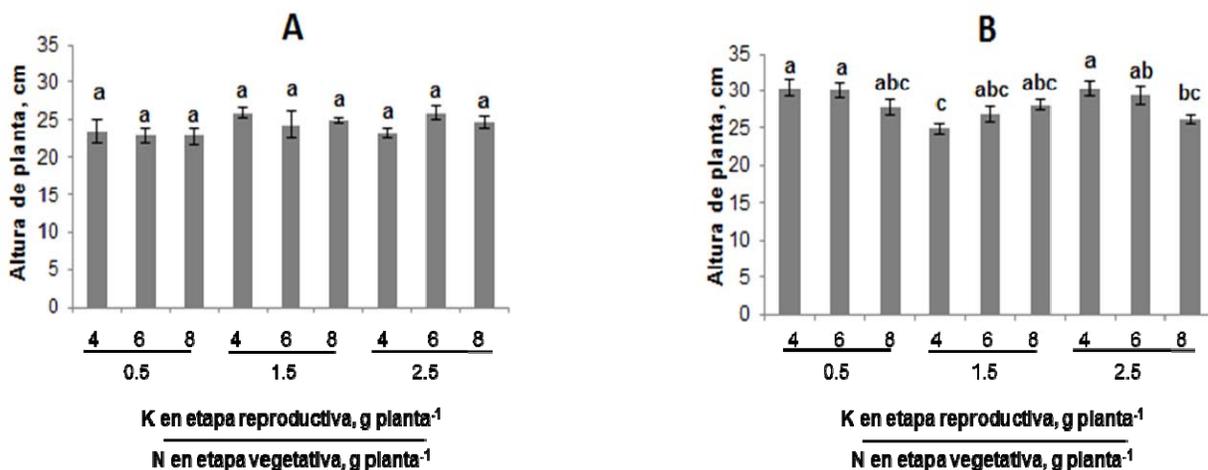


Figura 7. Altura de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), a los 52 días después de la plantación de los rizomas en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.2 Longitud de espata (cm)

La longitud de espatas de la especie *Z. albomaculata*, fue estadísticamente diferente entre tratamientos; por el contrario, en *Z. elliotiana* se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos, registrándose la media más alta de esta variable en el tratamiento consistente en las dosis bajas de N y K en fases vegetativa y reproductiva, respectivamente. De manera general, se observaron mayores longitudes de espata con la dosis baja de N (**Figura 8**). Cruz *et al.* (2008) refieren que el N y K promueven el tamaño de la espata (largo y ancho). El N además de ser importante en el crecimiento vegetativo, también lo es en la producción y calidad de flores. Así, los resultados obtenidos en esta investigación, podrían deberse a que bajos niveles de nitrógeno se absorben, se translocan hacia tallos y hojas de la planta, y se asimilan de manera más eficiente (Pereyra, 2001); por tanto, esta condición permitió tener una mayor apertura y longitud de espata en comparación con las dosis altas.

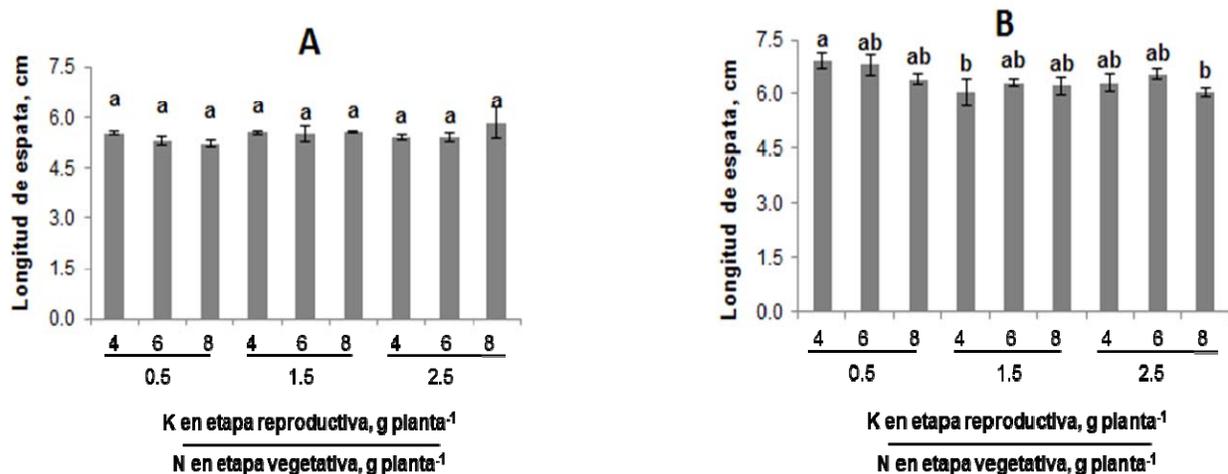


Figura 8. Longitud de espata de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.3 Ancho de espata (cm)

Los resultados obtenidos en longitud de espata, son consistentes con los obtenidos en el parámetro ancho de espata como se observa en la **Figura 9**. El ancho de espata para *Z. albomaculata*, no presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; por otra parte, en *Z. elliotiana* se observa que con las dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y de 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva se obtienen espatas más anchas.

Devecchi y Remotti (2003) reportaron en *Zantedeschia aethiopica*, que con la dosis alta de .71 g planta⁻¹ de N se producen espatas más anchas y de mayor longitud; contrario a lo obtenido en esta investigación. Cruz *et al.* (2008) reportan también que la aplicación de N y K, en una dosis de 4 g L⁻¹, en alcatraz Green Goddess incrementan el ancho y longitud de la espata.

Por otra parte, y de manera similar a los efectos de N aquí observados en la calidad de espata, Fong y Chung (2003) reportaron que la longitud y diámetro de espata se incrementaron con la dosis más baja de N (150 kg ha⁻¹), en *Zantedeschia albomaculata* var. Black Magic.

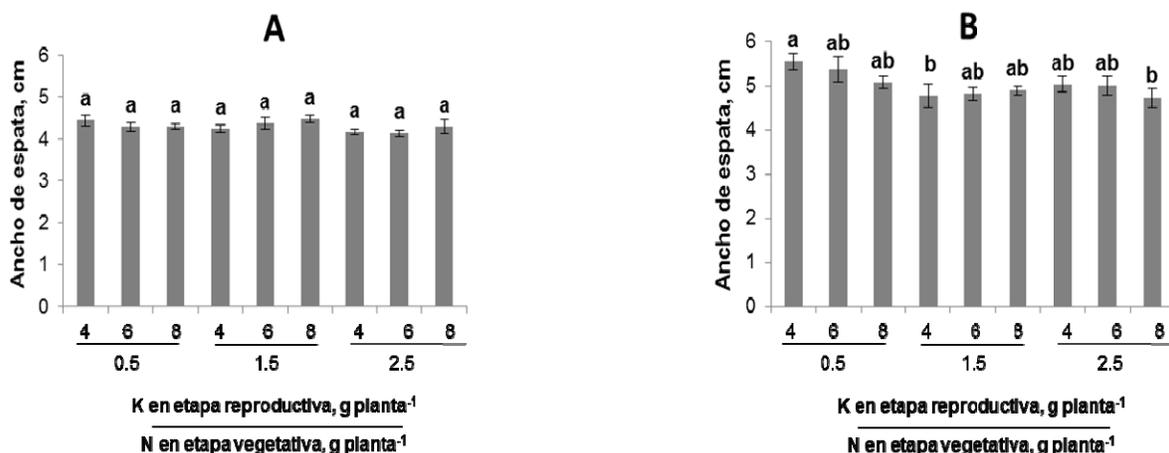


Figura 9. Ancho de espata de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.4 Diámetro apical, medio y basal de tallos florales

La **Figura 10** muestran los valores de diámetro apical y basal de tallos florales de la especie *Z. elliotiana*. En ambas variables es evidente el efecto positivo la dosis bajas de N ($0.5 \text{ g planta}^{-1}$) en combinación con las dosis baja y media de K ($4 \text{ y } 6 \text{ g planta}^{-1}$). Asimismo se observa que con la dosis más alta de N, los diámetros basal y apical se reducen con el aumento en la dosis de K.

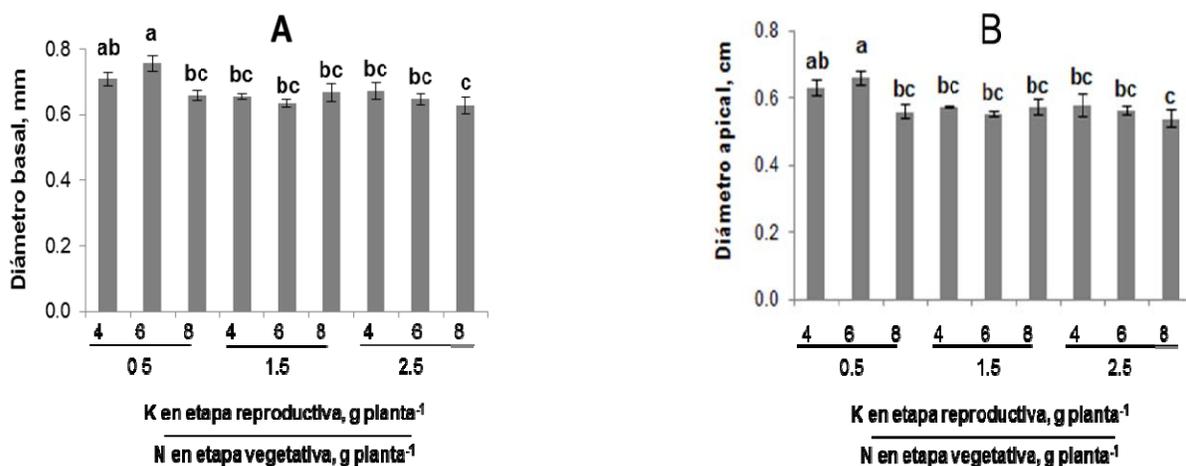


Figura 10. Diámetro de tallos florales en posición basal (A) y apical (B) de plantas de alcatraz *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata*, se midió solamente el diámetro medio de tallo debido al menor porte de la planta (**Figura 11A**). En esta variable existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; observándose una tendencia positiva a medida que se incrementan tanto las concentraciones de N como de K en fases vegetativa y reproductiva, respectivamente; teniéndose los mayores diámetros medios en los tratamientos con suministro de 2.5 g planta⁻¹ de N en fase vegetativa y de 6 y 8 g planta⁻¹ de K en fase vegetativa, con valores de 0.57 y 0.56 cm, respectivamente. En *Z. elliotiana* (**Figura 11B**) se observan tendencias contrarias en diámetro medio de tallo; es decir, con la dosis baja de N y las baja y media de K se obtuvieron los tallos florales con mayores valores en diámetro medio.

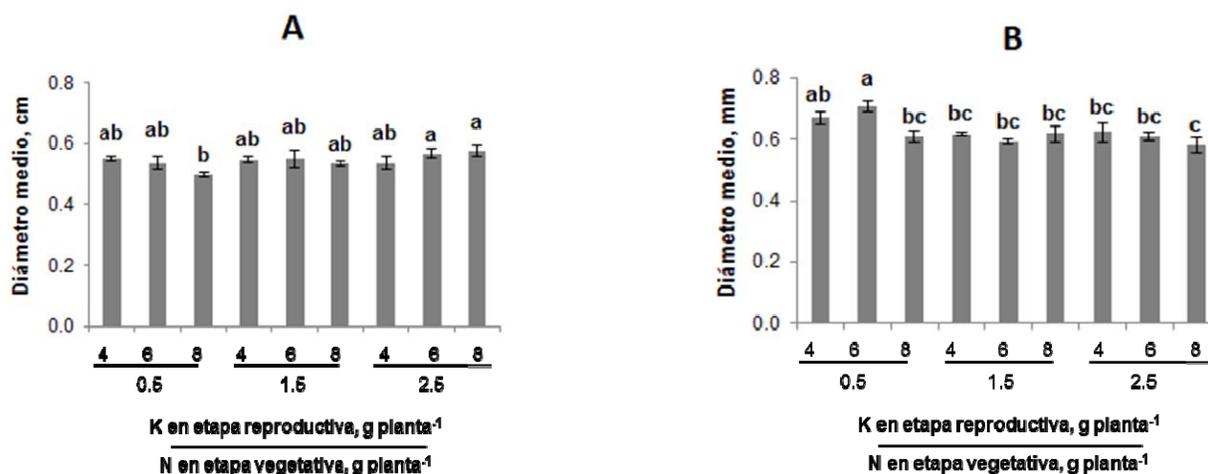


Figura 11. Diámetro medio de tallos de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

El diámetro de tallo es un parámetro importante en la calidad de las flores, dado que tiene una función importante en la comercialización de éstas (Ansari *et al.*, 2011), siendo deseable tallos más gruesos, dado que la resistencia mecánica es una característica importante de éstos, no solo en la conformación de la estructura de la planta, sino también tienen una papel importante en la flexión o rotura del vástago (Zhao *et al.*, 2012).

2.6.1.5 Biomasa fresca (g)

2.6.1.5.1 Peso fresco de flores por planta

El peso fresco de flor en ambas especies presentó diferencias estadísticas significativas (Figura 12).

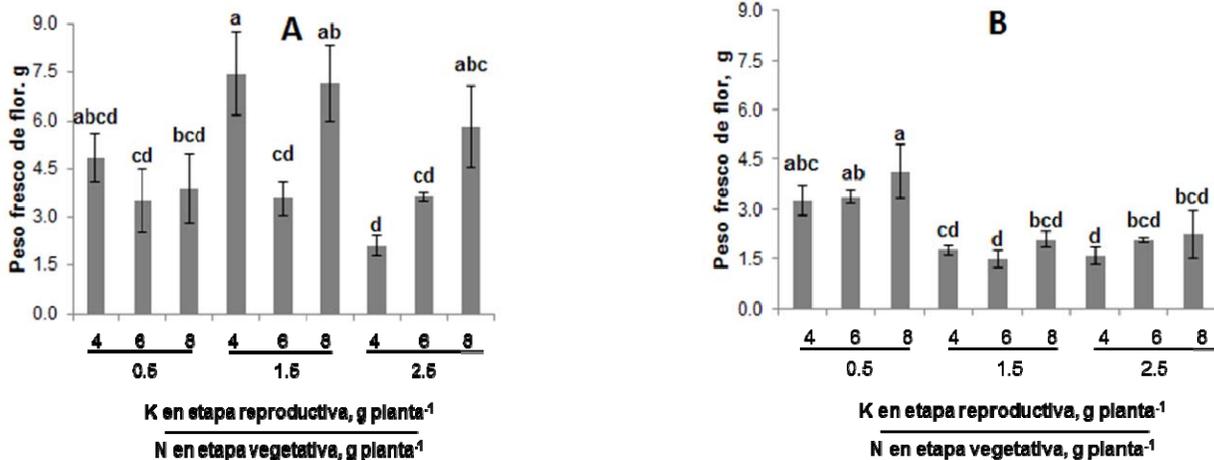


Figura 12. Peso fresco de flor de las plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata* se observa que la dosis media de N ($1.5 \text{ g planta}^{-1}$) y la baja de K (4 g planta^{-1}), produjeron el mayor peso fresco de flor ($7.3 \text{ g planta}^{-1}$); así también se observa, que en esta especie se tuvo la mayor producción de biomasa fresca de flores, independientemente de los tratamientos evaluados (Figura 12A).

En *Z. elliotiana* (Figura 12B), con las dosis de $0.5 \text{ g planta}^{-1}$ de N y 8 g planta^{-1} de K, se obtuvo el mayor peso fresco de flor ($4.1 \text{ g planta}^{-1}$), en esta especie se observa que un incremento en la dosis de N en etapa vegetativa y de K en etapa reproductiva, disminuye la producción de biomasa fresca en flores.

2.6.1.5.2 Peso fresco de hojas por planta

El peso fresco de hojas en *Z. albomaculata* no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Figura 13A); contrario a lo obtenido en *Z. elliotiana* (Figura 13B). En esta última especie el mayor peso fresco de hojas por planta se tuvo en el tratamiento consistente en el suministro de $2.5 \text{ g planta}^{-1}$ de N y de 8 g planta^{-1} de

K, con un peso promedio de 7.9 g planta⁻¹; así en *Z. elliotiana* se observa de manera general, que conforme se incrementan las dosis de N y K en cada etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente, se incrementa el peso fresco de hojas.

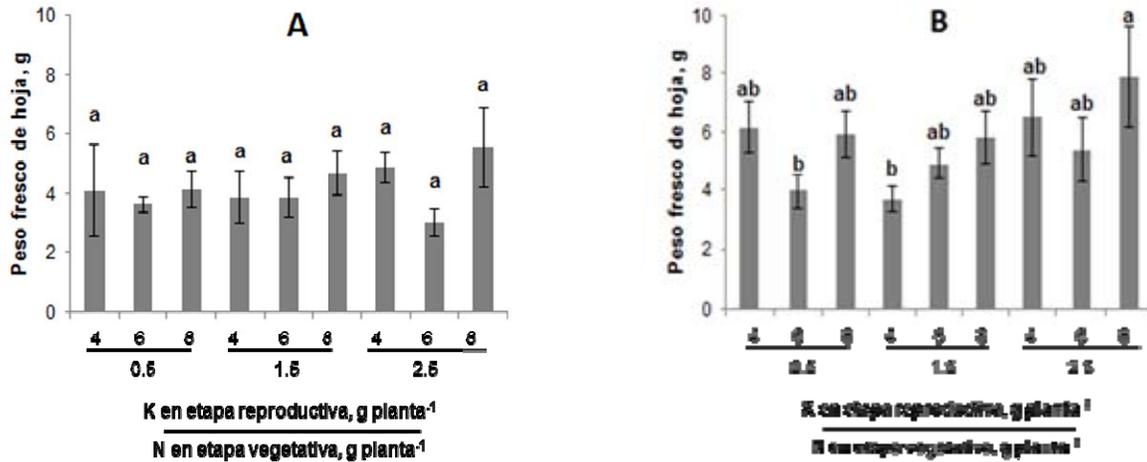


Figura 13. Peso fresco de hoja en plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.5.3 Peso fresco de tallos por planta

El peso fresco de tallos por planta es considerablemente superior en la especie *Z. elliotiana*, en comparación con *Z. albomaculata* como se observa en los resultados presentados en la **Figura 14**.

En *Z. albomaculata*, existieron diferencias estadísticas por efecto de tratamientos en el peso fresco de tallos; donde se observa que existe una relación positiva entre esta variable y las dosis de N y K adicionadas; siendo por tanto, el tratamiento consistente en la adición de 2.5 g planta⁻¹ de N en fase vegetativa, y 8 g planta⁻¹ de K en fase reproductiva, con un valor medio de 12.4 g (**Figura 14A**).

En *Z. elliotiana*, se presentaron también diferencias estadísticas por efecto de tratamientos. El tratamiento con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N en fase vegetativa y de 8 g planta⁻¹ de K en fase reproductiva, tuvo el mayor peso fresco de tallos (17.5 g); no obstante, este valor no es estadísticamente es estadísticamente diferente solo al tratamiento consistente en la dosis media de N (1.5 g planta⁻¹) y la dosis baja de K (4 g planta⁻¹) (**Figura 14B**).

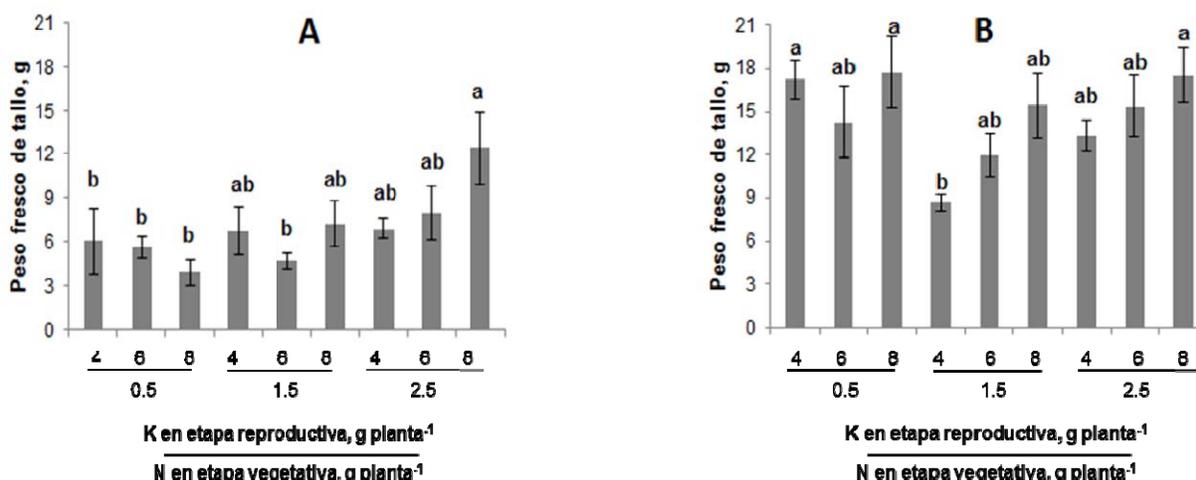


Figura 14. Peso fresco de tallo de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.5.4 Peso fresco de rizomas por planta

Contrario a los resultados de pesos en fresco de hojas y tallos por planta, donde *Z. albomaculata* mostró valores menores que *Z. elliotiana*; el peso fresco de rizomas es, de manera similar al peso en fresco de flores, considerablemente superior en *Z. albomaculata*, independientemente del tratamiento evaluado (**Figura 15**), considerando que esto se debe a que los bulbos iniciales de esta especie fueron de mayor tamaño.

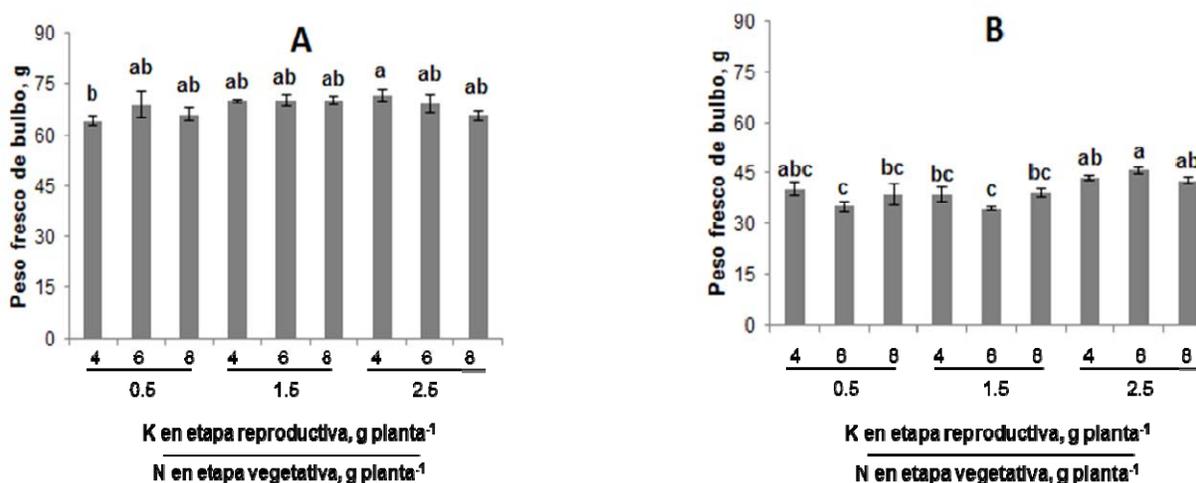


Figura 15. Peso fresco de rizoma de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada y potásica en etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata*, el tratamiento con el cual se obtuvo el mayor peso en fresco de tallos, fue el consistente en las dosis de N y K de 2.5 y 4 g planta⁻¹, respectivamente; con un peso de 71.6 g (**Figura 15A**). En *Z. elliotiana*, el mejor tratamiento fue de 2.5 g planta⁻¹ de N y de 6 g planta⁻¹ de K, con un peso de 45.7 g (**Figura 15B**). En ambas especies se observan las mismas tendencias generales en el peso fresco de rizomas: el incremento en las dosis de N y K, aumenta el peso fresco del rizoma. Cruz *et al.* (2008), reportaron que con una aplicación foliar de N y K, se obtienen mejores tallos florales en la variedad Green Goddess de *Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng.

2.6.1.5.5 Peso fresco total por planta

En *Z. albomaculata*, el peso fresco total no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 16A**). En la especie *Z. elliotiana*, se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos; observándose que el peso fresco total fue mayor en el tratamiento con las dosis de N y K más altas evaluadas en esta investigación (70.3 g); por el contrario, el menor peso fresco total fue registrado de manera general en los tratamientos con la dosis intermedia de N (**Figura 16B**).

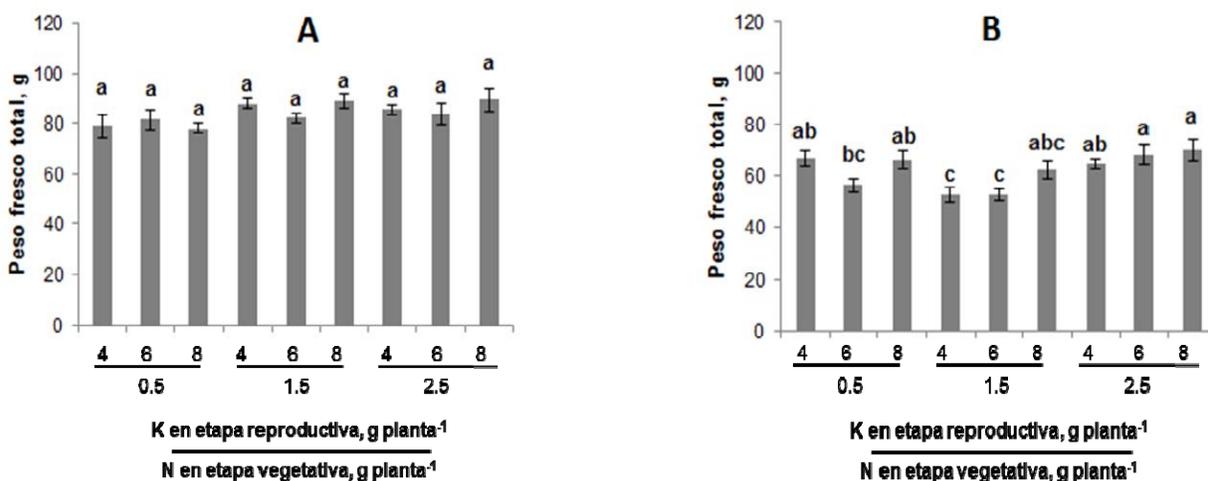


Figura 16. Peso fresco total de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.6 Biomasa seca

2.6.1.6.1 Peso seco de flores por planta

El peso seco de flor en ambas especies mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 17**); asimismo, es importante notar que el peso seco de flores, se relacionó en ambas especies de manera negativa con el peso en fresco de flores (**Figura 12**).

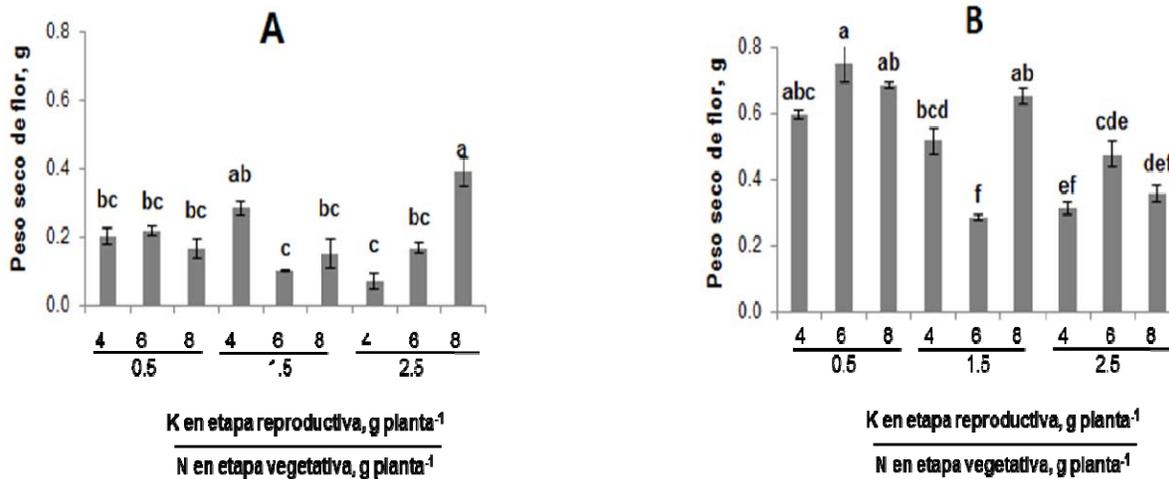


Figura 17. Peso seco de flor de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata*, el peso seco de flor se incrementó conforme se aumentó las dosis de N y K, siendo la dosis más alta de N y K el mejor tratamiento con 0.39 g (**Figura 17A**). Por el contrario, en *Z. elliotiana* se observó que los pesos secos de flor disminuyeron conforme se incrementaban las dosis de N y K en etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente; por tanto, el tratamiento de esta especie con mayor peso seco de flores fue el de 0.5 y 6 g planta⁻¹ de N y K, respectivamente, con un valor medio de 0.75 g (**Figura 17B**).

2.6.1.6.2 Peso seco de hojas por planta

En ambas especies, el peso seco de hoja fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 18**); obteniéndose en *Z. albomaculata* el mayor peso seco de hojas en el tratamiento con dosis altas de N y K (2.5 y 8 g planta⁻¹, respectivamente),

con un valor medio de 0.38 g; asimismo en esta especie es evidente el efecto positivo de altas dosis de N en el peso seco de hojas (**Figura 18A**). En *Z. elliotiana*, el peso seco de hojas fue mayor con la aplicación de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa, independientemente de la dosis de K aplicada en etapa reproductiva (**Figura 18B**).

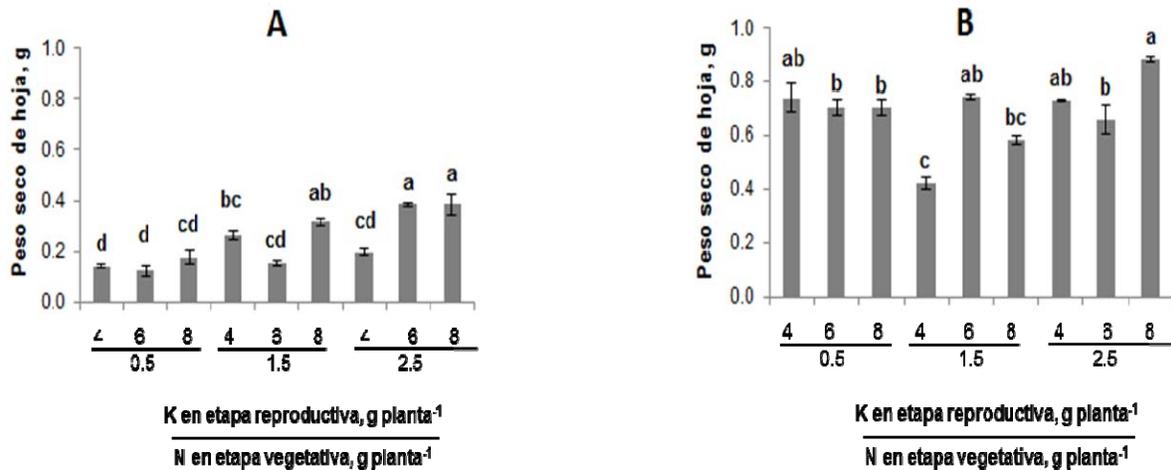


Figura 18. Peso seco de hoja de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.6.3 Peso seco de tallos por planta

En *Z. albomaculata*, el peso seco de tallo presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, registrándose una relación directa entre las dosis de N y K y el peso seco de tallos (**Figura 19A**). En *Z. elliotiana*, de manera contrario, se tuvieron mayores valores de peso seco de tallos por planta, en el tratamiento con las dosis más bajas de N y K (0.5 y 4 g planta⁻¹, respectivamente), con un valor medio de 1.55 g (**Figura 19B**).

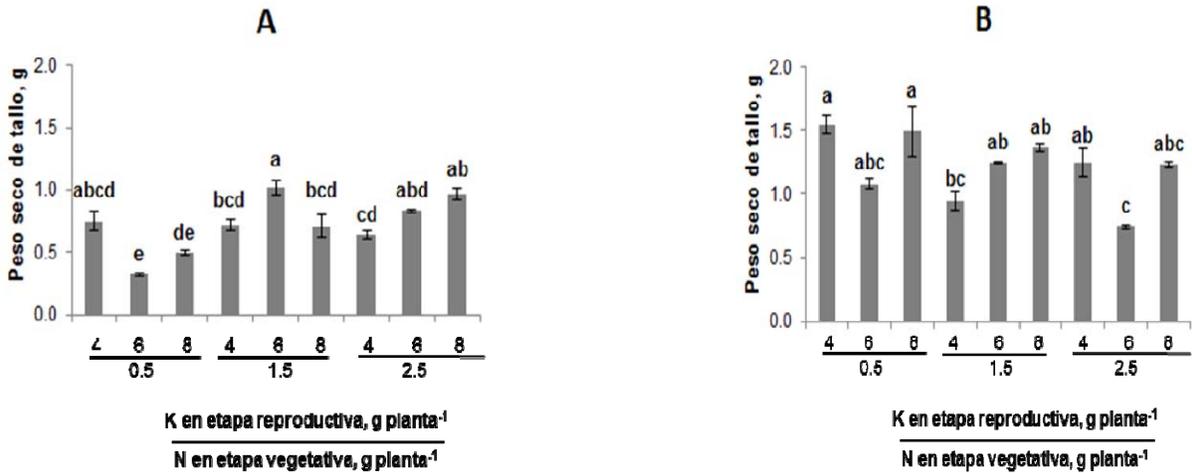


Figura 19. Peso seco de tallo de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.6.4 Peso seco de rizomas por planta

En *Z. albomaculata*, el peso seco de rizoma presentó diferencias estadísticas entre tratamientos; observándose una relación negativa entre éste y las dosis de N y K (**Figura 20A**). En *Z. elliotiana*, si bien el mayor peso seco de rizoma se tuvo en el tratamiento consistente en la aplicación de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 8 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva (1.42 g), de manera general se observan relaciones inversas entre esta variable y las dosis de N y K (**Figura 20B**).

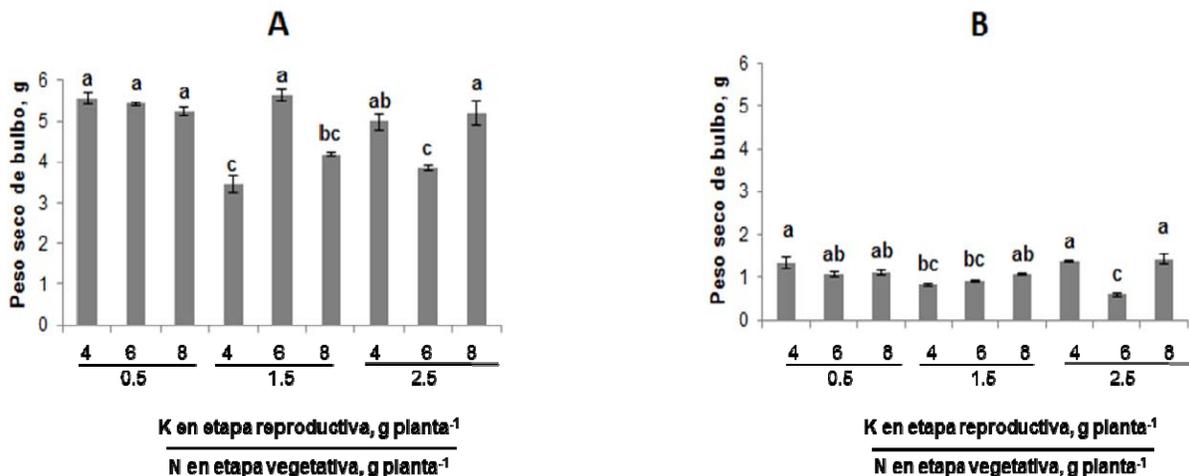


Figura 20. Peso seco de rizomas de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.1.6.5 Peso seco total por planta

En *Z. albomaculata*, el peso seco total presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos como se observa en la **Figura 21A**, con el peso seco total más alto (7.16 g) con las dosis más altas de N y K (2.5 y 8 g planta⁻¹ respectivamente). Esta especie tuvo mayor peso seco total que *Z. elliotiana*. Se observó en la especie *Z. elliotiana*, que el peso seco total tiende a disminuir conforme se incrementan las dosis de N y K en etapas vegetativa y reproductiva, respectivamente. De esta manera, el mayor peso seco total (4.53 g) se registró con las dosis más bajas de N y K aplicadas en cada etapa (**Figura 21B**).

Marschner (2005), reporta que el nitrógeno contribuye con el 15 al 20% de la materia seca de la planta; la acumulación de materia seca en tubérculo y vástago más alta se obtuvo con la aplicación de dosis altas de nitrógeno, en *Z. albomaculata* var. Black Magic una dosis de 150 kg de N ha⁻¹ (Fong y Chung, 2003).

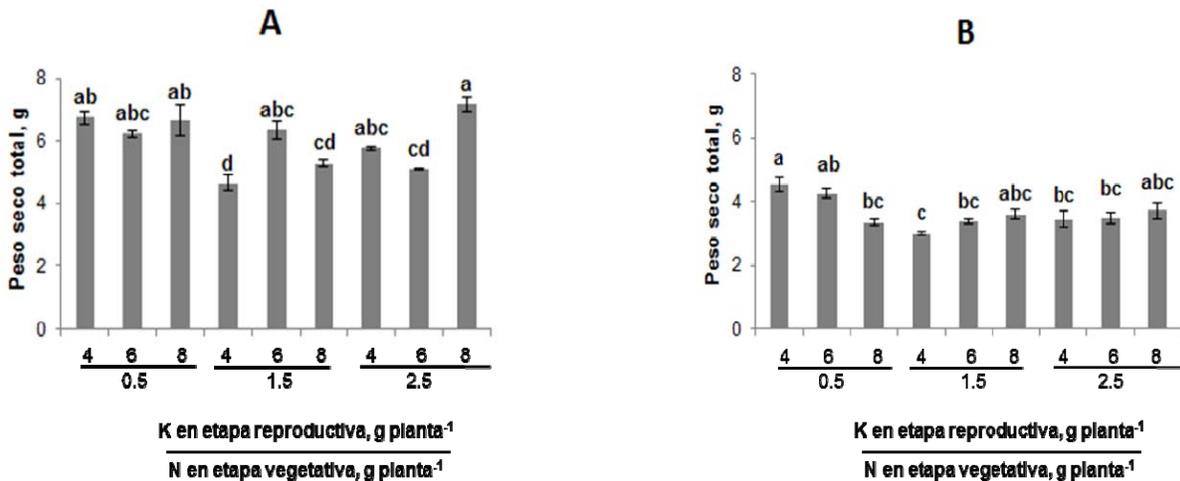


Figura 21. Peso seco total de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2 Parámetros cualitativos

2.6.2.1 Inicio de floración (días)

La floración en *Z. albomaculata* inició 36 ddp con una dosis de N de 2.5 g planta⁻¹ en etapa vegetativa y 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva; asimismo, se observó que a

mayor dosis de K se retrasa la floración, independientemente de la dosis de N empleada (**Figura 22A**).

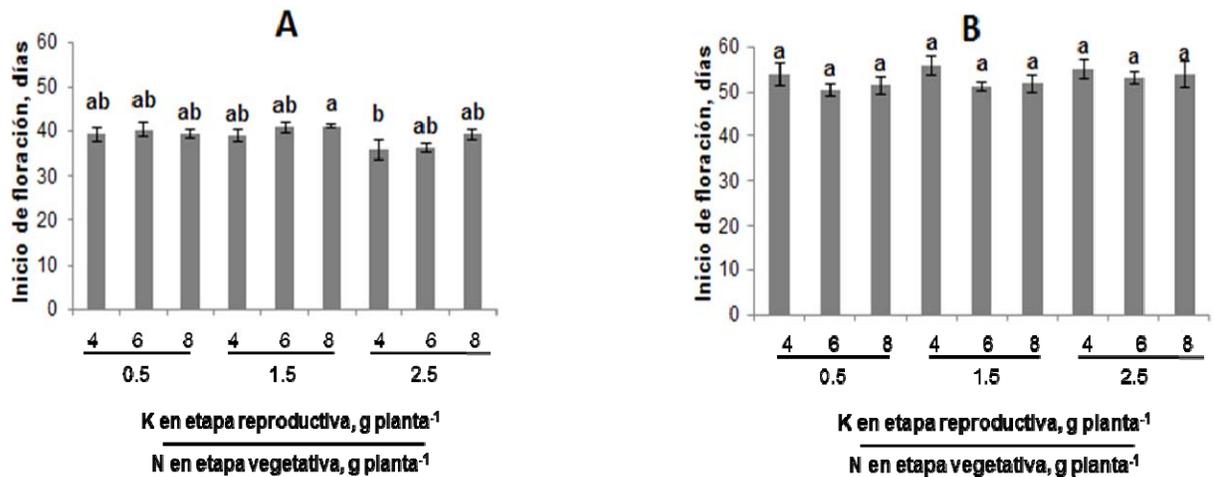


Figura 22. Inicio de la floración en plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. elliotiana*, no hubo diferencias estadísticas significativas en el inicio de floración entre los tratamientos evaluados (**Figura 22B**), teniéndose en promedio que la floración en esta especie inicio 53 ddp.

2.6.2.2 Inicio de senescencia (días)

El inicio de la senescencia fue estadísticamente diferente entre tratamientos en la especie *Z. albomaculata*, iniciando a los 69 ddp cuando se suministraron 0.5 y 8 g planta⁻¹ de N y K, respectivamente. Se observa en esta especie que, altas dosis de N en etapa vegetativa aceleran el inicio de senescencia (**Figura 23A**).

La especie *Z. elliotiana* no mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el inicio de la senescencia, teniendo en promedio el inicio de senescencia a los 76 ddp (**Figura 23B**).

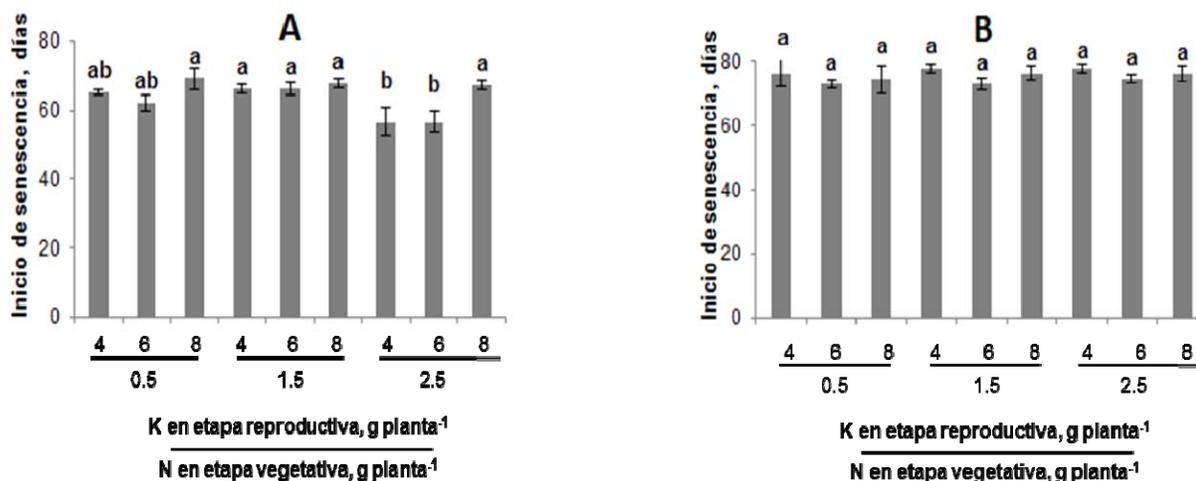


Figura 23. Inicio de senescencia en plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.3 Vida en maceta (días)

La vida en maceta en ambas especies fue estadísticamente diferente entre tratamientos (**Figura 24**); no obstante, no existen tendencias definidas en función de los tratamientos evaluados.

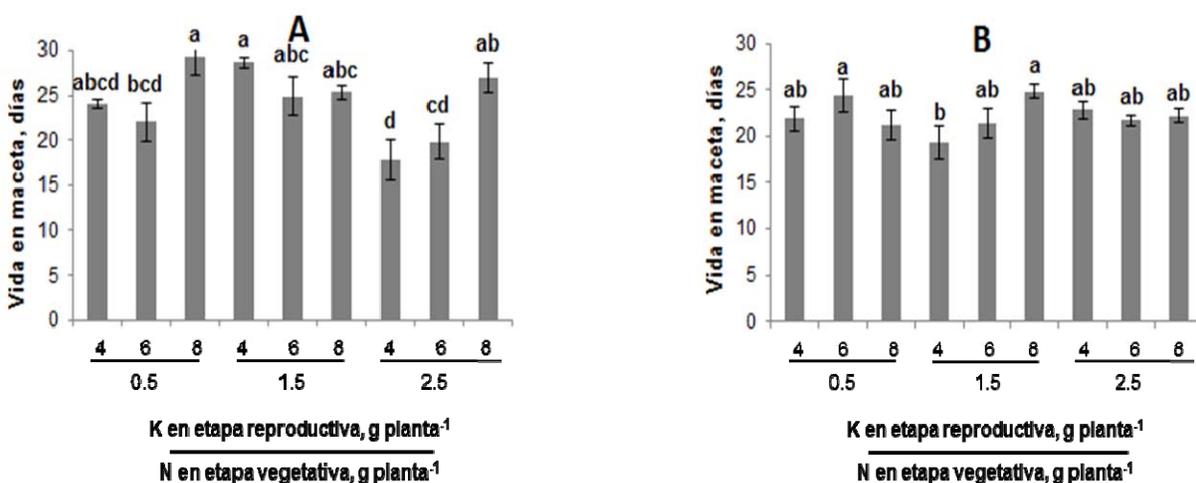


Figura 24. Vida en maceta de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.4 Concentración de clorofila en hoja (mg g⁻¹ PF)

La primera determinación de la concentración de clorofilas se realizó en fase vegetativa; es decir, los resultados son solo influenciados por las dosis nitrogenadas (Figura 25, 26 y 27).

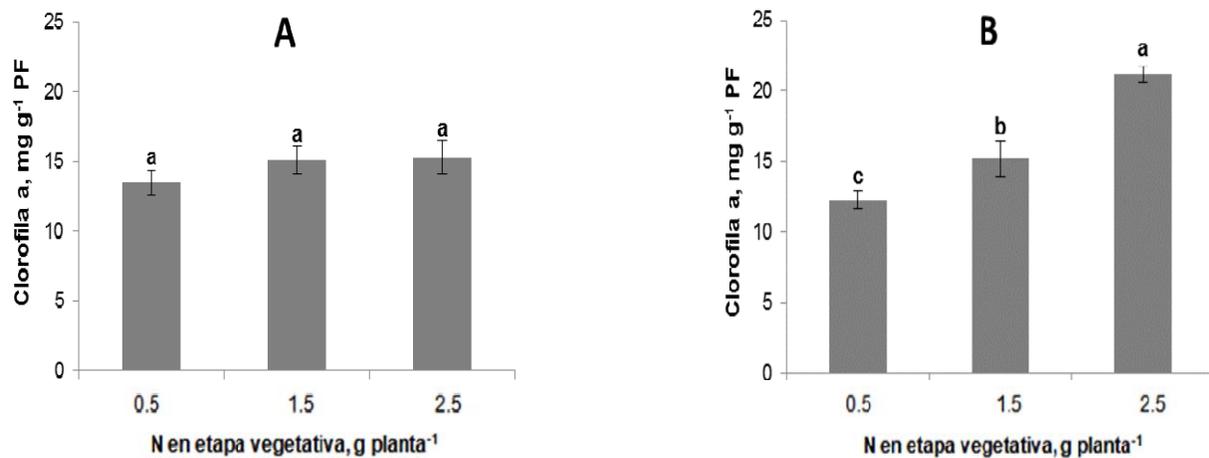


Figura 25. Concentración de clorofila a, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

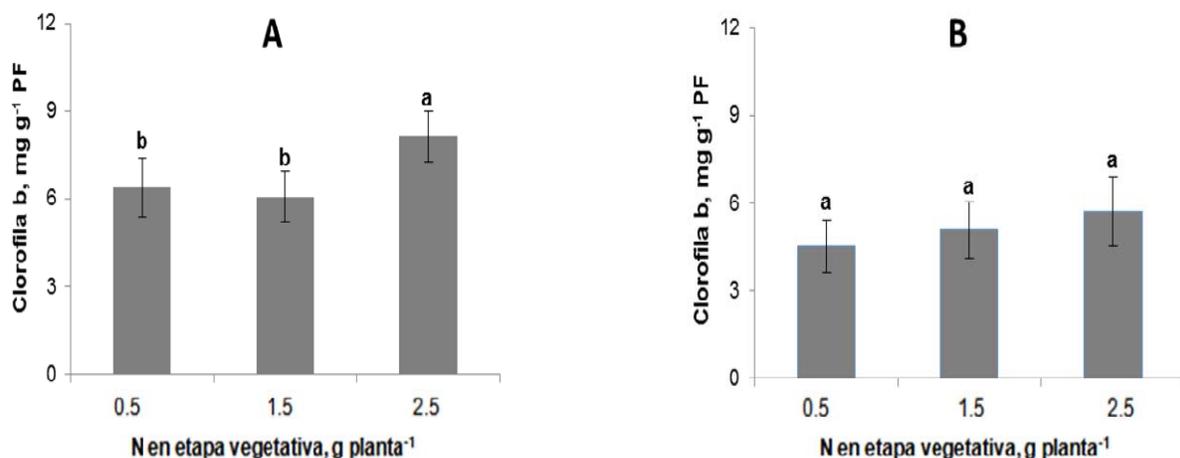


Figura 26. Concentración de clorofila b, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

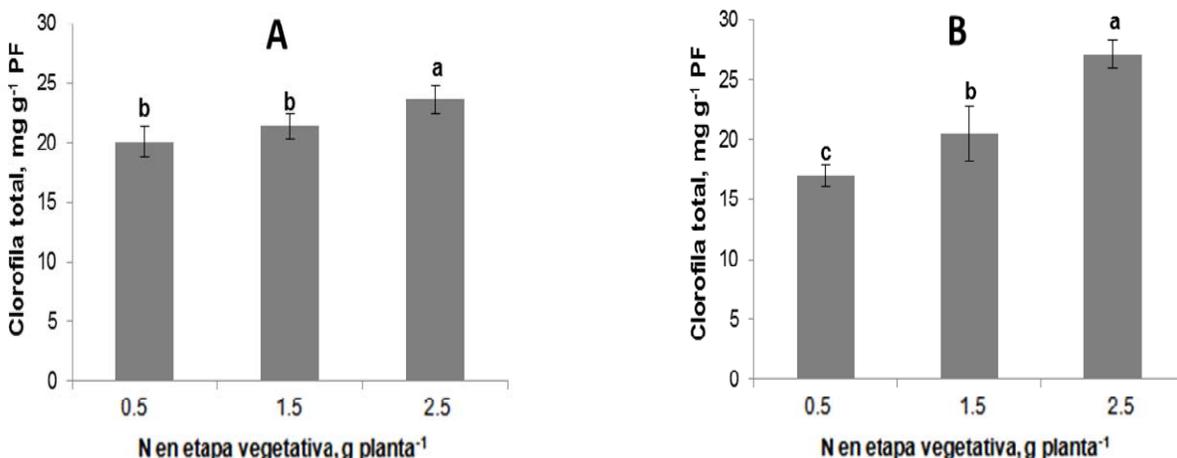


Figura 27. Concentración de clorofila total, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Z. albomaculata, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); el primer muestreo se realizó cuando solo se habían hecho las aplicaciones de nitrógeno, durante la etapa vegetativa del cultivo, obteniendo 15.2, 8.1, y 23.6 mg g⁻¹ PF de contenido de clorofila a, b y total, respectivamente, con la aplicación de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa, lo que demuestra que existe una demanda alta de este elemento durante el periodo de desarrollo vegetativo.

Z. elliotiana, mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); el contenido de clorofila a, b y total, se incrementa conforme se aumenta la dosis de N aplicada en etapa vegetativa, teniendo los siguientes valores como máximos, 21.2, 5.7 y 27.2 mg g⁻¹ PF, de las dos especies evaluadas, esta es la que presentó un mayor contenido de clorofila para el primer muestreo.

El N es esencial, ya que es constituyente de moléculas como, clorofila, aminoácidos, proteínas y enzimas, además de intervenir en procesos metabólicos, como la utilización de los carbohidratos (Perdomo, 2010).

Reyes *et al.* (1998), reporta que uno de los estimadores de la fotosíntesis de mayor importancia, es el contenido de clorofila.

Marschner (1986) menciona que más de 75% del nitrógeno se localiza en los cloroplastos, principalmente en forma de enzimas, y que una deficiencia de este elemento tendrá un efecto directo en la síntesis de clorofila.

Los resultados obtenidos en la determinación de la concentración de clorofilas a, b y total determinadas a los 66 ddp en hojas de *Z. albomaculata* y *Z. elliotiana* se presentan en las Figuras 28, 29 y 30.

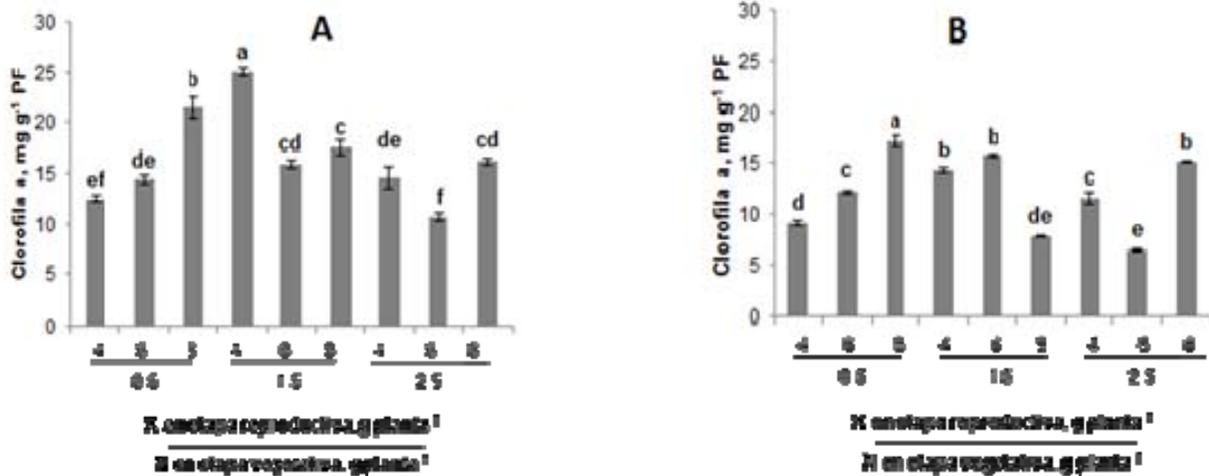


Figura 28. Concentración de clorofila a, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

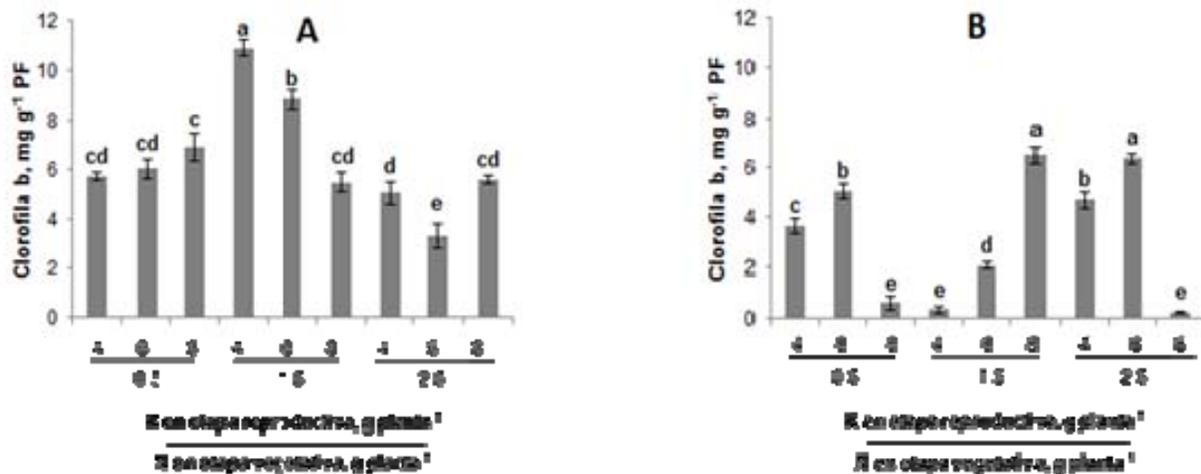


Figura 29. Concentración de clorofila b, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

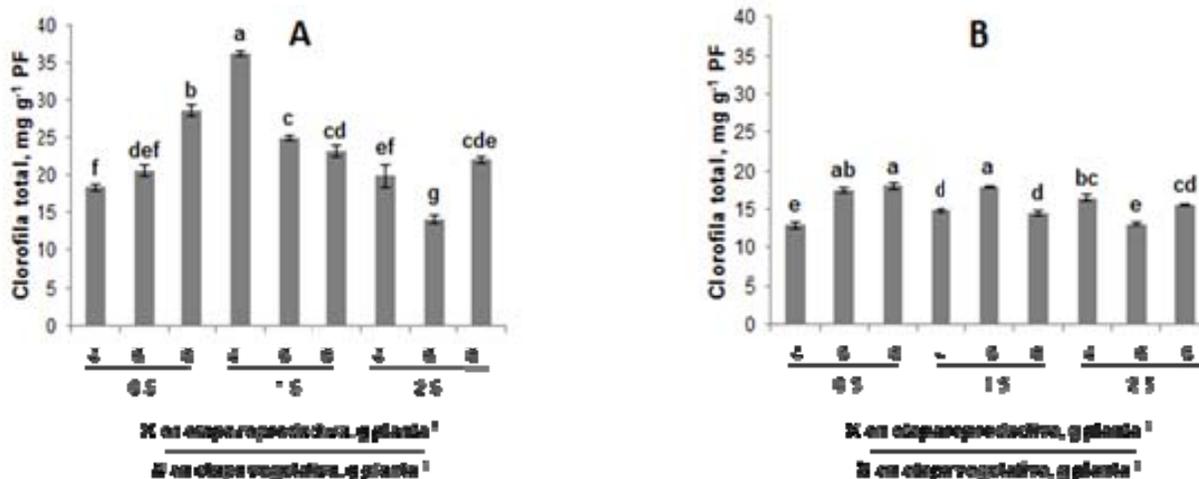


Figura 30. Concentración de clorofila total, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Las concentraciones de clorofila a y clorofila total, en ambas especies fue influenciada de manera positiva por la dosis de K aplicada en fase reproductiva cuando se suministró la dosis baja de N en etapa vegetativa. De manera contraria, a medida que la dosis de N aumentó en etapa vegetativa, se observa efecto negativo de la dosis creciente de K en la concentración de clorofila a (**Figuras 28 y 30**).

En el caso de la concentración foliar de clorofila b, las tendencias fueron similares a las de la clorofila a en la especie *Z. albomaculata*; no así para la especie *Z. elliotiana* (**Figura 29**). En *Z. albomaculata* se presentaron efectos negativos de la dosis creciente de K cuando se suministraron las dosis media y alta de N en la fase vegetativa. Por el contrario, en *Z. elliotiana*, con la dosis media de N adicionada en fase vegetativa, se observa una relación positiva entre la dosis de K y la concentración foliar de clorofila b. El análisis de concentración de clorofilas realizado a los 83 ddp, está comprendido dentro de la fase de senescencia (**Figuras 31, 32 y 33**). La especie *Z. albomaculata* mostró mayor degradación de clorofila en esta etapa que *Z. elliotiana*, independientemente de los tratamientos evaluados.

Las concentraciones de clorofilas a y total en *Z. albomaculata*, presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figuras 31 y 33**); mientras que, la concentración de clorofila b no presentó diferencias estadísticas entre tratamientos (**Figura 32**). En esta especie, los valores máximos de concentración de clorofila a se obtiene con la aplicación de $0.5 \text{ g planta}^{-1}$ de N y 4 g planta^{-1} de K.

La especie *Z. elliotiana*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en clorofilas a, b y total. De manera general, en las dosis de 1.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, se tuvieron las mayores concentraciones de clorofila a, b y total; asimismo, se observó un decremento en éstas conforme se aumentan las dosis de N y K (Figuras 31, 32 y 33).

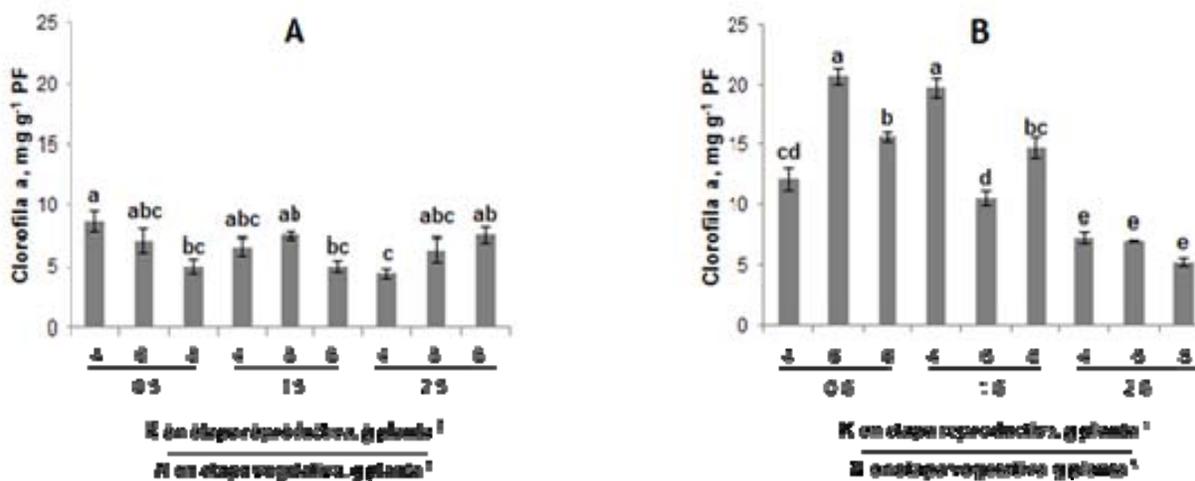


Figura 31. Concentración de clorofila en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

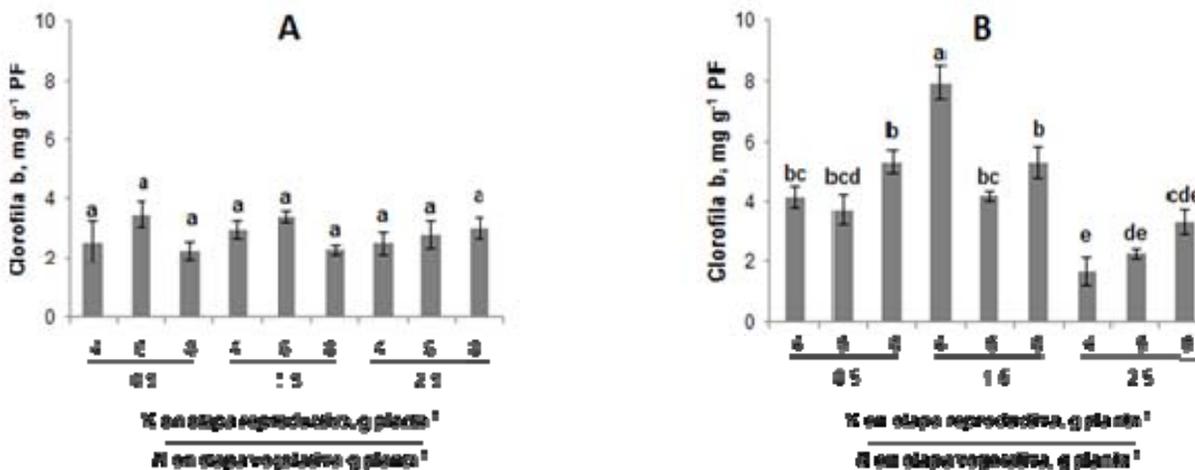


Figura 32. Concentración de clorofila en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

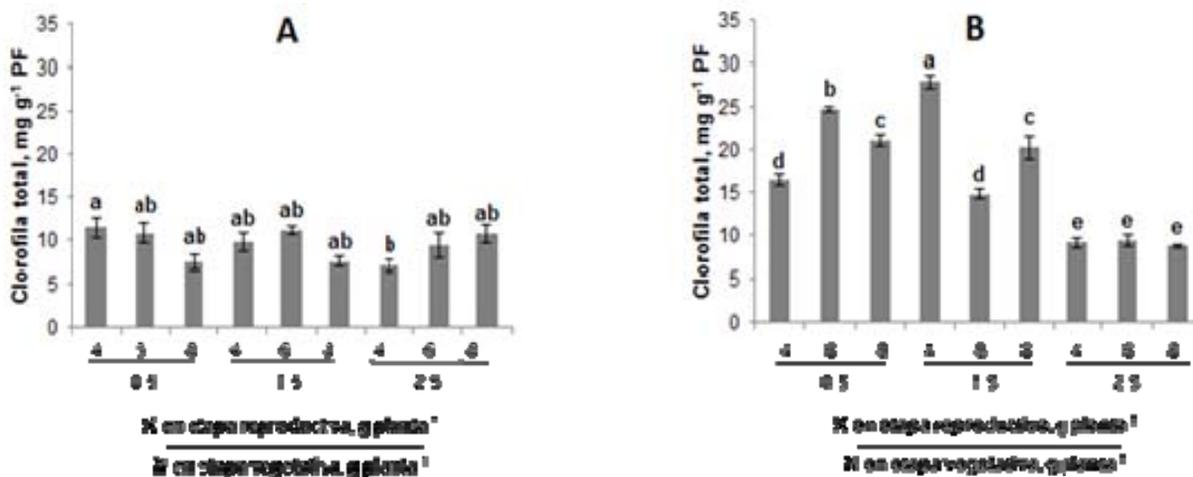


Figura 33. Concentración de clorofila en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.5 Azúcares solubles totales en espata (mg 100 g⁻¹ PF)

El K es el catión más abundante en los procesos metabólicos de las plantas, además de favorecer la síntesis de proteínas, el proceso fotosintético y el transporte de azúcares desde las hojas a los frutos; por lo tanto, un adecuado suministro de K incrementará el rendimiento y acumulación de sólidos solubles en frutos (principalmente azúcares) en el período de cosecha. El K favorece el proceso fotosintético y el transporte de azúcares desde las hojas a los frutos (Tjalling, 2006).

En *Z. albomaculata* la concentración de azúcares totales, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); en el primer muestreo evaluado a los 66 ddp, en la etapa reproductiva del cultivo, observando que con una dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, se obtiene una mayor concentración de azúcares; al incrementarse las dosis se reduce la concentración (**Figura 34A**). *Z. elliotiana*, mostró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); teniendo una demanda baja de N y K, para obtener la mayor concentración de azúcares durante esta etapa; observando que a dosis altas de N efectos negativos del K (**Figura 34B**).

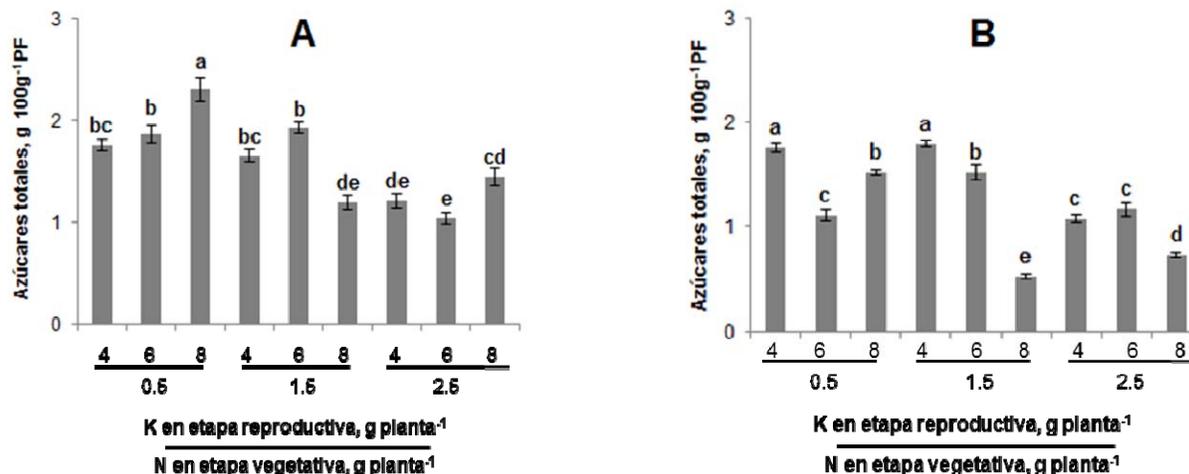


Figura 34. Concentración de azúcares totales en espata de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata* la concentración de azúcares totales en espata a los 83 ddp (etapa de senescencia), no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 35A**). Por el contrario, en *Z. elliotiana*, la concentración de azúcares totales en espata fue estadísticamente diferente entre tratamientos; observándose que con un suministro bajo de N y alto de K se tiene la concentración media más alta. Adicionalmente, es evidente que a medida que la dosis de N se incrementa, el K tiene un efecto negativo sobre la concentración de azúcares (**Figura 35B**); lo obtenido en esta especie, coincide con lo reportado por Tjalling (2006), el K favorece el transporte de azúcares desde las hojas a los frutos; por tanto, un adecuado suministro de K incrementará el rendimiento y acumulación de sólidos solubles (principalmente azúcares) en el período de cosecha.

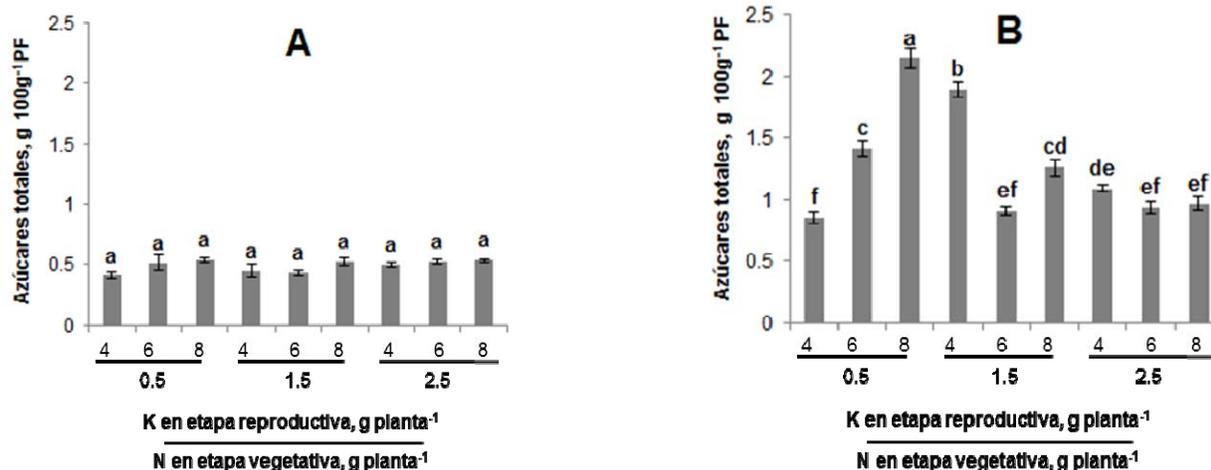


Figura 35. Concentración de azúcares totales en espata de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.6 Proteínas solubles totales en hoja (mg g⁻¹ PF)

La **Figura 36** presenta los resultados de la concentración foliar de proteína a los 45 ddp, por tanto, solo la fertilización con N tiene efecto sobre éstos. La concentración foliar de proteínas en la especie *Z. albomaculata* mostró tendencias que se relacionan con los tratamientos evaluados. A medida que las dosis de N, se incrementaron, la concentración de proteínas solubles totales aumentó de manera gradual (**Figura 36A**).

En *Z. elliotiana* las concentraciones de proteína en hojas, fueron también diferentes entre tratamientos; observándose que con la dosis más alta de N (2.5 g planta⁻¹), se tuvieron las medias más altas en esta variable (**Figura 36B**).

Marschner (2005), reporta que el aporte de N favorece en aproximadamente el 16% de las proteínas totales; al ser constituyente estructural de éstas. Por tanto, el N favorece el desarrollo foliar, además de ser componente esencial de aminoácidos y clorofila (Wright y Burque, 2000).

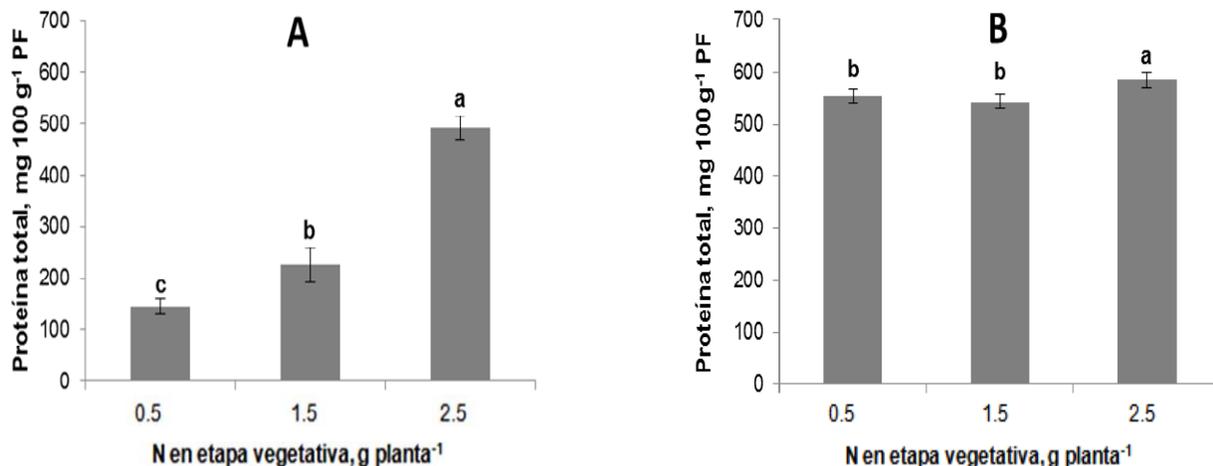


Figura 36. Concentración foliar de proteínas solubles totales en plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En una segunda evaluación de la concentración de proteínas en hojas, realizada a los 66 ddp, se observa que en *Z. albomaculata* esta variable no se vio influenciada por los tratamientos evaluados (**Figura 37A**), con excepción de las dosis más bajas de cada elemento que disminuye la concentración de proteínas. En *Z. elliotiana*, hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); registrándose la mayor concentración de proteínas solubles totales durante esta etapa con bajo suministro de N y K; asimismo, con altas dosis de N se observa de manera clara, los efectos negativos de las dosis crecientes de K en etapa reproductiva (**Figura 37B**).

En la fase de senescencia de los cultivos, se realizó el análisis en hojas de proteínas solubles totales (**Figura 38**). Es evidente en *Z. albomaculata*, una degradación mayor de proteínas que en la especie *Z. elliotiana*, en la fase de senescencia. Asimismo en *Z. albomaculata*, la mayor dosis de N en etapa vegetativa, redujo la tasa de degradación de proteínas, independientemente de la dosis de K en etapa reproductiva (**Figura 38A**). En *Z. elliotiana*, hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Tukey, $P \leq 0.05$); pero en general se observa que dosis altas de K en etapa reproductiva afectan de manera negativa la concentración foliar de proteínas en este especie (**Figura 38B**).

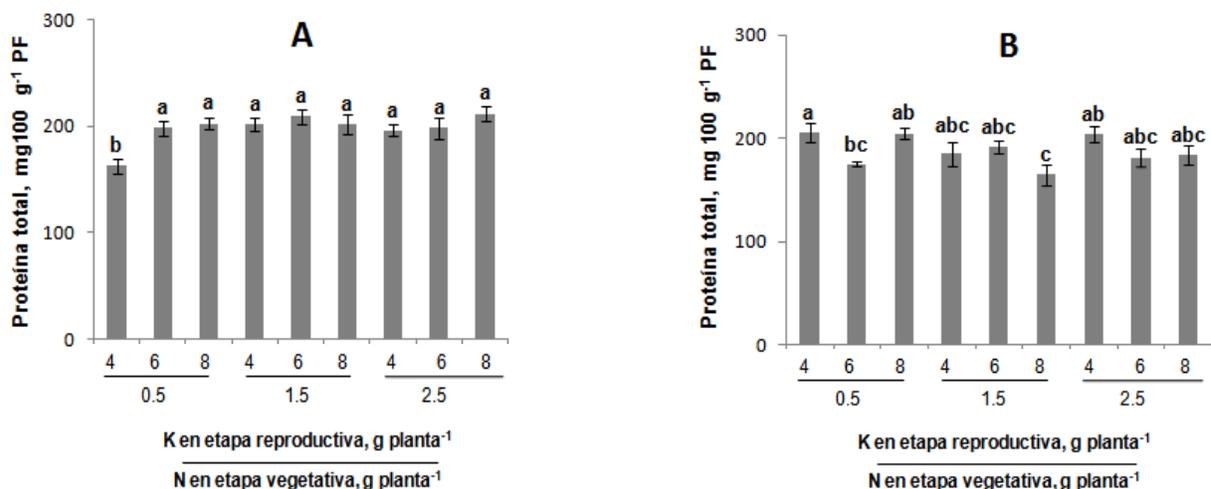


Figura 37. Concentración de proteínas solubles totales en hojas de plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

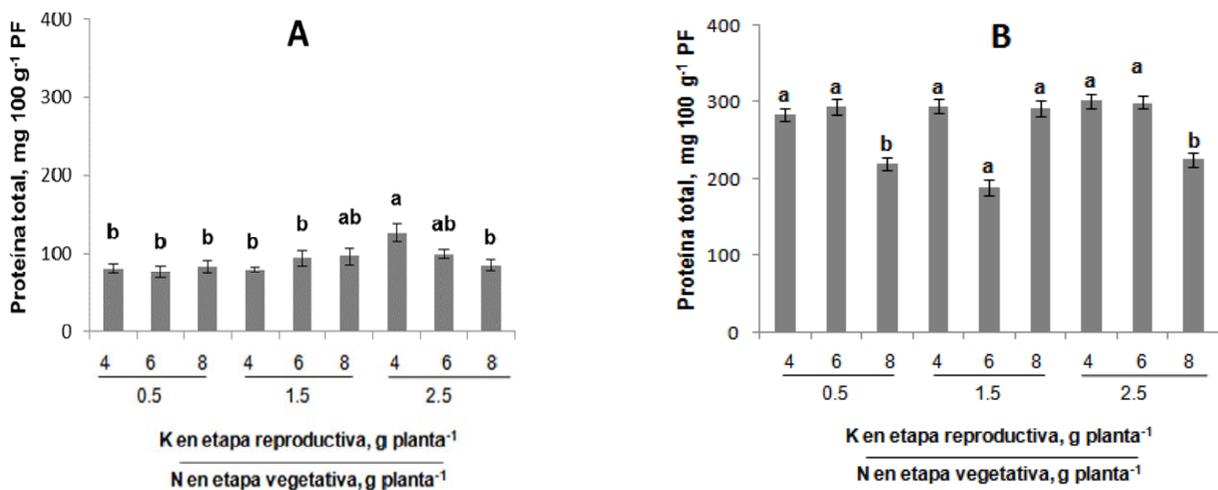


Figura 38. Concentración de proteínas solubles totales en plantas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.7 Aminoácidos solubles totales en hoja (g 100 g⁻¹ PF)

La concentración de aminoácidos solubles totales en ambas especies, presentaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; en el primer muestreo

evaluado en la etapa vegetativa del cultivo (45 ddp). Se observó que la dosis media de N en esta etapa, para las dos especies favorece la concentración de aminoácidos (**Figura 39**).

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Tjalling (2006), quien encontró que dosis altas de N (243 ton ha^{-1}) incrementan concentraciones foliares de aminoácidos pero reducen las concentraciones foliares de azúcares en *Lycopersicon esculentum* Mill. Por otra parte, los aminoácidos son sintetizados por las plantas a partir del nitrógeno absorbido, algunos de éstos como la glicina y el ácido L-glutámico incrementan la concentración de clorofila y en consecuencia éstos tienen influencia en el incremento de la tasa fotosintética (Perdomo, 2010).

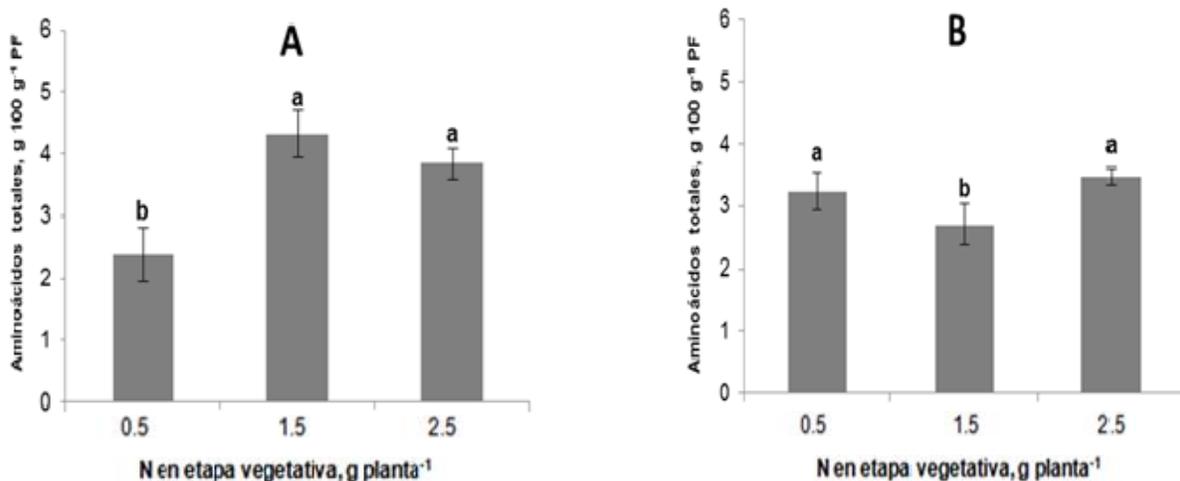


Figura 39. Concentración de aminoácidos totales en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En un segundo muestreo realizado a los 66 ddp, la concentración de aminoácidos solubles totales en *Z. albomaculata*, presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 40A**); teniendo de manera general que las concentraciones de aminoácidos se relacionan en forma positiva con la dosis de N empleada en etapa vegetativa; con excepción de altas dosis de K en etapa reproductiva.

En esta segunda evaluación, la especie *Z. elliotiana*, tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la concentración foliar de aminoácidos no muestra

una tendencia bien definida que se deba a las dosis de N evaluadas en etapa vegetativa; sin embargo, a dosis altas de K en etapa reproductiva se observa un efecto positivo sobre esta variable (**Figura 40B**).

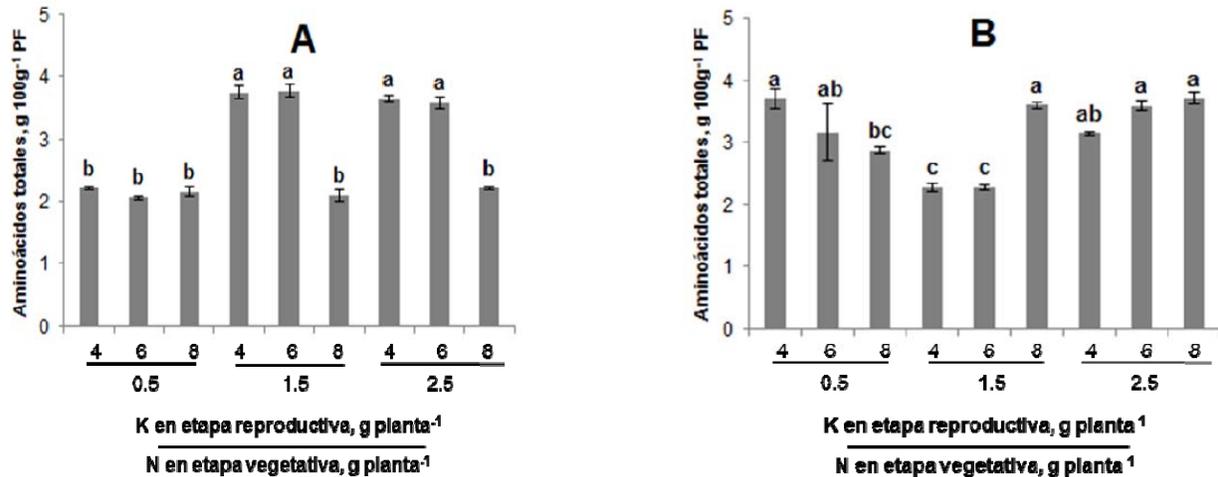


Figura 40. Concentración de aminoácidos solubles totales en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En senescencia (**Figura 41**), La concentración de aminoácidos solubles totales en hojas de *Z. albomaculata*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos teniendo que la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y de 6 g planta⁻¹ de K, favorecen la concentración de aminoácidos en esta etapa; por el contrario, a dosis altas de N es menor la concentración de aminoácidos (**Figura 41A**).

La especie *Z. elliotiana*, registró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; la mayor concentración foliar de aminoácidos se tuvo aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K; asimismo, ésta disminuyendo con el incremento en las dosis de N y K (**Figura 41B**).

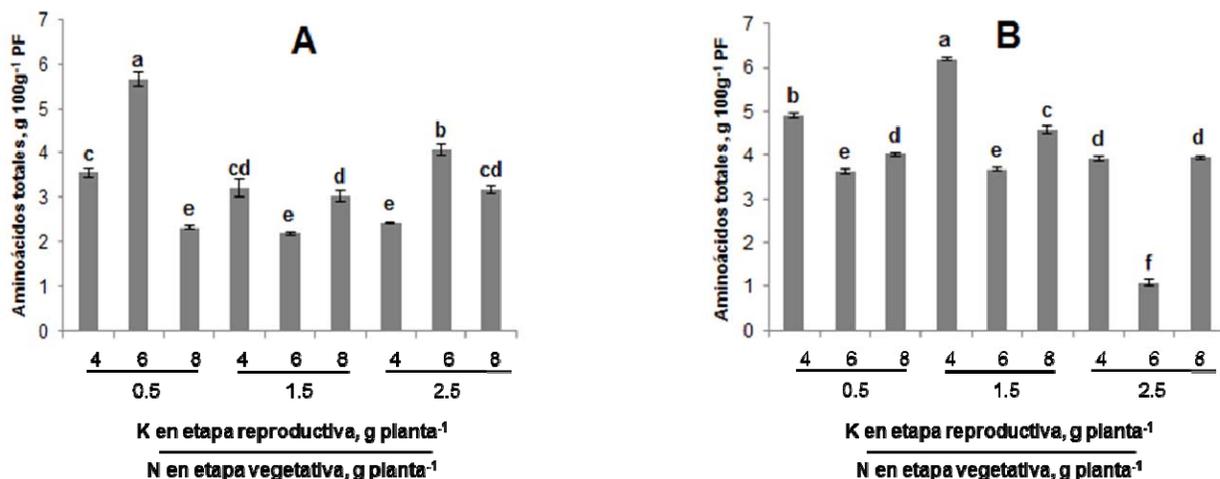


Figura 41. Concentración de aminoácidos solubles totales en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.8 Análisis químico de tejido vegetal

2.6.2.8.1 Análisis químico de tejido vegetal en flores

La concentración de N en flores de *Z. albomaculata*, fue solo significativamente menor, de manera general, en los tratamientos con la dosis baja de N en fase vegetativa (Figura 42A).

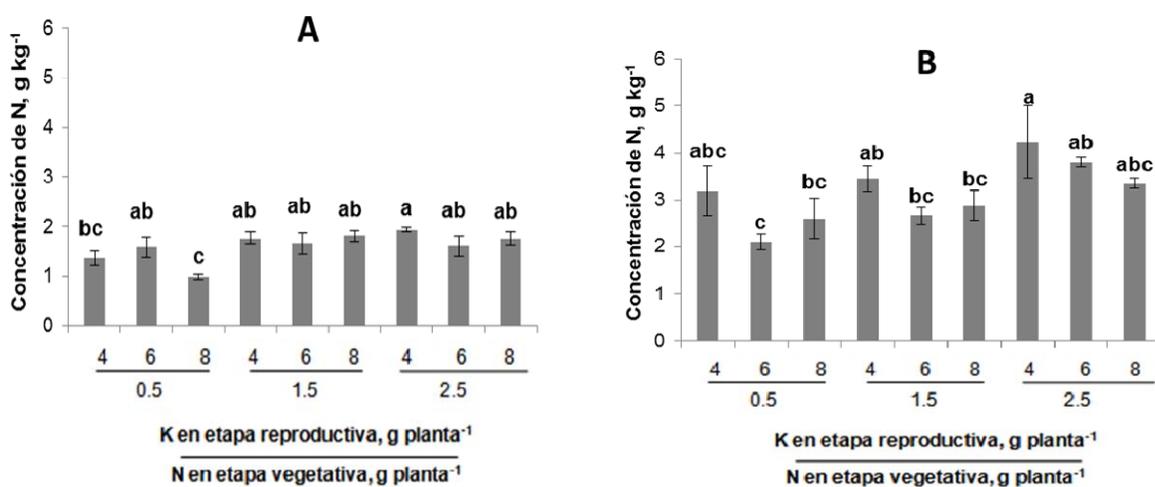


Figura 42. Concentración nutrimental de N, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. elliotiana*, la concentración en flores de N se incrementó a medida que la dosis de este elemento se incrementó; por el contrario, mayores dosis de K reducen la concentración de N en flores (**Figura 42B**).

La concentración nutrimental de P en flores en *Z. albomaculata*, presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos teniendo que la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, incrementan la concentración de nutrimental de P. La especie *Z. elliotiana*, no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 43**).

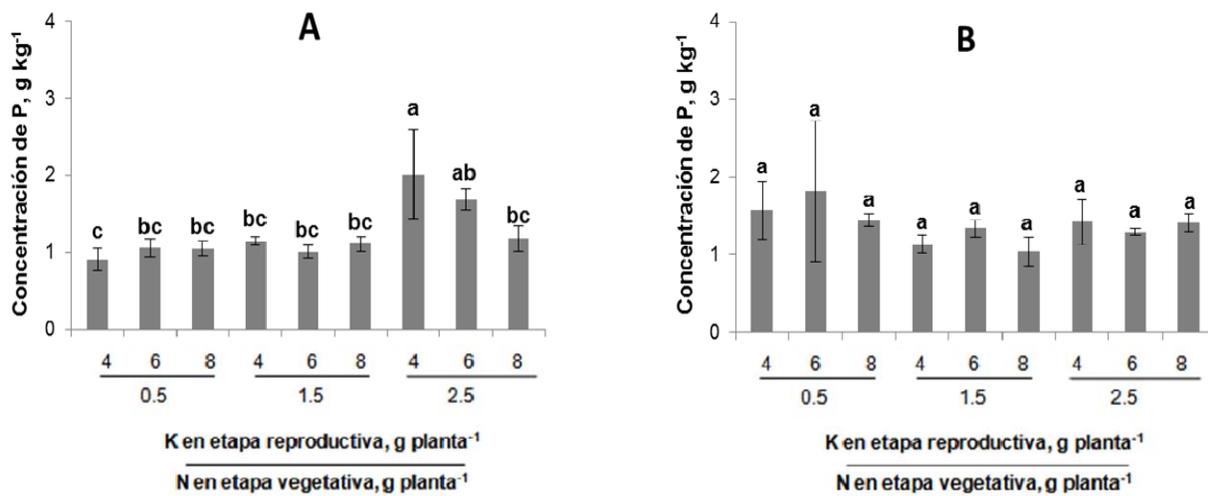


Figura 43. Concentración nutrimental de P, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de K en flores en *Z. albomaculata* fue mayor con las dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K. En *Z. elliotiana* se tuvo la mayor concentración de K en flores cuando las plantas se fertilizaron con 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, observándose que la concentración de K en espata, disminuye a medida que la dosis de K en la solución nutritiva se incrementa (**Figura 44**).

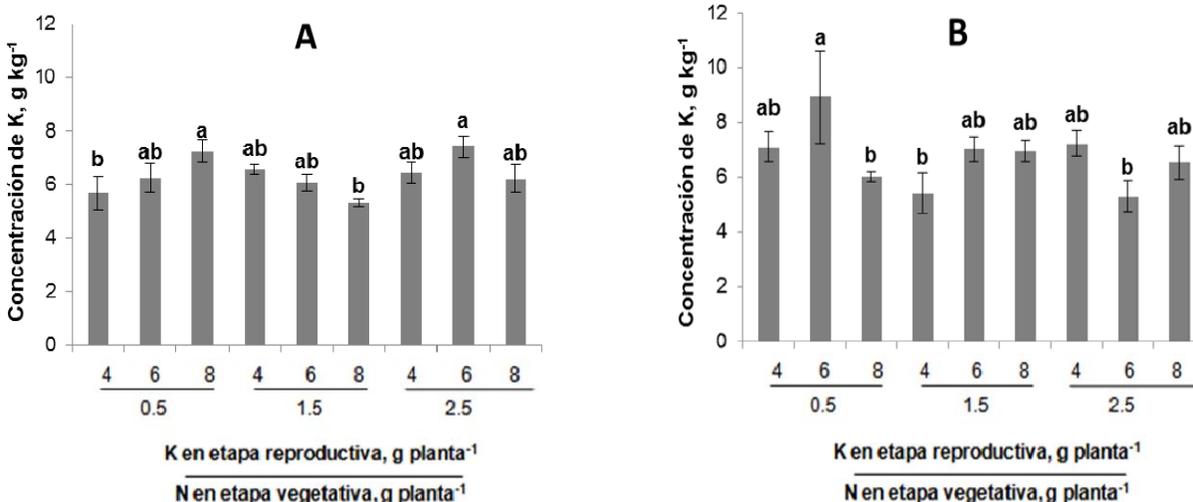


Figura 44. Concentración nutrimental de K, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Ca en flores en *Z. albomaculata*, no presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 45A**). En *Z. elliotiana* se obtuvo la mayor concentración de Ca en espata con las dosis media evaluada de N y K (1.5 g planta⁻¹ y 6 g planta⁻¹, respectivamente), disminuyendo la concentración al incrementarse las dosis (**Figura 45B**).

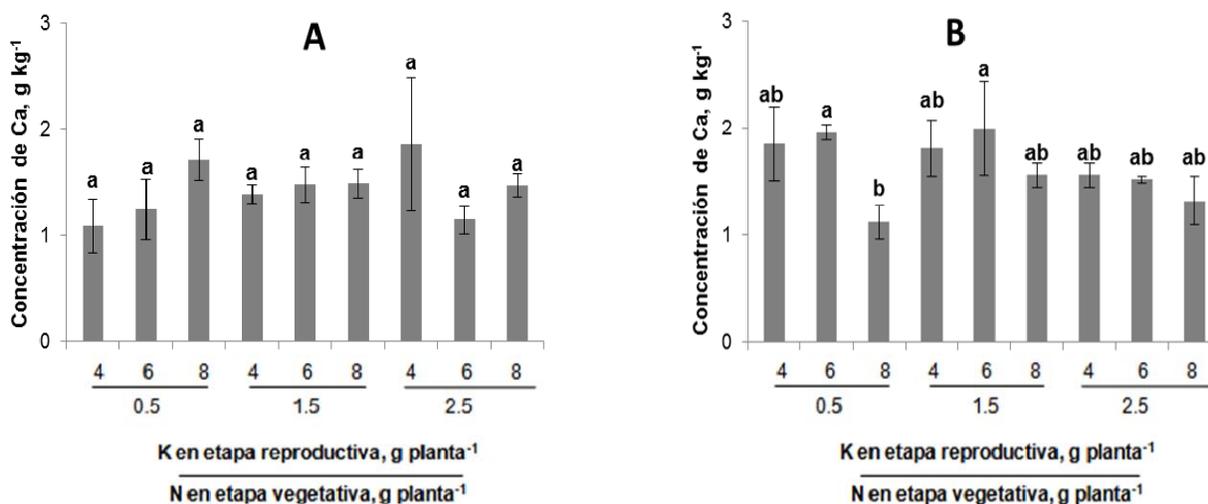


Figura 45. Concentración nutrimental de Ca, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Mg en flores en *Z. albomaculata*, no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En *Z. elliotiana*, la mayor concentración de Mg en espatas, se obtiene aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, mostrándose un efecto negativo de N y K al aumentarse las dosis de éstos (Figura 46).

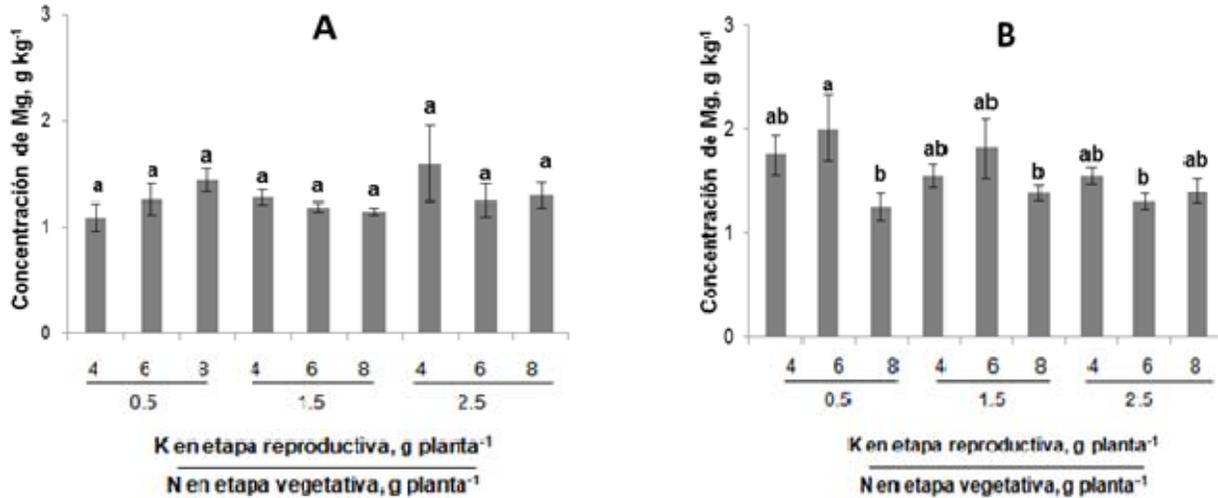


Figura 46. Concentración nutrimental de Mg, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Fe en flores en *Z. albomaculata*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, la dosis más alta de este elemento se tuvo con la aplicación de 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (Figura 47A). En *Z. elliotiana*, la mayor concentración de Fe en espata se obtiene aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K (Figura 47B).

En *Z. albomaculata*, la concentración de Cu en espata se incrementó a medida que la dosis de K se redujo, en particular a las dosis de N media y alta suministradas en la fase vegetativa; por el contrario a dosis bajas de N, el aumento en la dosis de K aumenta la concentración de Cu en espatas (Figura 48A). En *Z. elliotiana* no hay efecto de los tratamientos sobre la concentración de Cu en espata (Figura 48B).

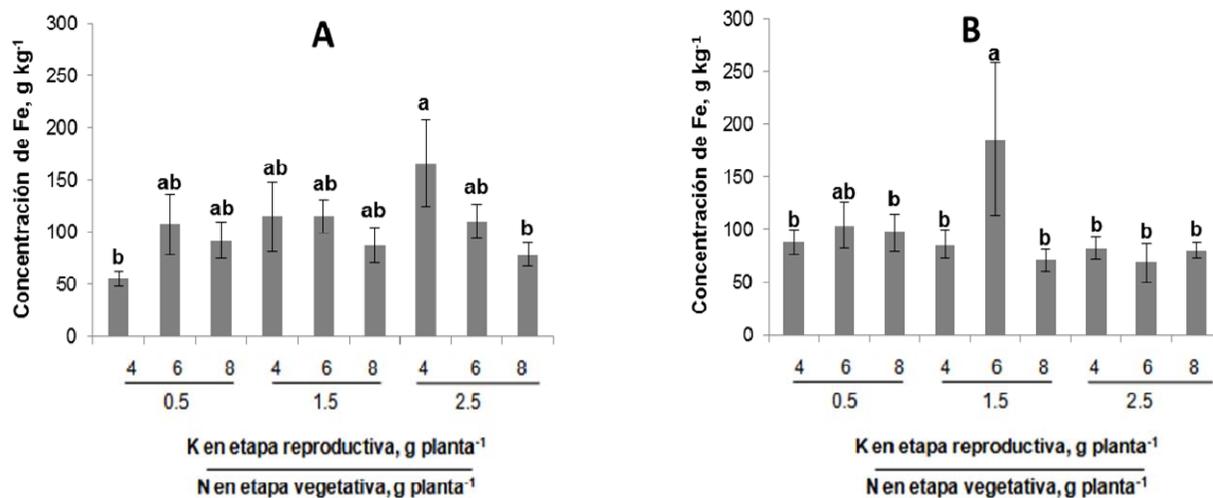


Figura 47. Concentración nutricional de Fe, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

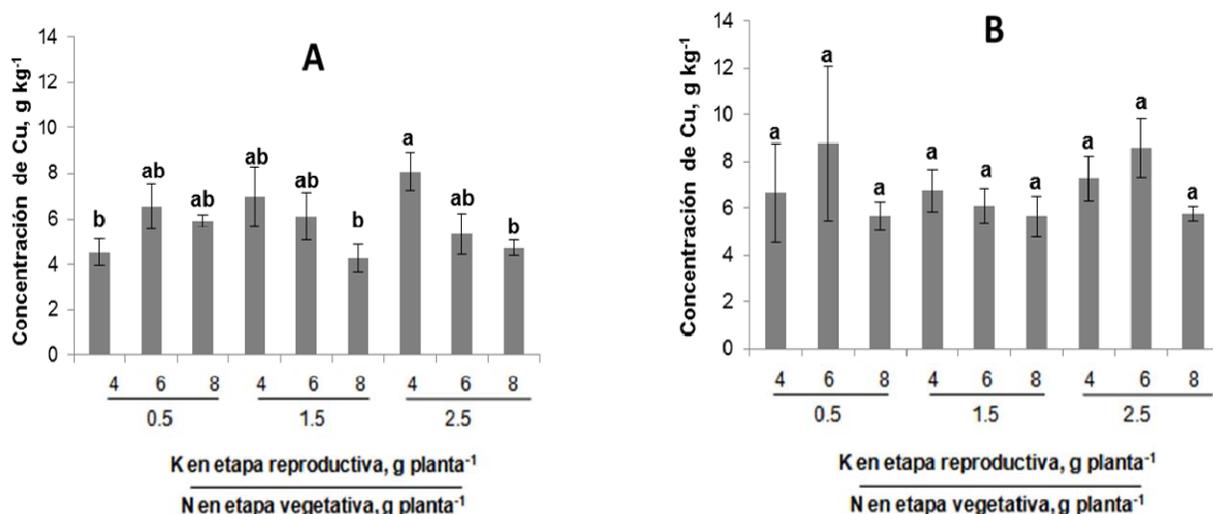


Figura 48. Concentración nutricional de Cu, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutricional de Zn en flores en *Z. albomaculata* fue de manera general mayor, con la dosis de N más altas evaluadas. No hay evidencia de efecto de K, cuando se tienen dosis medias y bajas de N (**Figura 49A**). *Z. elliotiana*, no tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la concentración de Zn en flor.

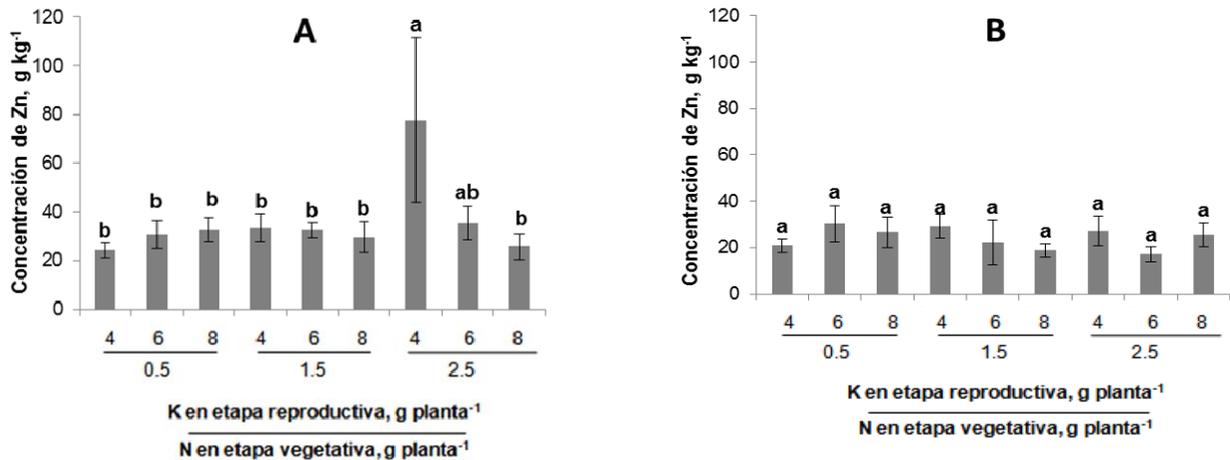


Figura 49. Concentración nutricional de Zn, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración de Mn en flores en *Z. albomaculata*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 50A**); no obstante, no hay una tendencia bien definida que pudiera ser atribuida a las aplicaciones. La dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, fue la de mayor concentración en este elemento. *Z. elliotiana*, tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 50B**); la mayor concentración se obtiene aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, observándose una disminución de la concentración teniendo que a dosis altas de N, efectos negativos de K.

La concentración nutricional de B en flores en *Z. albomaculata* fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 51A**); teniendo que la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, favorecen la concentración de B. Por otra parte, *Z. elliotiana*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 51B**); la mayor concentración se obtiene aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, mostrando una reducción en la concentración de B, al incrementarse las dosis tanto de N como de K.

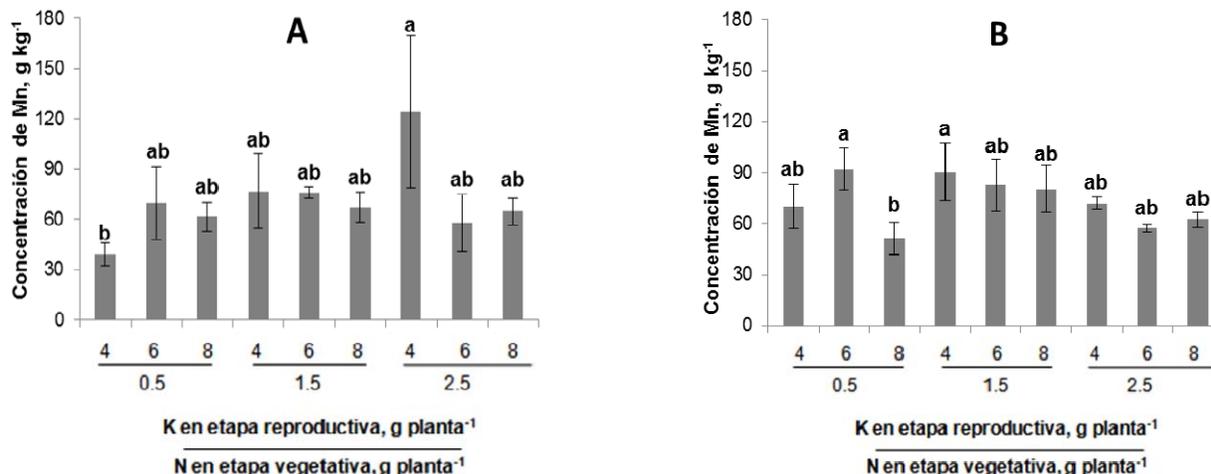


Figura 50. Concentración nutrimental de Mn, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

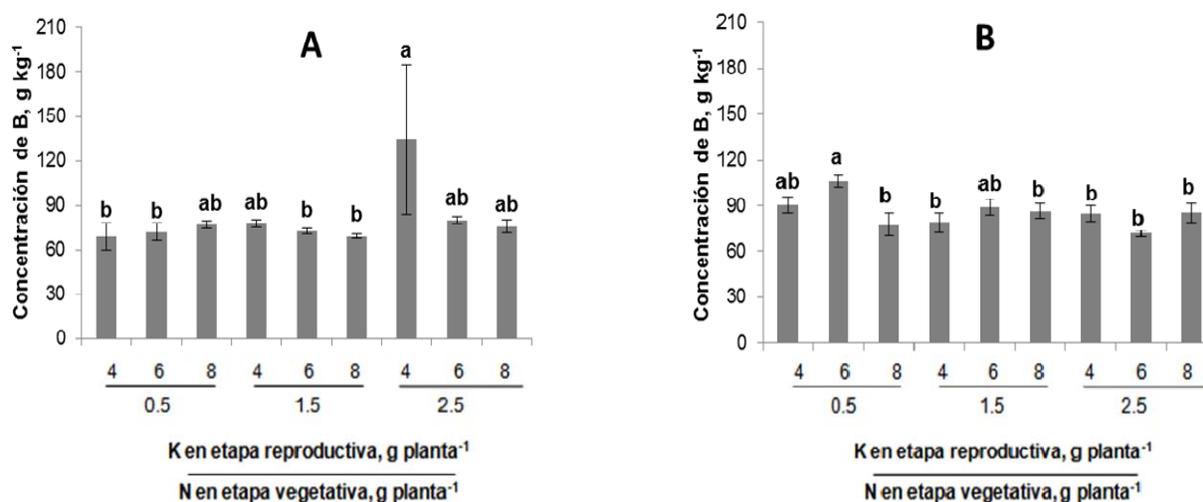


Figura 51. Concentración nutrimental de B, en flores de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.8.2 Análisis químico de tejido vegetal en tallos

La concentración nutrimental de N en tallos en ambas especies, tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 52**); observándose en ambas figuras como se incrementa la concentración de N en tallos, al aumentarse las dosis de N y K, teniéndose las máximas concentraciones de N para *Z. albomaculata* con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, mientras que para *Z. elliotiana* fue de 2.5 g

planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, coincidiendo que la concentración se favorece con la aplicación de dosis altas de N en etapa vegetativa.

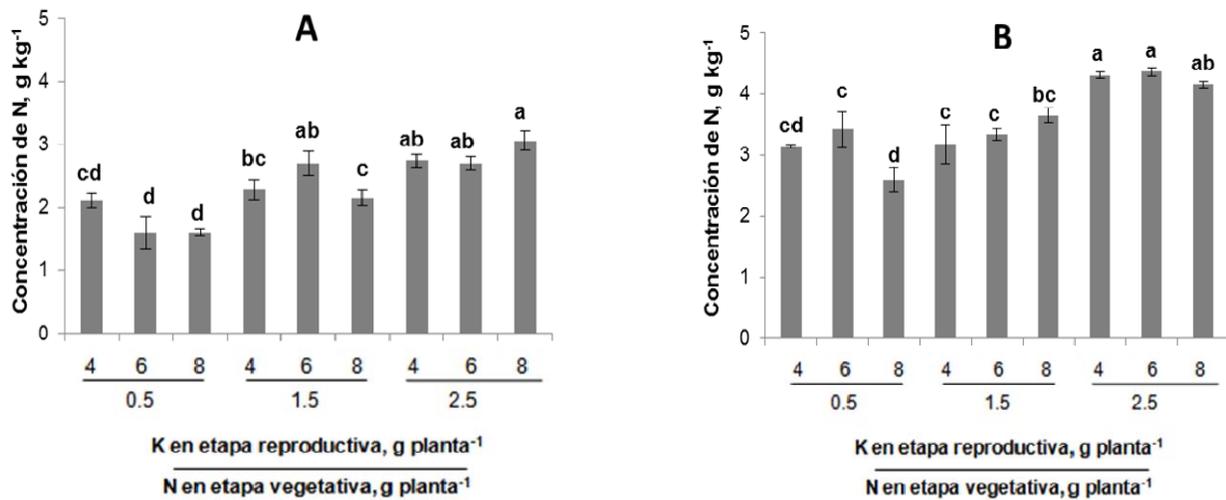


Figura 52. Concentración nutrimental de N, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de P en tallos en *Z. albomaculata* fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 53A**), teniendo que la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, incrementan la concentración de P. La especie *Z. elliotiana*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 53B**), la mayor concentración se obtiene aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K; es decir, con las dosis medias; la concentración de P en tallo disminuye al aumentar las dosis de N y K.

La concentración nutrimental de K en tallos en *Z. albomaculata* no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 54A**). En *Z. elliotiana*, se muestran diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 54B**); la mayor concentración se obtiene aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, observando que no hay una tendencia clara sobre los efectos de las dosis aplicadas.

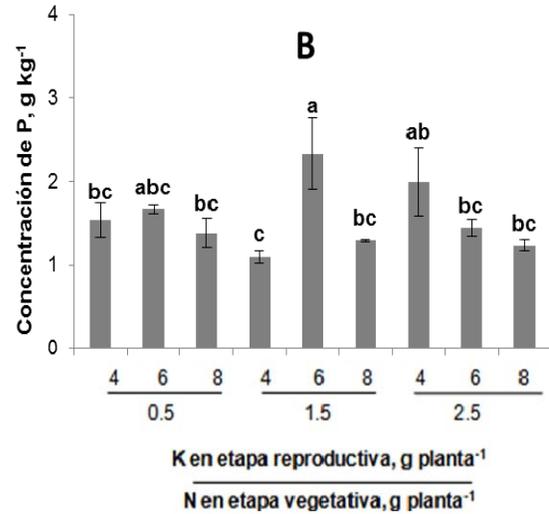
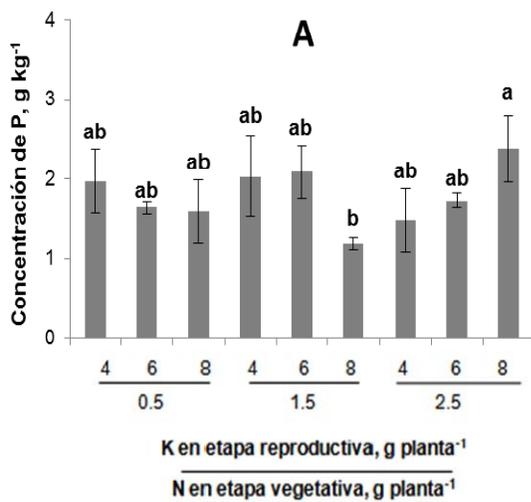


Figura 53. Concentración nutrimental de P, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

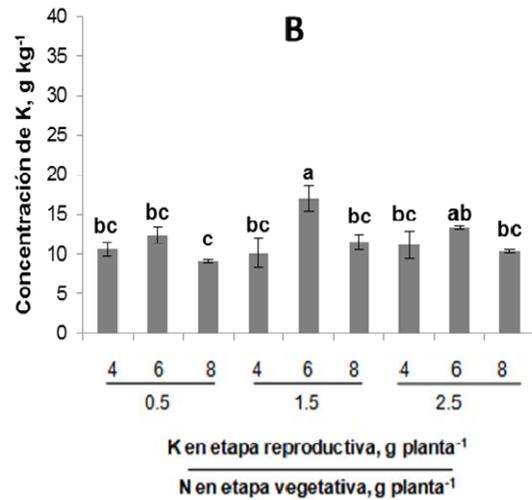
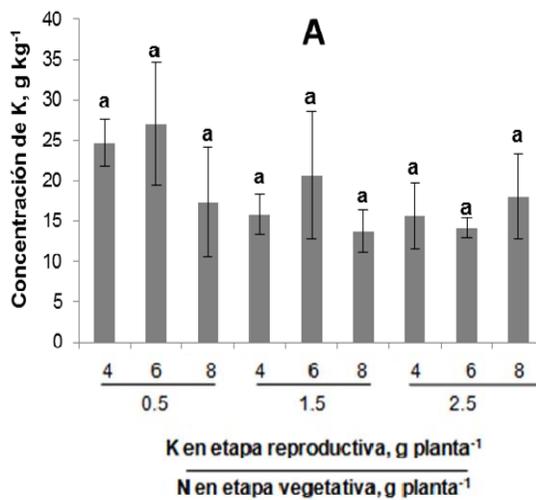


Figura 54. Concentración nutrimental de K, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Ca en tallos en *Z. albomaculata* presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 55A**); teniendo que la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, favorecen la concentración de Ca, a dosis altas de N efectos negativos de K. La especie *Z. elliotiana* tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos concentración de Ca en tallo (**Figura 55B**); la mayor

concentración se obtiene aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de Ca, al aumentar las dosis.

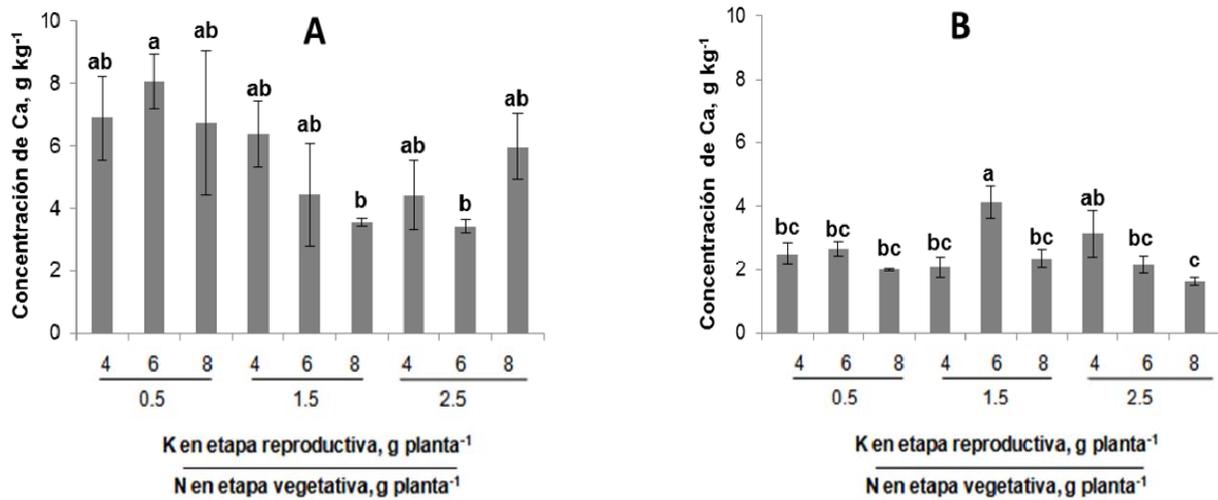


Figura 55. Concentración nutrimental de Ca, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Mg en tallos en *Z. albomaculata* fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 56A**); teniéndose que con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K se registró la media más alta. En *Z. elliotiana*, también se observaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 56B**); la mayor concentración de Mg se obtuvo aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K; por el contrario, disminuyendo la concentración de Mg al aumentar las dosis.

La concentración nutrimental de Fe en tallos en *Z. albomaculata* presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 57A**); observándose que la mayor concentración se obtiene con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. *Z. elliotiana* tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 57B**); la mayor concentración se obtiene aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, por el contrario, la concentración de Fe en tallos fue menor al incrementar las dosis de N y K.

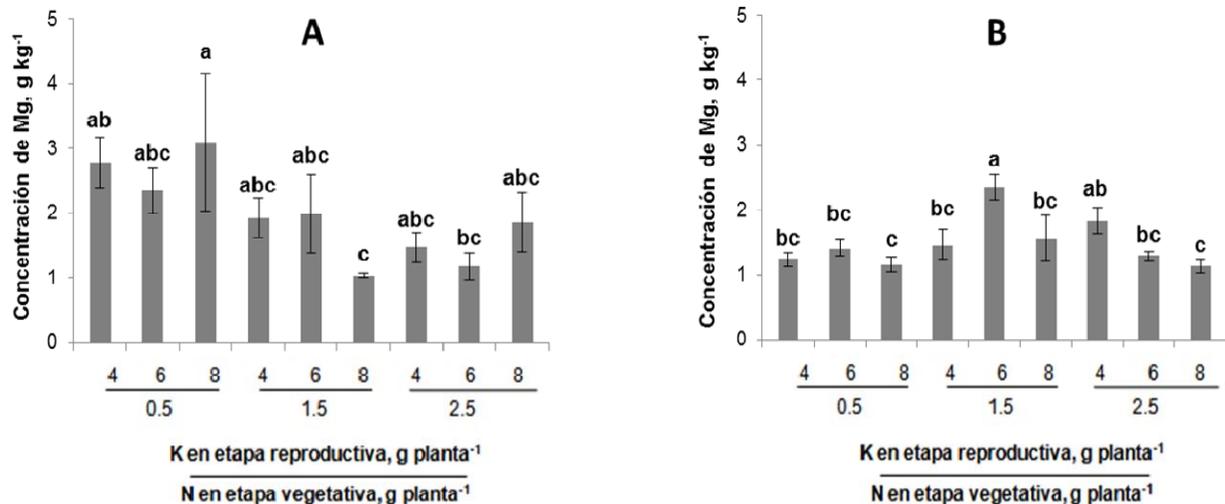


Figura 56. Concentración nutricional de Mg, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

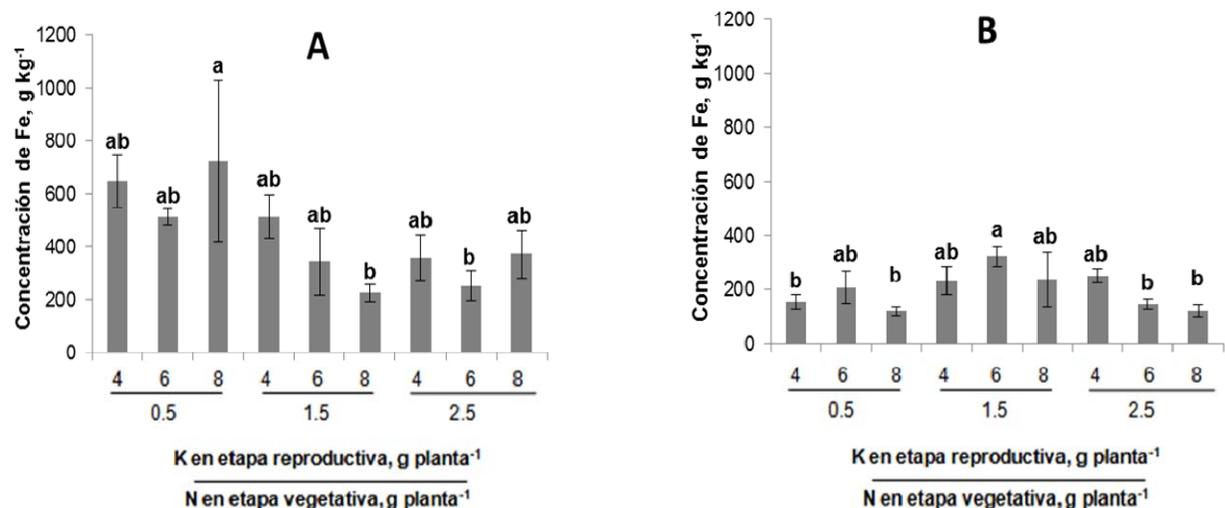


Figura 57. Concentración nutricional de Fe, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutricional de Cu en tallos en *Z. albomaculata* presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 58A**); teniendo con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K el valor medio más alto; por el contrario, se observan efectos negativos de dosis altas de N y de K. *Z. elliotiana* no presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 58B**).

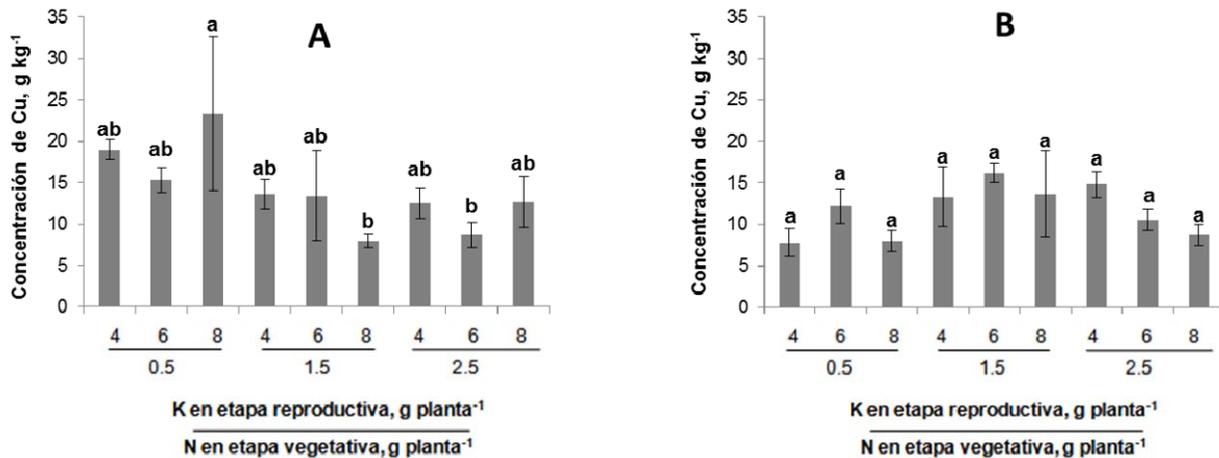


Figura 58. Concentración nutrimental de Cu, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Zn en tallos de plantas de la especie *Z. albomaculata*, fue significativamente diferente entre tratamientos (**Figura 59A**); observándose que con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K se obtuvo la mayor concentración de Zn. Altas dosis de N y K reducen la concentración de Zn en tallos. En lo que respecta a *Z. elliotiana*, ésta tuvo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 59B**); la mayor concentración se obtuvo aplicando 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de Zn al aumentar las dosis.

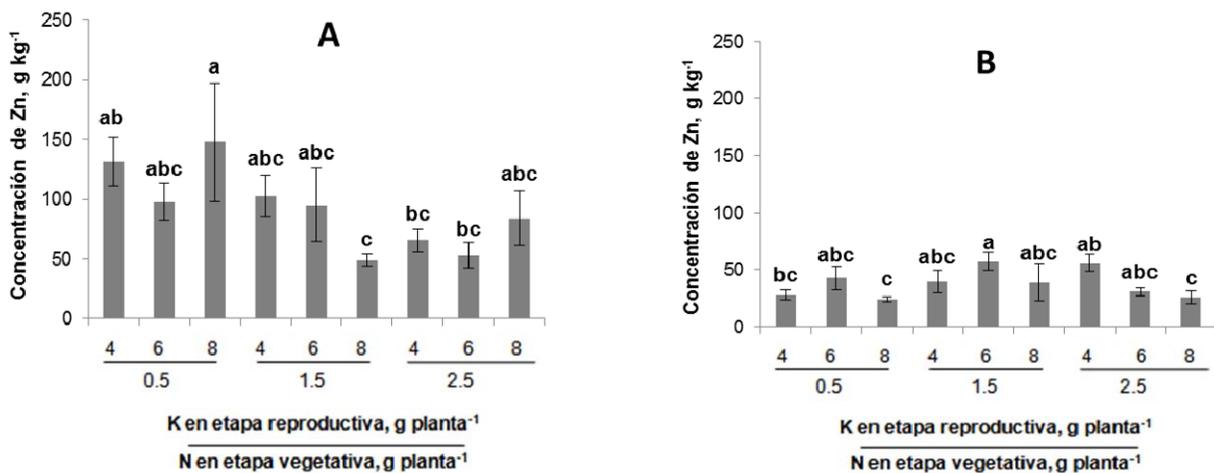


Figura 59. Concentración nutrimental de Zn, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Mn en tallos en *Z. albomaculata* fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 60A**); registrándose la media más alta con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. En *Z. elliotiana* la mayor concentración de Mn en tallos se obtuvo con la aplicación de 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de Mn, al aumentarse las dosis de ambos elementos (**Figura 60B**).

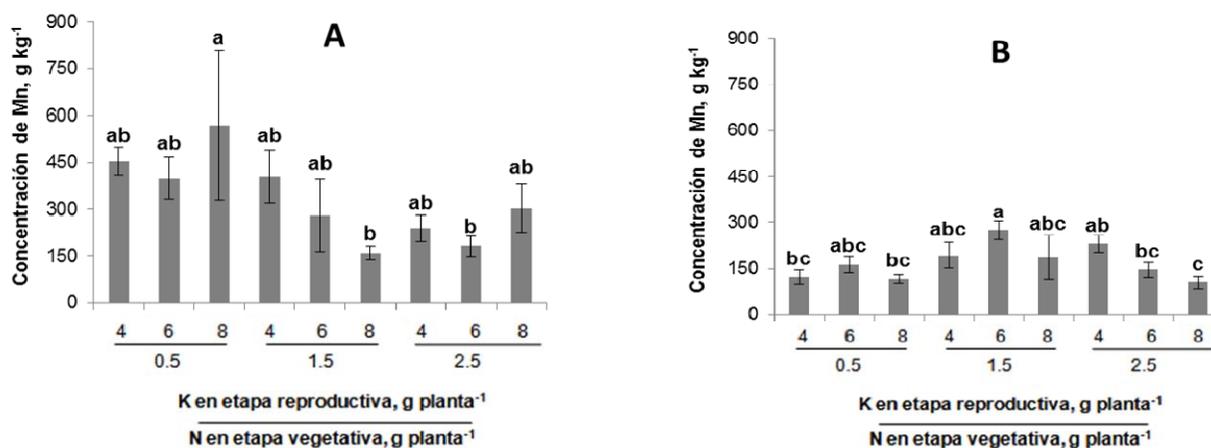


Figura 60. Concentración nutrimental de Mn, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de B en tallos de *Z. albomaculata* fue diferente estadísticamente entre tratamientos (**Figura 61A**); observándose la media más alta con las dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. La especie *Z. elliotiana*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (**Figura 61B**); la mayor concentración se registró con la adición de 1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, observándose una reducción en la concentración de B, al aumentarse las dosis de ambos elementos.

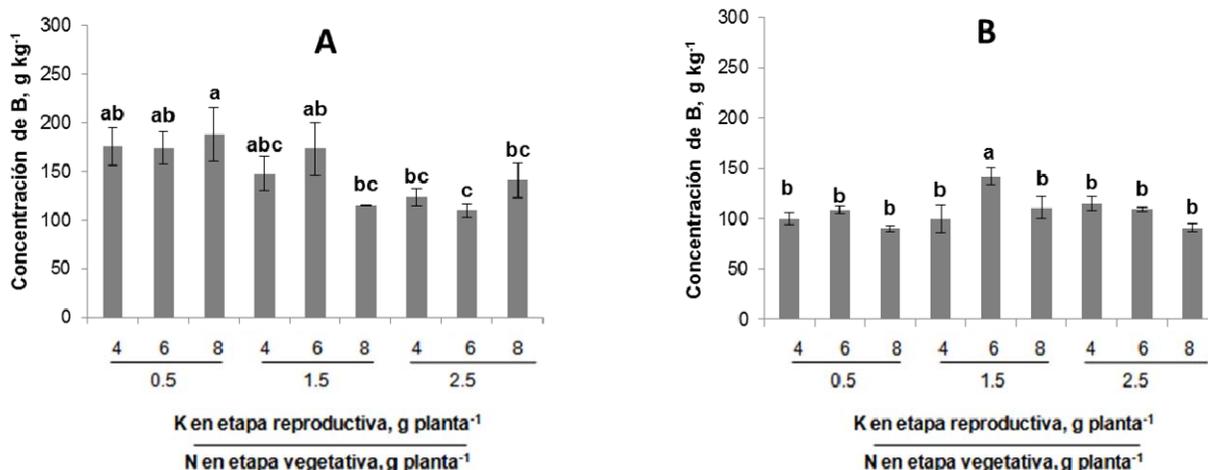


Figura 61. Concentración nutricional de B, en tallos de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.8.3 Análisis químico de tejido vegetal en hojas

En hojas de *Z. albomaculata*, es evidente la relación positiva entre la dosis de N aplicada en fase vegetativa con la concentración foliar de este elemento (**Figura 62A**). De la misma manera, en *Z. elliotiana*, las mayores concentraciones de N se registraron en plantas tratadas con la dosis más alta en la fase vegetativa, no observándose efectos de los tratamientos con K (**Figura 62B**).

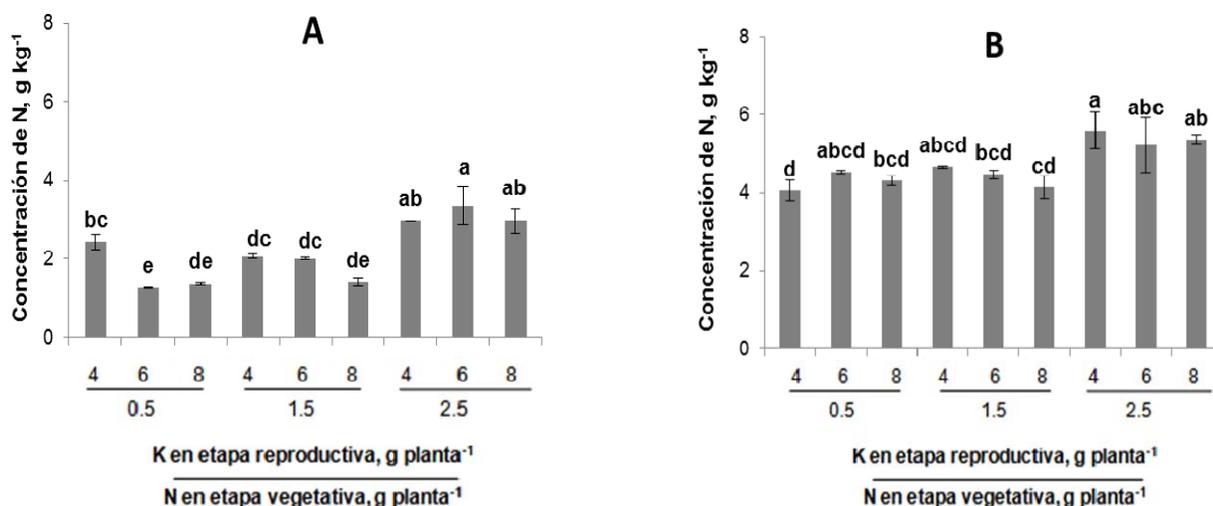


Figura 62. Concentración nutricional de N, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata*, las dosis de N y K de 2.5 y 6 g planta⁻¹ incrementa significativamente la concentración de P en hoja (**Figura 63A**). *Z. elliotiana*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en la concentración foliar de P, donde las mayores concentraciones de este elemento se obtienen en el tratamiento consistente en las dosis más altas de N y K (**Figura 63B**).

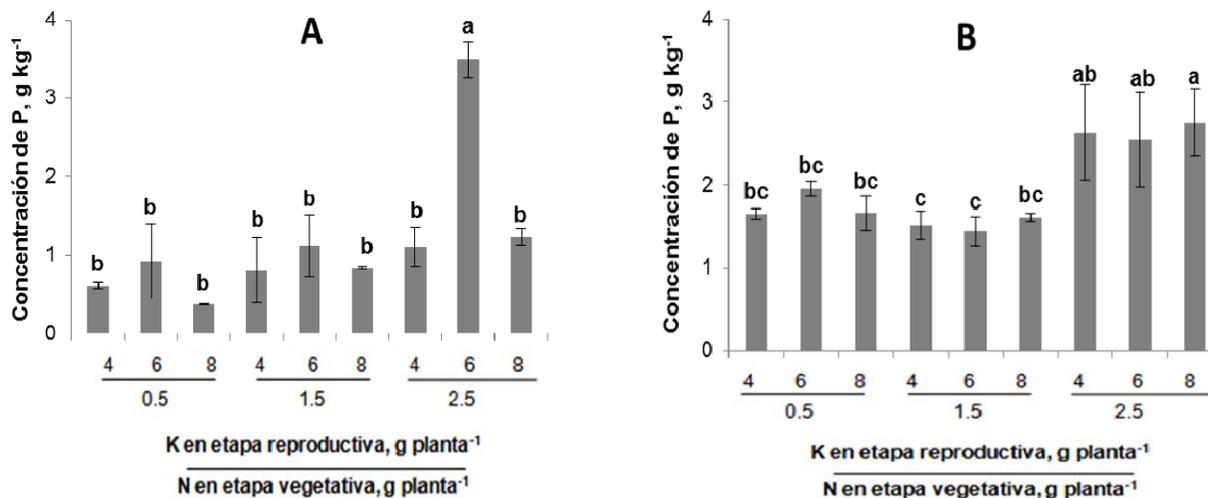


Figura 63. Concentración nutrimental de P, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de K en hojas en *Z. albomaculata*, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, observándose efectos positivos en ésta, con las dos dosis de N más altas que fueron evaluadas; asimismo, en estos tratamientos se observa relación positiva entre la dosis de K y la concentración foliar de este elemento (**Figura 64A**). En *Z. elliotiana* la dosis más alta de N utilizada, incrementó significativamente la concentración de K en hojas; mientras que, la dosis de K utilizada no afectó significativamente esta variable (**Figura 64B**).

En la especie *Z. albomaculata* la concentración de Ca en hojas si bien fue estadísticamente entre tratamientos, los resultados no se relacionan de manera directa con las dosis de N y K. Ejemplo de esto, es que independientemente de la dosis de N, con la dosis intermedia de K se tienen los mayores valores de concentración de este elemento (**Figura 65A**). Asimismo en *Z. albomaculata*, dosis baja y alta de N en fase vegetativa, independientemente de la dosis de K usada en fase reproductiva,

produjeron plantas con mayor concentración de Ca en hojas; efecto positivo del K en la concentración foliar de Ca, solo se es observado con la dosis baja de N (**Figura 65B**).

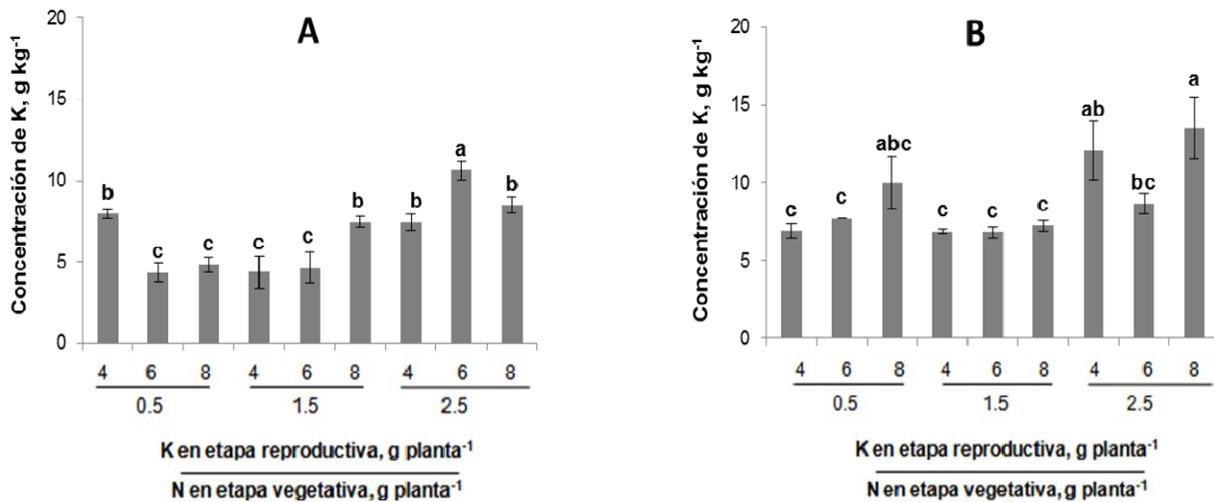


Figura 64. Concentración nutricional de K, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

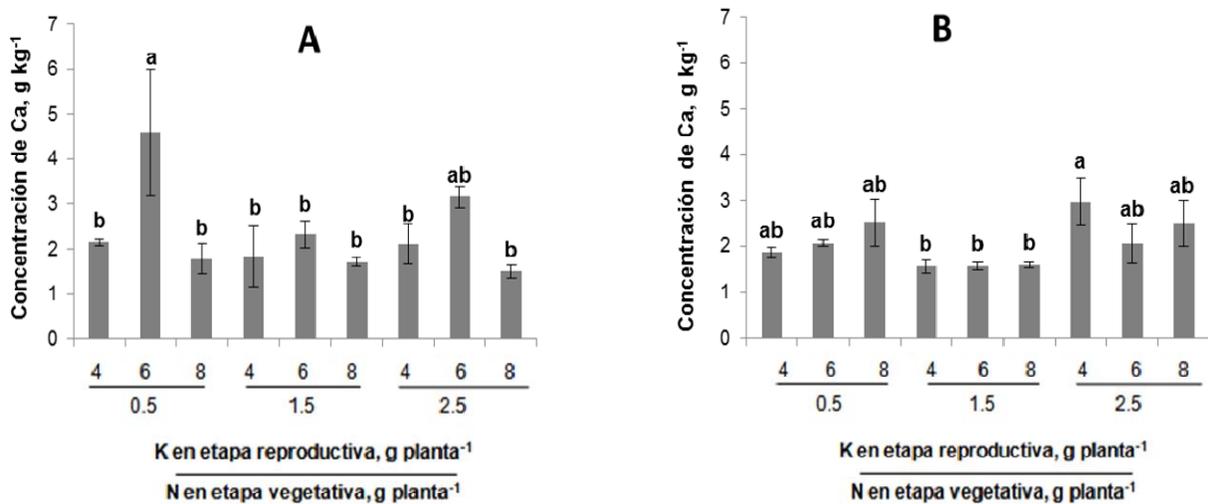


Figura 65. Concentración nutricional de Ca, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración de Mg en hojas de *Z. albomaculata*, siguió la misma tendencia que la concentración foliar de Ca; es decir, la mayor concentración de Mg se registró con la

dosis media de N, esto en todas las dosis de K aplicadas en fase reproductiva. No se observó efecto de K (**Figura 66A**). En *Z. elliotiana*, también la tendencia fue similar a la de Ca, la mayor concentración foliar de Mg se obtiene aplicando 2.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K (**Figura 66B**).

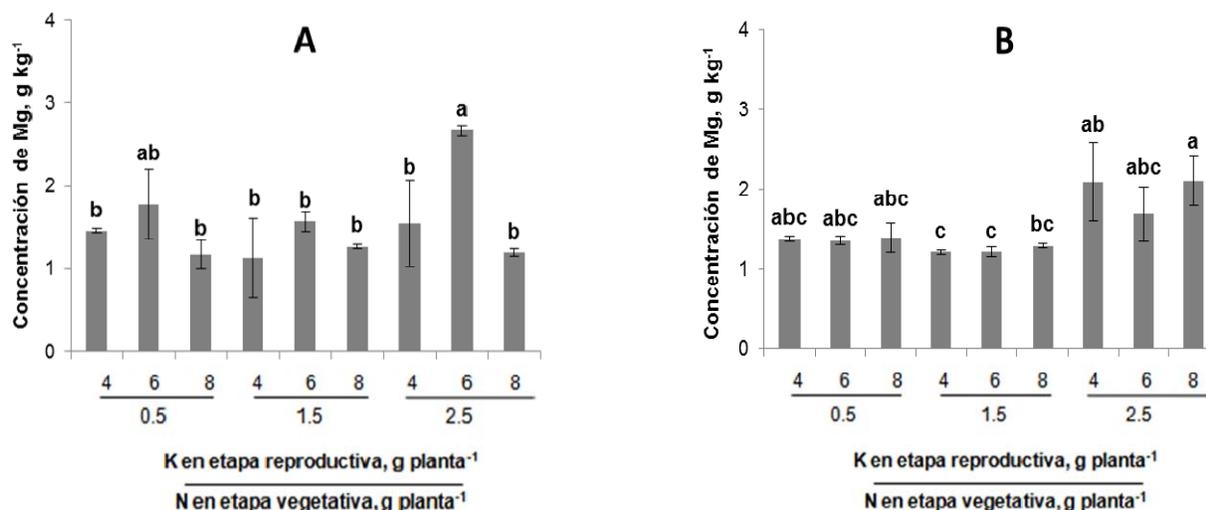


Figura 66. Concentración nutrimental de Mg, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Fe en hojas en *Z. albomaculata*, presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; la mayor concentración se tuvo al aplicar una dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, con una tendencia no definida para los elementos evaluados (**Figura 67A**). Por otra parte, en la especie *Z. elliotiana*, presento diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; la mayor concentración foliar de Fe se obtuvo aplicando 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (**Figura 67B**).

La concentración foliar de Cu en ambas especies, tienen las mismas tendencias observadas en Fe (**Figura 68A**). En particular, en la especie *Z. elliotiana*, se observan incrementos significativos en la concentración de Cu en hojas a medida que las dosis de N y K aumentaron, en las fases vegetativa y reproductiva, respectivamente (**Figura 68B**).

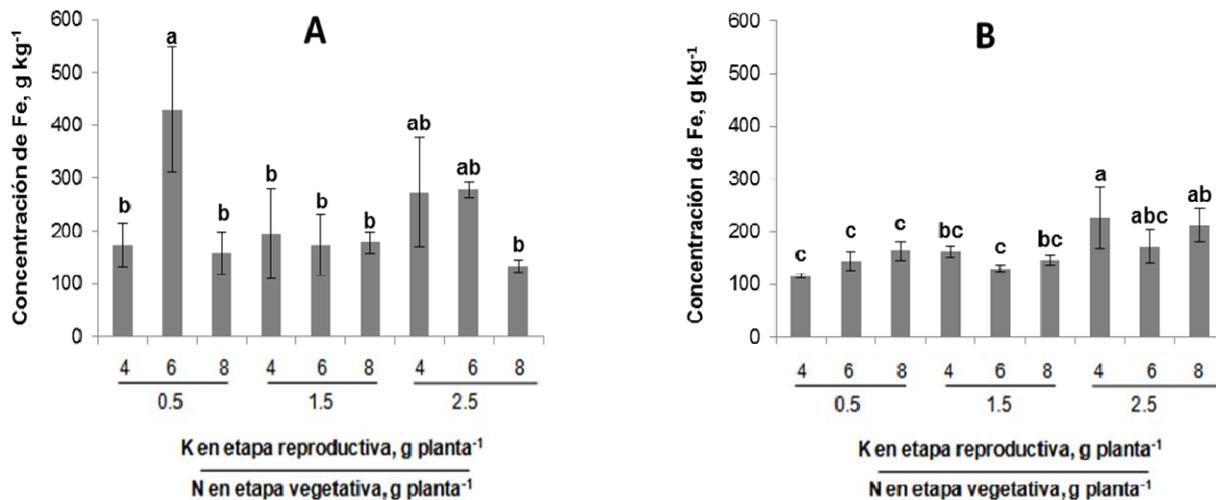


Figura 67. Concentración nutricional de Fe, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

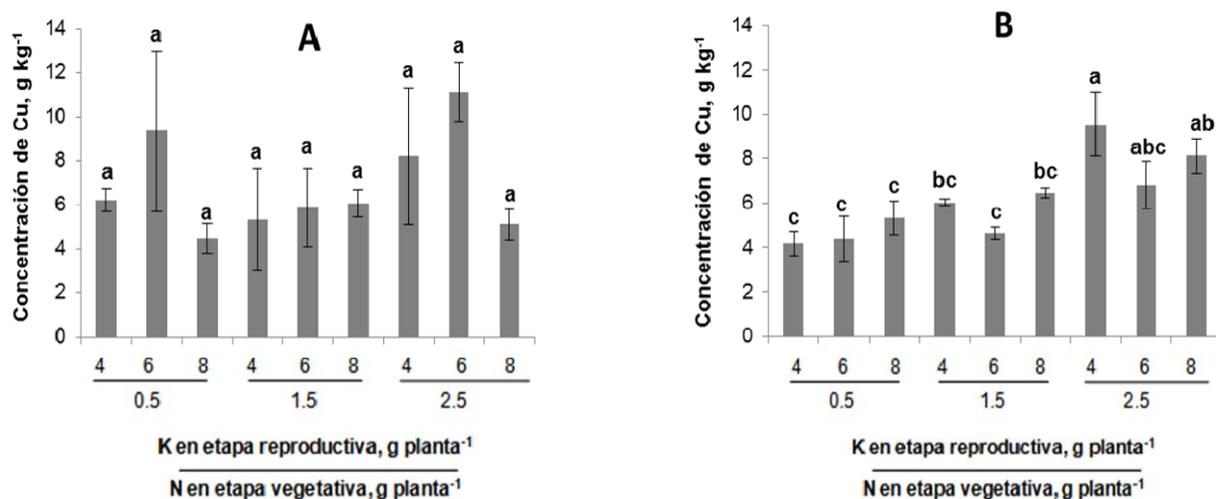


Figura 68. Concentración nutricional de Cu, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutricional de Zn en hojas en *Z. albomaculata* no presentó diferencias significativas entre tratamientos (**Figura 69A**). Por su parte, plantas de *Z. elliotiana* sí observaron diferencias significativas entre tratamientos (**Figura 69B**), siendo los tratamientos con 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K los que produjeron las mayores concentraciones de Zn en hojas.

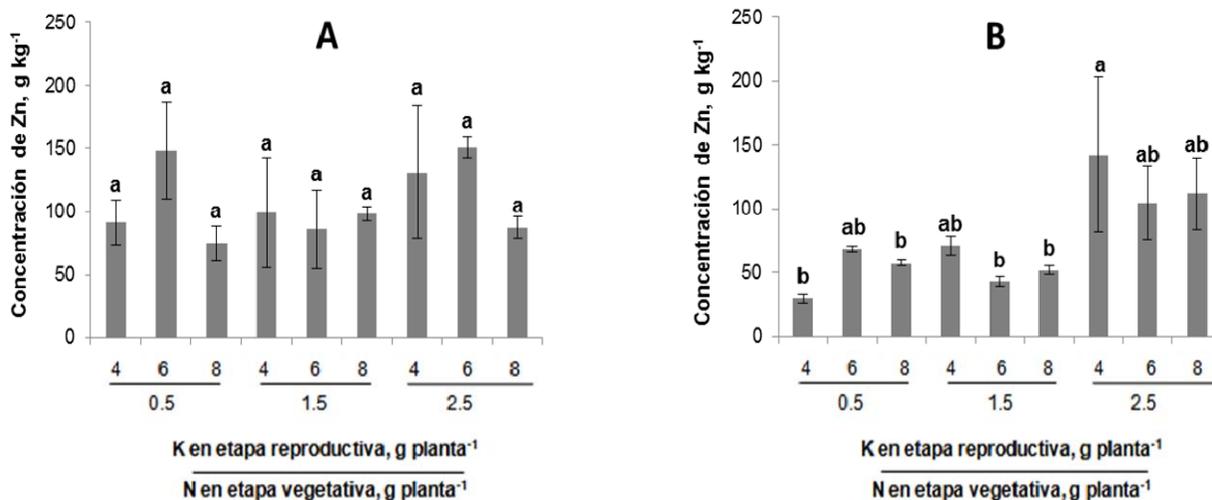


Figura 69. Concentración nutricional de Zn, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

De manera interesante, solo la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, favorecieron la concentración de Mn en hoja en *Z. albomaculata* (Figura 70A). Por su parte, en *Z. elliotiana*, la mayor concentración de Mn se observó aplicando 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (Figura 70B).

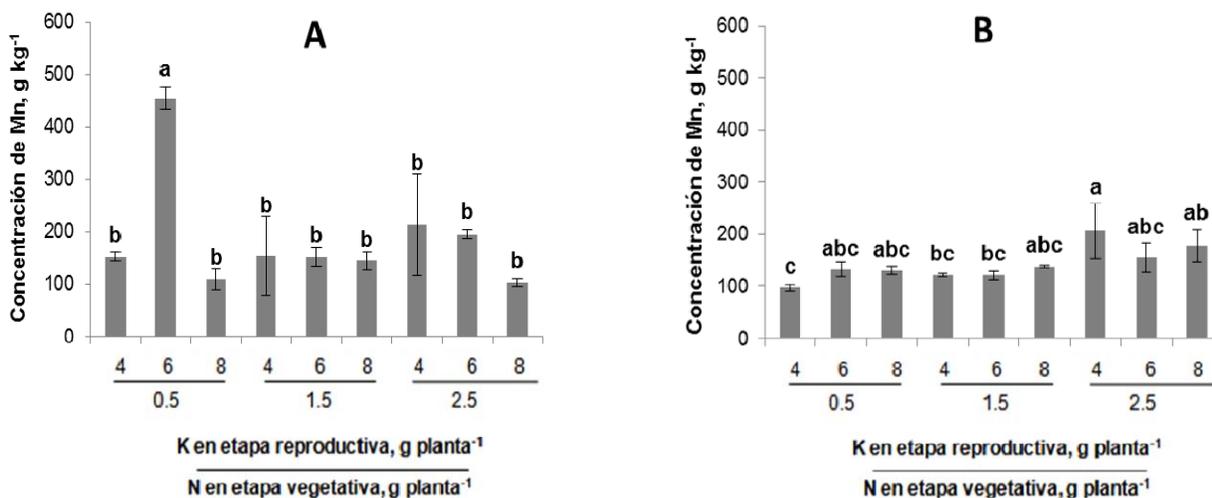


Figura 70. Concentración nutricional de Mn, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

De manera similar a lo ocurrido con Mn, la concentración nutrimental de B en hojas en *Z. albomaculata* fue mayor en plantas tratadas con dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K (**Figura 71A**). Por otra parte, en *Z. elliotiana*, la mayor concentración de B se obtuvo aplicando 2.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, y en general, se observó una respuesta más uniforme entre los tratamientos evaluados (**Figura 71B**).

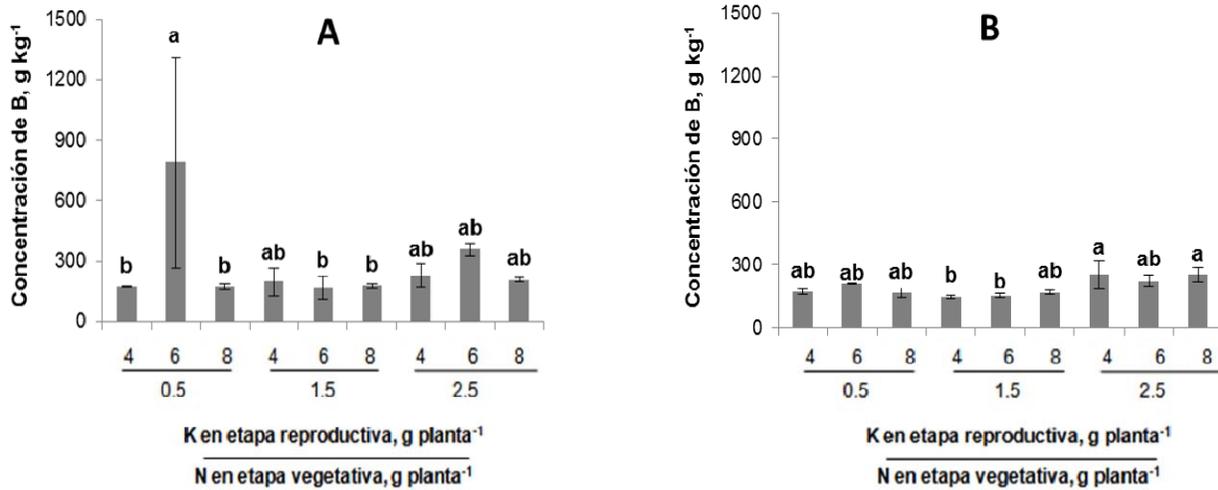


Figura 71. Concentración nutrimental de B, en hojas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.8.4 Análisis químico de tejido vegetal en rizoma

En rizomas de *Z. albomaculata*, la mayor concentración de N se registró en plantas tratadas con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, y en promedio, las concentraciones en esta especie fueron menores a las registradas en *Z. elliotiana* (**Figura 72**). En ésta última especie, la mayor concentración de N en rizoma se registró en plantas tratadas con 1.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, y se observa una tendencia de aumento en la concentración de N a medida que se incrementan los nutrimentos aplicados (N y K).

Con una tendencia contraria a lo observado en la mayoría de los nutrimentos medidos, la concentración de P en rizomas de *Z. albomaculata* fue mayor en dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, y a medida que se incrementaron las dosis de N y K, hubo una tendencia a disminuir los niveles de P (**Figura 73A**). De manera semejante, en *Z. elliotiana*, la mayor concentración de P se registró con 1.5 g planta⁻¹ de N y 8 g

planta⁻¹ de K, y a medida que se aumentaron las dosis de N y K en el medio de crecimiento, disminuyendo la concentración de P en rizoma (**Figura 73B**).

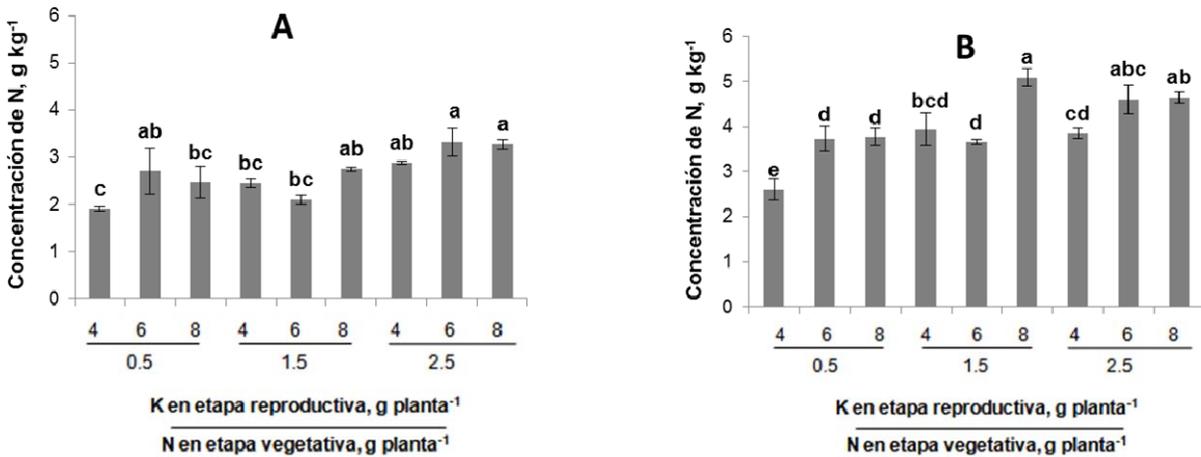


Figura 72. Concentración nutricional de N, en rizomas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

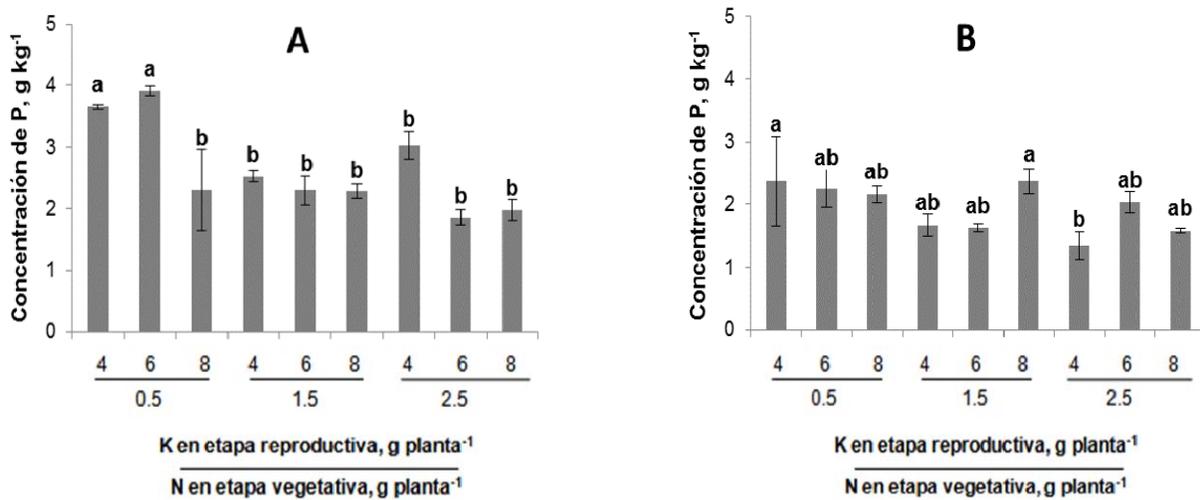


Figura 73. Concentración nutricional de P, en rizomas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

Una respuesta muy uniforme fue la observada respecto a la concentración de K en rizomas de *Z. albomaculata*, ya que la concentración de este elemento disminuyó a medida que se aumentaron las dosis de N y K en el medio de crecimiento,

registrándose el mayor valor para esta variable en plantas tratadas con 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (**Figura 74A**). En rizomas de *Z. elliotiana*, hubo una tendencia similar a la observada en *Z. albomaculata*, ya que la mayor concentración se obtuvo aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (**Figura 74B**).

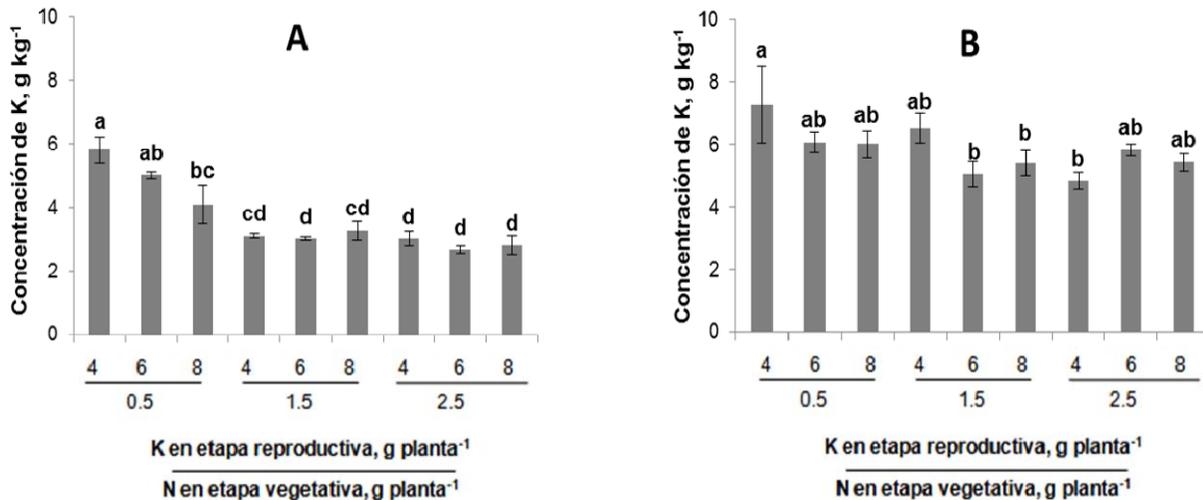


Figura 74. Concentración nutrimental de K, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

La concentración nutrimental de Ca en rizoma en *Z. albomaculata* disminuyó a medida que aumentaron las dosis de N y K aplicadas (**Figura 75A**), registrándose los mayores valores en plantas tratadas con 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K. En rizomas de *Z. elliotiana* (**Figura 75B**), la mayor concentración de Ca se obtuvo al aplicar 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, y en general, en ambas especies hubo una disminución de las concentraciones de Ca a medida que se aumentaron los niveles de N y K en la solución nutritiva.

En ambas especies de alcatraz en estudio, las mayores concentraciones de Mg se registraron en plantas tratadas con las dosis más bajas de N y K, y a medida que éstas aumentaron, se observó una disminución generalizada en la concentración de Mg en rizomas (**Figuras 76A y 76B**). Sin embargo, las respuestas fueron más homogéneas en *Z. albomaculata* que en *Z. elliotiana*.

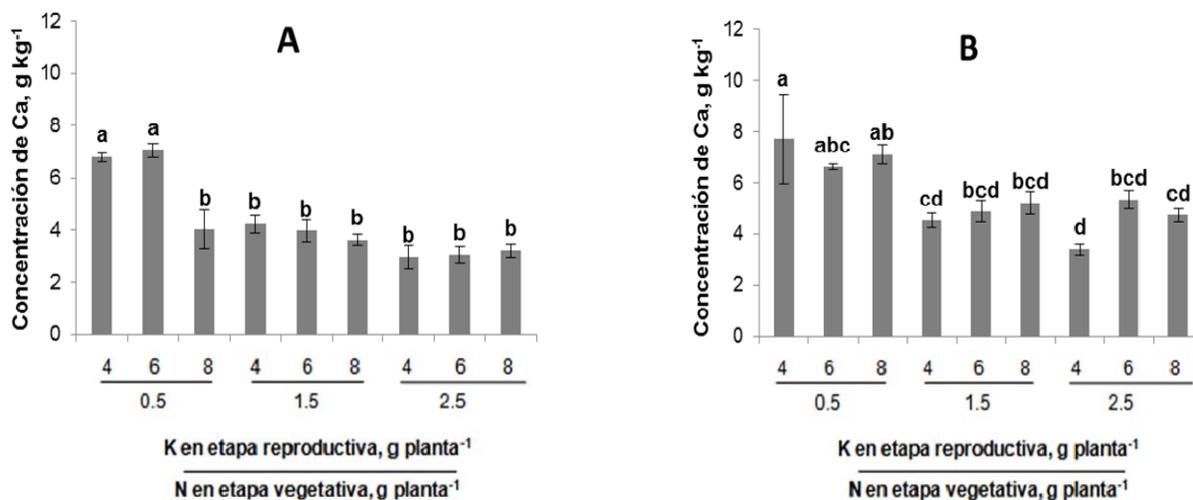


Figura 75. Concentración nutricional de Ca, en rizomas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

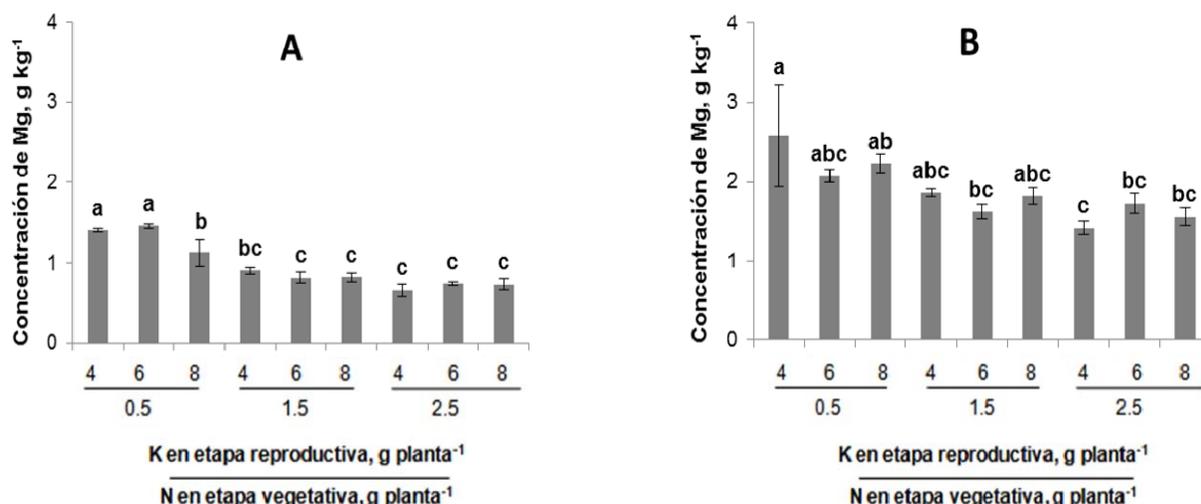


Figura 76. Concentración nutricional de Mg, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En la **Figura 77** se muestran las concentraciones de Fe en rizoma de plantas de alcatraz en respuesta a las diferentes dosis de N y K evaluadas. En *Z. albomaculata* se observa que la mayor concentración de este micronutriente en rizoma se registró en plantas tratadas con dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K. Respecto a *Z.*

elliotiana, la mayor concentración de Fe se obtuvo aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de Fe, al aumentar las dosis.

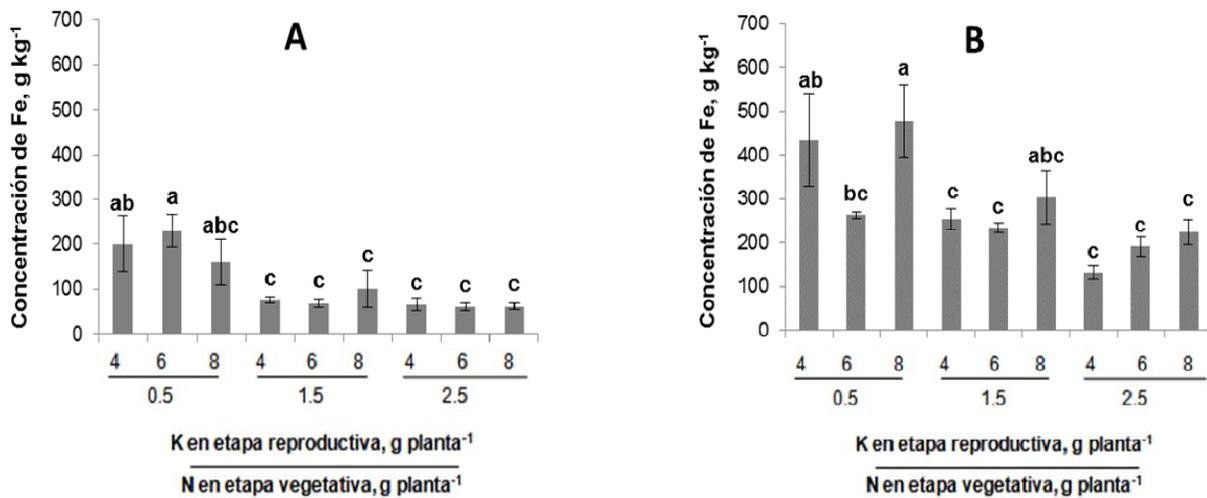


Figura 77. Concentración nutrimental de Fe, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

Los rizomas de la especie *Z. albomaculata* concentraron menores niveles de Cu que los de *Z. elliotiana*, y en general, las concentraciones de este macronutriente disminuyeron conforme aumentaron las dosis de N y K en la solución nutritiva. En rizomas de *Z. albomaculata*, la mayor concentración de Cu se registró en plantas tratadas con dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K. En *Z. elliotiana*, la mayor concentración de este micronutriente se obtuvo aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K (**Figura 78**).

De manera similar a la mayoría de los nutrientes descritos hasta ahora, la concentración de Zn fue más alta conforme menores fueron los niveles de N y K en la solución nutritiva. En específico, en rizomas de *Z. albomaculata*, la mayor concentración de Zn se presentó en plantas tratadas con 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. Para *Z. elliotiana*, la mayor concentración de este micronutriente se registró con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K (**Figura 79**).

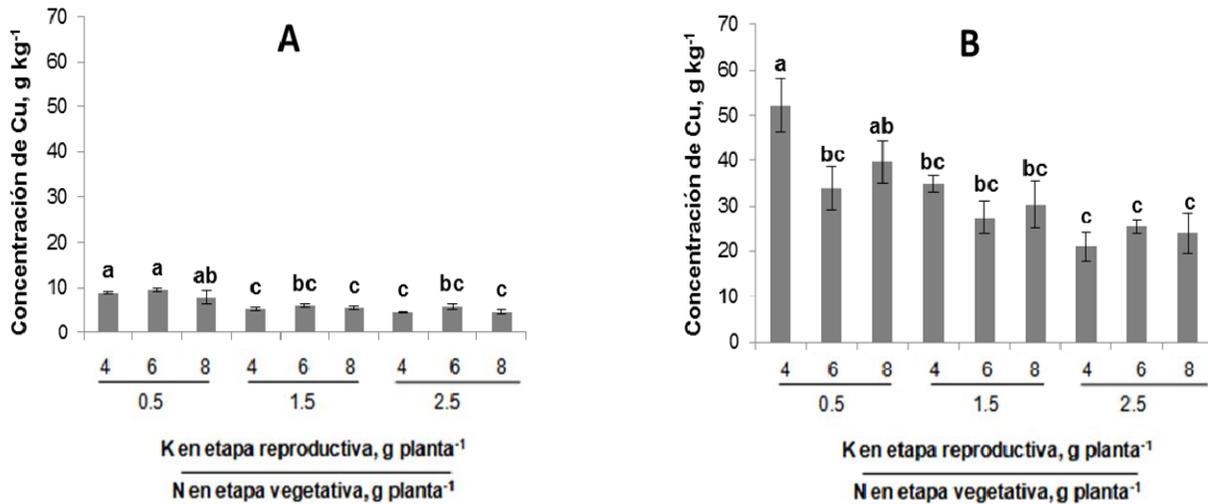


Figura 78. Concentración nutricional de Cu, en rizomas de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

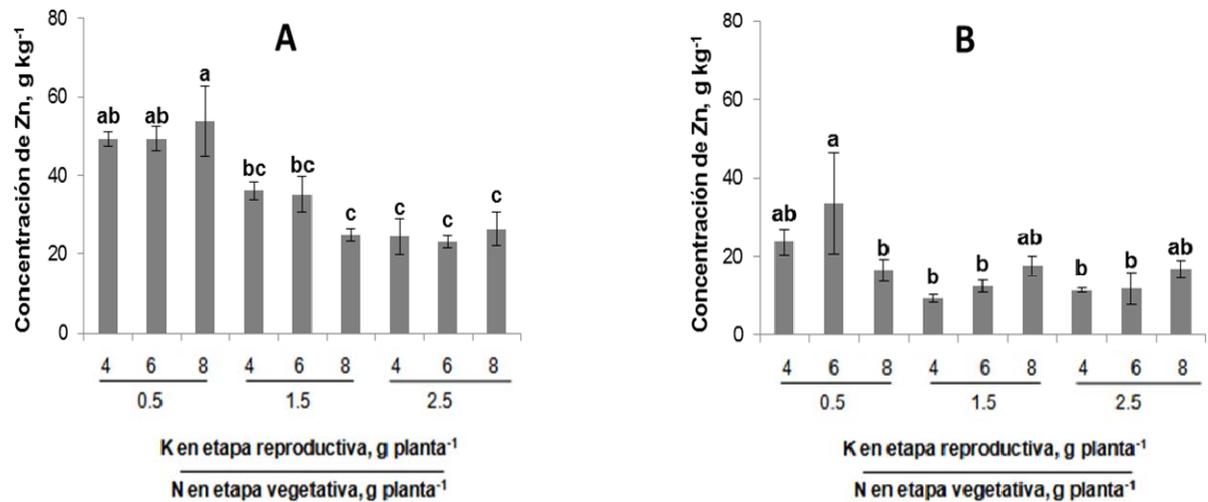


Figura 79. Concentración nutricional de Zn, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Respecto a Mn en rizoma en *Z. albomaculata*, la mayor concentración se obtuvo con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, mientras que al aumentar el nivel de N en la solución nutritiva, la concentración de Mn se mantuvo constante (**Figura 80A**). En *Z. elliotiana*, de manera general, hubo una tendencia de aumento en la concentración de Mn a medida que se incrementaron los niveles tanto de N como de K, aunque la

mayor concentración de este microelemento se observó con 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. De las dos variedades evaluadas, *Z. elliotiana* concentró mayores niveles de este micronutriente (**Figura 80B**).

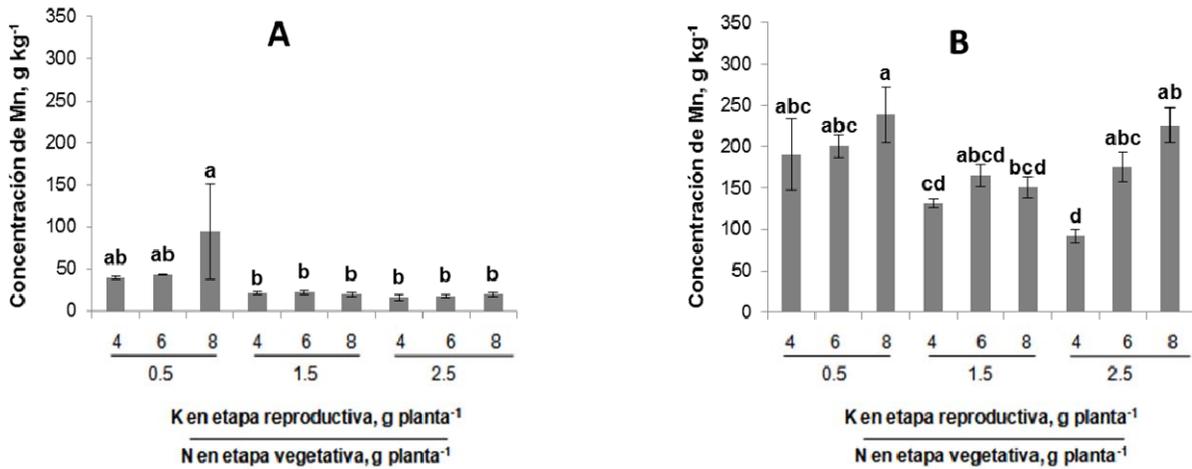


Figura 80. Concentración nutrimental de Mn, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras ± DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, P ≤ 0.05) entre tratamientos.

En *Z. albomaculata*, la concentración nutrimental de B en rizoma tendió a subir a medida que aumentaban los niveles de K en la solución nutritiva, manteniendo el nivel más bajo de N (0.5 g planta⁻¹) y a partir de este punto, las concentraciones de este micronutriente se fueron reduciendo, y fueron estadísticamente diferentes a las observadas con los menores niveles de N (**Figura 81A**). En *Z. elliotiana*, la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K produjo la mayor concentración de B en rizoma, y a partir de este nivel, las concentraciones del micronutriente tendieron a bajar (**Figura 81B**).

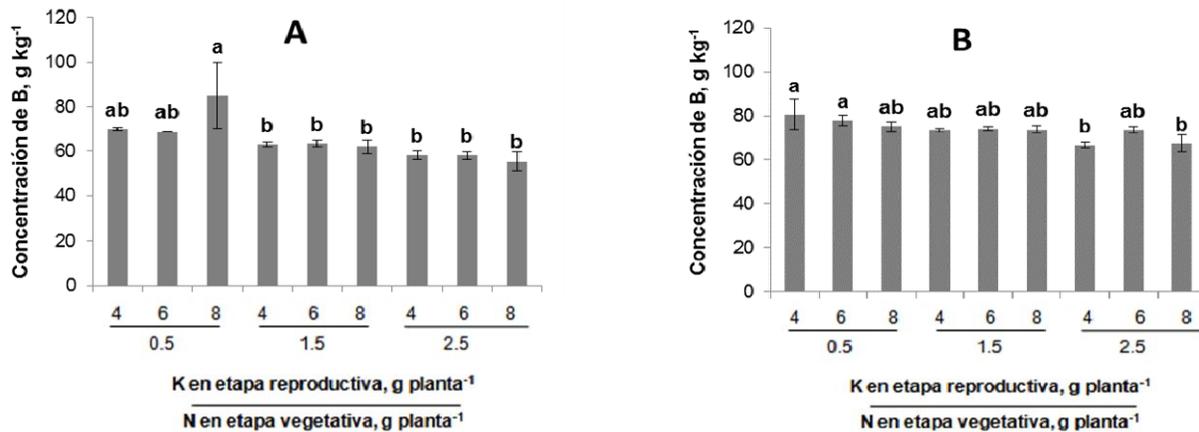


Figura 81. Concentración nutrimental de B, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.6.2.8.5 Análisis químico de tejido vegetal en rizoma (concentración final – inicial)

En *Z. albomaculata* se observaron diferencias significativas en la concentración nutrimental de N en rizoma al inicio del experimento respecto al final, siendo la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K la que generó la diferencia porcentual más alta (**Figura 82A**). En *Z. elliotiana*, incrementos en la concentración de N en rizoma al final del ciclo, se relacionaron positivamente tanto de N como de K adicionadas (**Figura 82B**).

La diferencia en la concentración nutrimental de P en rizoma en *Z. albomaculata* fue mayor en los tratamientos con menores dosis de N y K aplicados en la solución nutritiva (**Figura 83A**). En *Z. elliotiana* la mayor diferencia se observó al aplicar 1.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, y en general, al aumentar los niveles de K en la solución nutritiva, las concentraciones de P tendieron a disminuir (**Figura 83B**).

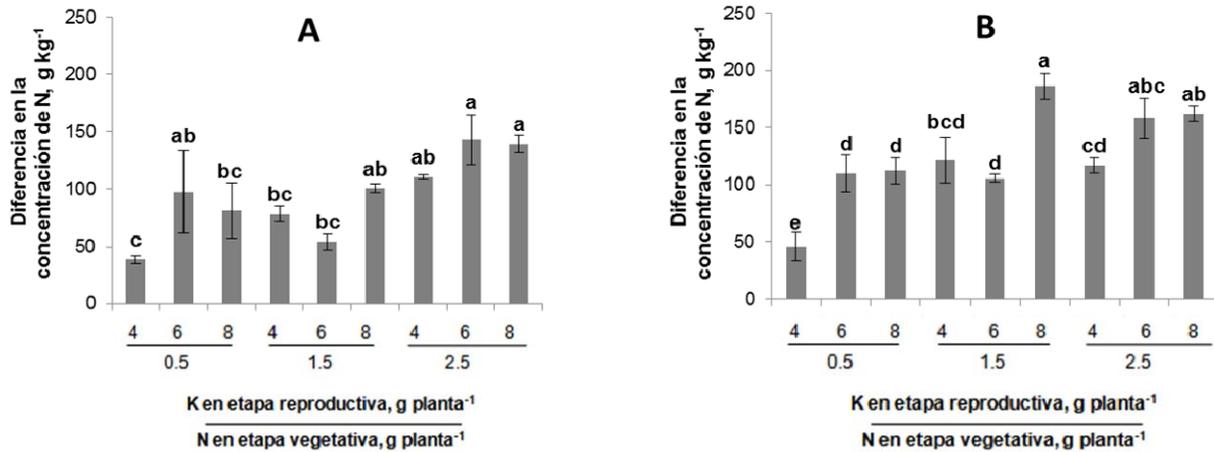


Figura 82. Diferencia en la concentración nutrimental de N, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

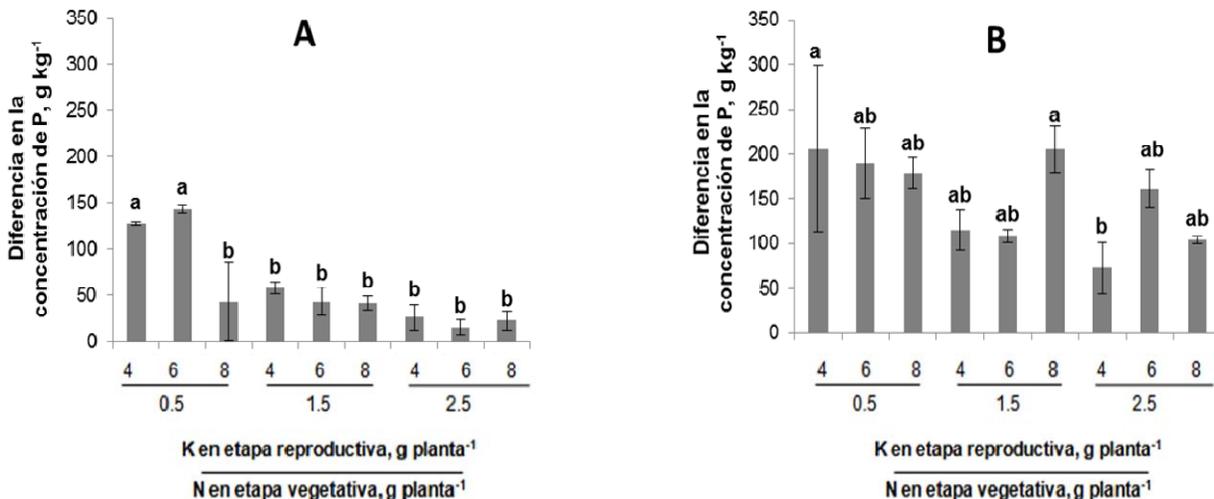


Figura 83. Diferencia en la concentración nutrimental de P, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Respecto a la diferencia en la concentración inicial y final de K en rizomas de *Z. albomaculata*, se observó que en dos primeros tratamientos ocasionaron acumulación de este macronutriente, mientras que el resto de los tratamientos se presentó mayor extracción y se observan tendencias negativas (**Figura 84A**). Por su parte, los rizomas de *Z. elliotiana* mostraron mayores diferencias con la aplicación de 0.5 g planta⁻¹ de N y

4 g planta⁻¹ de K, y al aumentar las dosis, las concentraciones de K en rizoma disminuyeron (**Figura 84B**). De forma distinta a lo observado en *Z. albomaculata*, en *Z. elliotiana* no se observaron resultados negativos respecto a este indicador.

Las diferencias en la concentración nutrimental de Ca en rizoma en *Z. albomaculata* fueron estadísticamente significativas; los tratamientos con bajas dosis de N y K concentraron mayores niveles de Ca, y al incrementarse las dosis de estos nutrimentos, se redujo la diferencia en concentración, incluso a llegar a números negativos con los mayores niveles de N y K en la solución nutritiva. En rizomas de *Z. elliotiana*, la mayor concentración se obtuvo aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de Ca, al aumentar las dosis de estos nutrimentos en solución (**Figura 85**).

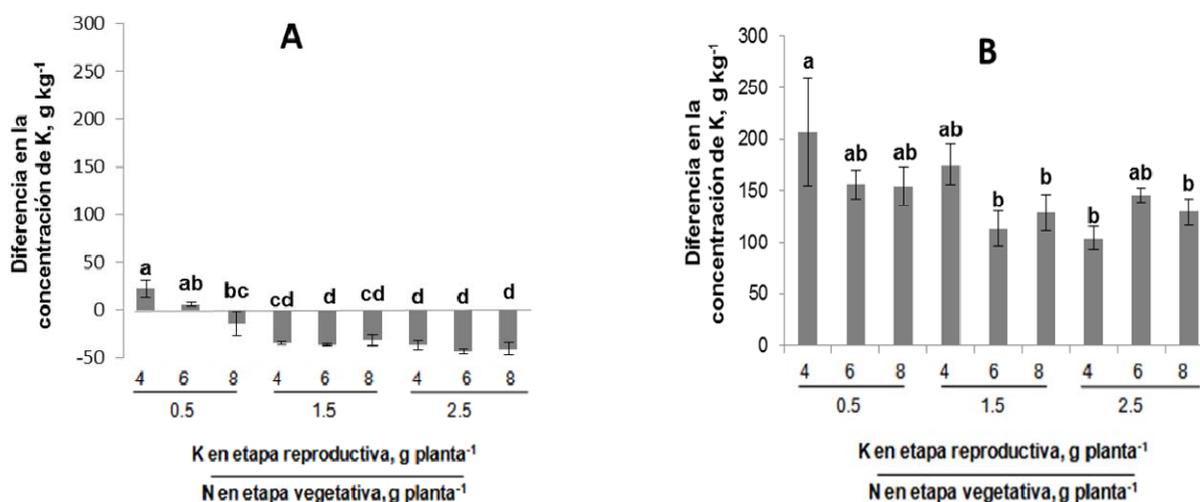


Figura 84. Diferencia en la concentración nutrimental de K, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

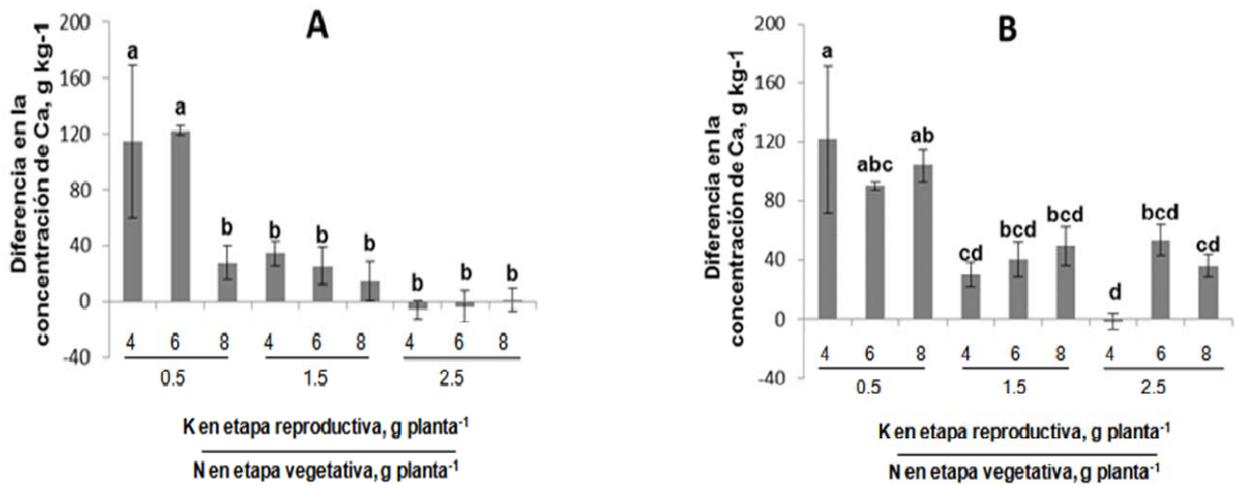


Figura 85. Diferencia en la concentración nutrimental de Ca, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Para el caso de Mg, las diferencias en la concentración nutrimental de Mg en rizoma en ambas especies fueron estadísticamente significativas entre tratamientos. En general, se observó una tendencia a disminuir la diferencia conforme se incrementan las dosis de N y K en la solución nutritiva. De aquí se desprende que a dosis altas de N, disminuyen las diferencias en la concentración de Mg en rizomas (**Figura 86**).

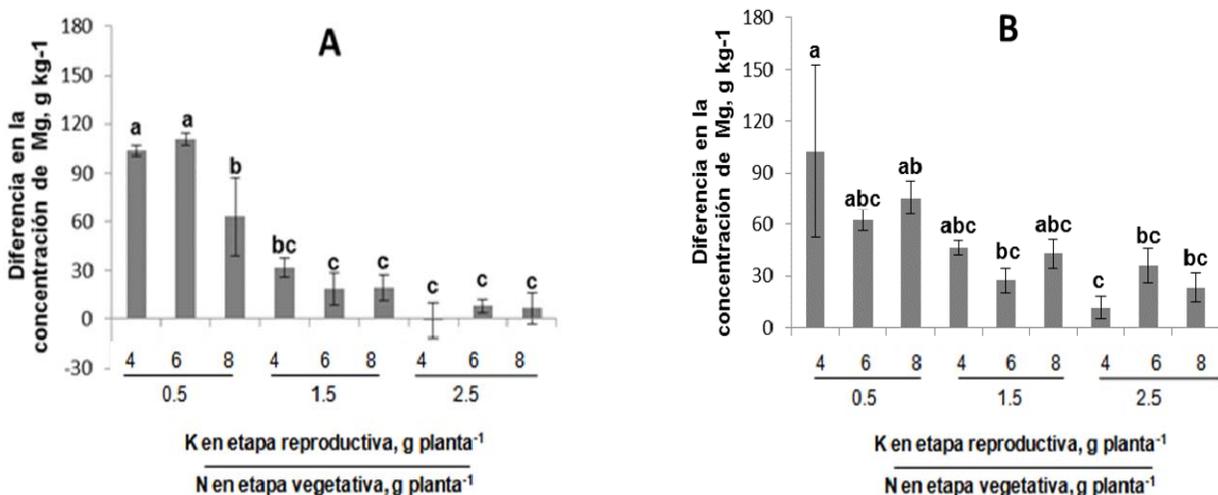


Figura 86. Diferencia en la concentración nutrimental de Mg, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

En rizomas de *Z. albomaculata* (Figura 87A), las dosis más bajas de N y K en la solución nutritiva ocasionaron mayores diferencias en concentración de Fe, y al incrementarse las dosis de los nutrimentos abastecidos a través del medio de crecimiento, disminuyeron tales diferencias en las concentraciones de Fe. En rizomas de *Z. elliotiana* se observaron las mismas respuestas que en *Z. albomaculata*, a excepción de las dosis más altas donde se extrajo Fe del rizoma y se tuvieron diferencias incluso negativas (Figura 87B).

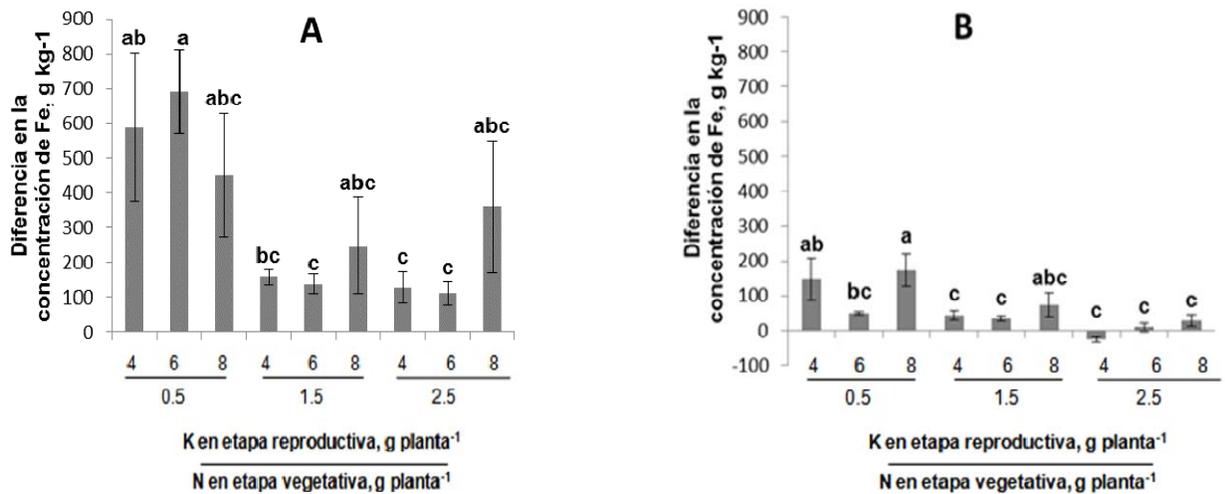


Figura 87. Diferencia en la concentración nutrimental de Fe, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Las diferencias en la concentración de Cu en rizoma en *Z. albomaculata* fueron estadísticamente significativas y mostraron que al incrementar los niveles de N y K en la solución nutritiva, las diferencias disminuían drásticamente, incluso a números negativos con las mayores dosis de N y K aplicadas. El caso de los rizomas de *Z. elliotiana* es extremo, pues las diferencias fueron completamente negativas en todos los tratamientos evaluados, lo que indica que los rizoma no lograron concentrar Cu a partir de la solución nutritiva, sino al contrario el rizoma les proporciono Cu, que demando el cultivo para su crecimiento (Figura 88).

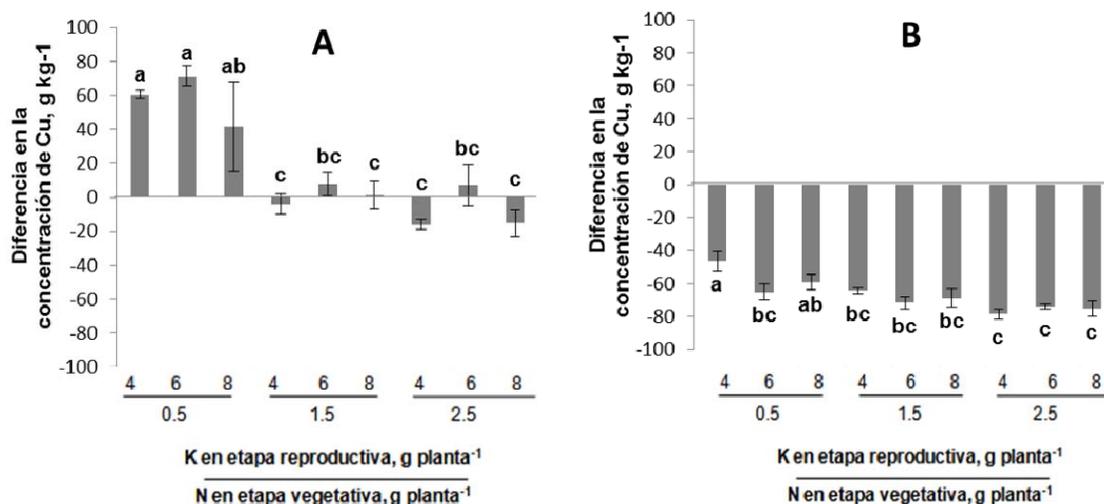


Figura 88. Diferencia en la concentración nutrimental de Cu, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Las diferencias en la concentración nutrimental de Zn en rizoma en *Z. albomaculata*, fueron estadísticamente significativas, y los mayores niveles se registraron en las plantas tratadas con las dosis menos elevadas de N y K; al aumentarse estas dosis, las diferencias tendieron a ser negativas (**Figura 89A**). En rizomas de *Z. elliotiana* (**Figura 89B**), la mayor concentración de Zn se obtuvo aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, y en los demás tratamientos, la concentración de este micronutriente disminuyó a medida que se aumentaron las dosis de N y K en la solución nutritiva.

En las plantas de *Z. albomaculata* tratadas con la menor dosis de N (0.5 g planta⁻¹) se observó que a medida que se aumentaron los niveles de K en la solución nutritiva, también se incrementaba la diferencia en la concentración de Mn (**Figura 90A**); sin embargo, al incrementarse los niveles de N en solución (a 1.5 y 2.5), las diferencias en la concentración de Mn disminuyeron respecto a las primeras, y en general se mantuvieron constantes. En esta especie la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K ocasionó la mayor diferencia en concentración de Mn. Por otra parte, en rizomas de *Z. elliotiana* (**Figura 90B**), la mayor concentración de Mn se observó al aplicar 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, aunque de manera general, esta especie tendió a concentrar menores niveles de Mn, en comparación con *Z. albomaculata*.

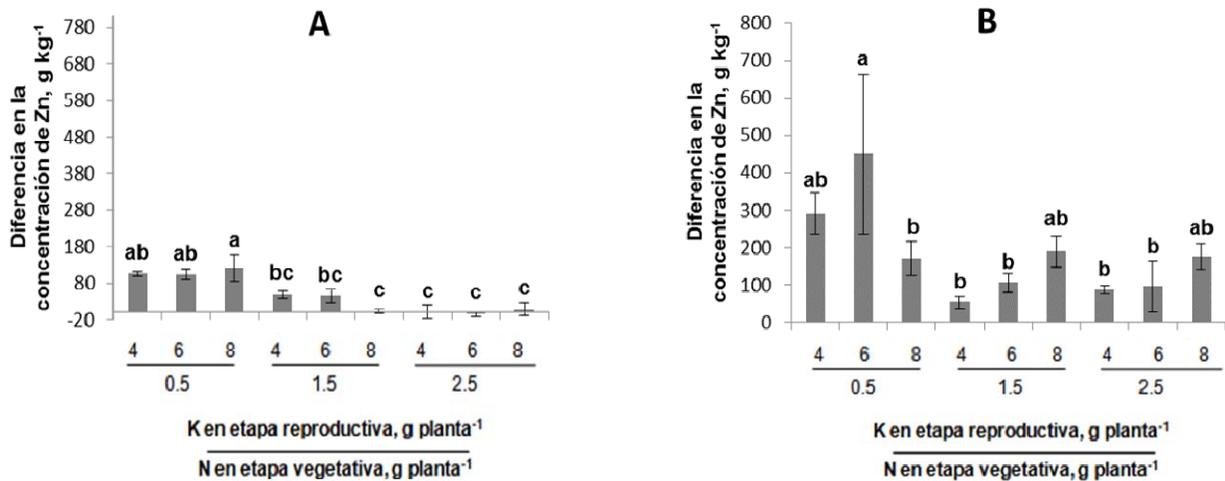


Figura 89. Diferencia en la concentración nutrimental de Zn, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

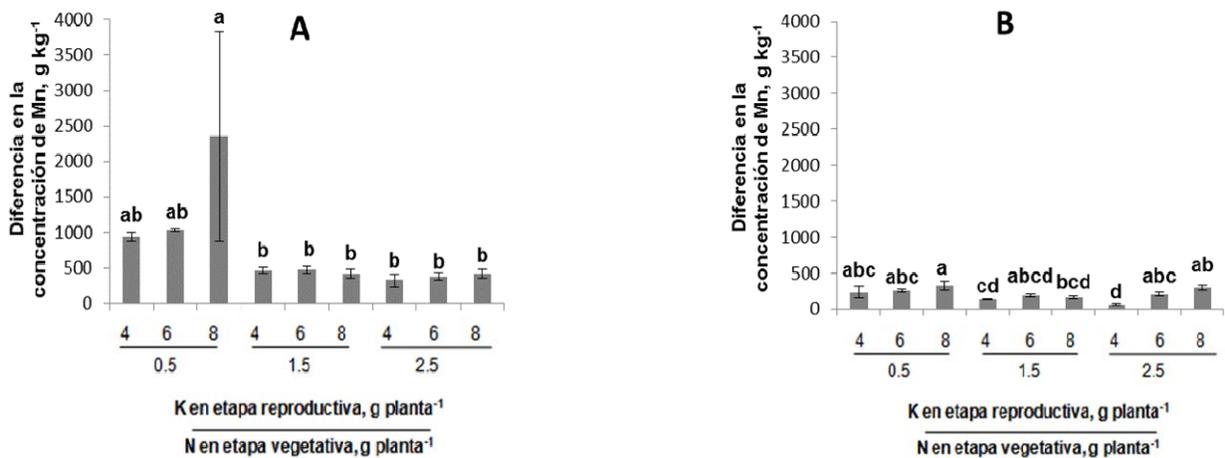


Figura 90. Diferencia en la concentración nutrimental de Mn, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

Las diferencias en la concentración nutrimental de B en rizoma en *Z. albomaculata*, fueron estadísticamente significativas. El único tratamiento que ocasionó una mayor concentración de B en rizomas fue el que utilizó 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K; el resto obtuvo el nutriente del rizoma inicial, y por lo tanto las diferencias fueron negativas (**Figura 91A**). En rizomas de *Z. elliotiana*, la mayor concentración se registró

aplicando 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K, disminuyendo la concentración de B, al incrementarse las dosis (**Figura 91B**). Es importante destacar las diferencias observadas entre especies, pues mientras *Z. albomaculata* mostró diferencias negativas (extracción de B a partir del rizoma), la especie *Z. elliotiana* tuvo diferencias positivas, aunque ambas con tendencia a disminuir las diferencias a medida que aumentaban las dosis de N y K en la solución nutritiva.

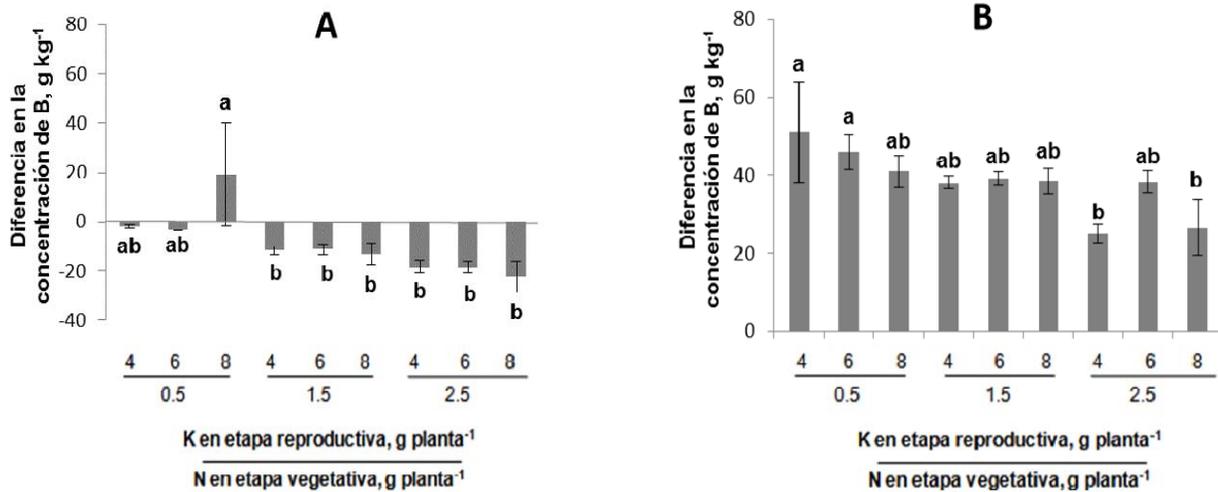


Figura 91. Diferencia en la concentración nutrimental de B, en rizoma de alcatraz *Z. albomaculata* cv. Captain Murano (A) y *Z. elliotiana* cv. Solar Flare (B), en respuesta a fertilización nitrogenada en etapa vegetativa y potásica en etapa reproductiva. Barras \pm DE con letras distintas en cada figura indican diferencias estadísticas significativas (LSD, $P \leq 0.05$) entre tratamientos.

2.7 Discusión general de la concentración de nutrientes

La concentración nutrimental en especies bulbosas, presenta una competencia entre los tejidos vegetativos y los órganos de reserva que es alterada por factores ambientales (Gómez, 2009). Marshner (2005), reporta como contenidos óptimos de N en tejidos, una concentración de N entre 2 y 5 % del peso seco de la planta.

En *Z. albomaculata* en flores la mayor concentración nutrimental de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn y B se obtiene con la aportación de una dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva. En *Z. elliotiana* la concentración nutrimental mayor de estos elementos se presentó con la aplicación de una dosis 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa

reproductiva, a excepción del N cuya concentración mayor se obtuvo con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva.

Las concentraciones nutrimentales superiores en tallos de *Z. albomaculata* de N, P se presentaron con las dosis máximas de cada nutriente, para K, Ca y B fue la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva, mientras que para el resto de los nutrientes Mg, Fe, Cu, Zn y Mn fue con 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K. En *Z. elliotiana* la mayoría de los nutrientes obtuvieron su máximo con la aplicación de 1.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva, a excepción del N que fue con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva.

En *Z. albomaculata* en hojas la mayor concentración nutrimental para N, P, K, Mg y Cu, fue con la aportación de una dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva, en cuanto a Zn, Mn, Ca, Fe y B, la mejor dosis fue de 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 6 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva.

En *Z. elliotiana* en hojas las mejores concentraciones nutrimentales se presentaron con la aportación de 2.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva, para N, Ca, Fe, Cu, Zn, Mn y B, mientras que para P, K y Mg, la dosis fue de 2.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K.

Los rizomas de *Z. albomaculata* donde se obtuvo una mayor concentración nutrimental de N, fue con la dosis de 2.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, para P, K, Ca, Mg, Fe y Cu, con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K y para el resto Zn, Mn y B, con 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 8 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva.

En *Z. elliotiana* la mayor concentración de N en rizomas se obtuvo con una dosis de 1.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 8 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva, mientras que para el resto de los nutrientes se obtuvo con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N en etapa vegetativa y 4 g planta⁻¹ de K en etapa reproductiva.

En *Z. albomaculata* la diferencia en la concentración en rizomas superiores se obtuvo para N 2.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, para el caso de P, K, Ca, Mg, Cu y Fe, fue con la dosis de 0.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K, siendo el Fe un elemento que presentó una extracción de este elemento del rizoma inicial

En *Z. elliotiana* las concentraciones nutrimentales mayores se presentaron para N y P con la dosis 1.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, para Fe, Zn y Mn fue de 0.5 g planta⁻¹ de N y 8 g planta⁻¹ de K, mientras que para el resto K, Ca, Mg, Cu y B fue de 0.5 g planta⁻¹ de N y 4 g planta⁻¹ de K.

Por lo anterior se deduce que *Zantedeschia albomaculata* requiere de altas dosis de N (2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y de bajas a medias de K (4 y 6 g planta⁻¹) en etapa reproductiva para obtener las mayores concentraciones nutrimentales en flores y hojas; mientras que para tallos, rizomas y la diferencia en la concentración de rizomas se requiere de la dosis baja de N (0.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y de medias a altas de K (6 y 8 g planta⁻¹) en etapa reproductiva. En *Z. elliotiana* las concentraciones mayores en hojas se obtiene con la dosis alta de N (2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y la dosis baja de K (4 g planta⁻¹) en etapa reproductiva; para tallos las dosis medias (1.5 g planta⁻¹ de N y 6 g planta⁻¹ de K), presentaron las concentraciones mayores; mientras que para flores, rizomas y la diferencia en la concentración de rizomas fue la dosis baja de N (0.5 g planta⁻¹) y la dosis baja y alta de K (4 y 8 g planta⁻¹), respectivamente.

2.8 Conclusiones

Existe un efecto diferencial en la nutrición nitrogenada y potásica en etapa vegetativa y reproductiva, respectivamente, entre especies.

En *Z. albomaculata*, la aplicación de la dosis alta de N (2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y alta de K (8 g planta⁻¹) en etapa reproductiva permiten la obtención de los mejores valores en los parámetros cuantitativos como son: altura de planta, ancho y longitud de espata, así como el peso fresco y seco total, mientras que para los parámetros cualitativos se requiere de la dosis baja a media de N (0.5 y 1.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa con la dosis más alta de K (8 g planta⁻¹) en etapa reproductiva, para obtener los valores mayores en inicio de floración y senescencia, vida en maceta, así como las concentraciones de clorofila y azúcares totales. Para obtener las mejores concentraciones nutrimental se requiere de la aplicación de dosis altas de N (2.5 g planta⁻¹) en etapa vegetativa y de bajas a medias de K (4 y 6 g planta⁻¹)

En *Z. elliotiana* presenta una demanda baja de N en etapa vegetativa y media de K en la etapa reproductiva (0.5 y 6 g planta⁻¹), respectivamente; para tener los valores más altos en los parámetros cuantitativos y cualitativos como son: altura de planta, longitud y ancho de espata, los diámetros apical, medio y basal, inicio de floración y senescencia, así como el contenido de proteínas totales. En cuanto a las concentraciones nutrimentales se requiere de la aportación de la dosis baja de N (0.5 g planta⁻¹) y la dosis baja y alta de K (4 y 8 g planta⁻¹), respectivamente.

2.9 Literatura citada

- Alcántar, C. G. y Sandoval V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C., Chapingo, México.
- Almeida, E. F. A. 2007. Nutrição mineral em plantas de copo-de-leite: deficiência de nutrientes e adubação silicatada. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG. 109 p.
- Almeida, E. F. A., Oliveira P. D., Frazao J. E., Souza F. A., Resende M. L e Campos M. L. 2009. Diferentes doses de NPK e esterco no crescimento e produção de inflorescencias em plantas de copo-de-leite (*Zantedeschiaaethiopica*). IV Congreso Argentino de Floricultura y Plantas Ornamentales y X Jornadas Nacionales de Floricultura. Argentina. 264-268 p.
- Ansari S., Hadav E., Salehi M., Moradi P. 2011. Application of microorganisms with nanoparticles of silver, humic acid and gibberellic acid on vase life of cut gerbera goodtimming. J. of Ornamental and Horticultural Plants Vol. 1(1), 27-33 pp.
- Belmont M. A. and Metcalfe C. D. 2003. Feasibility of using ornamental plants (*Zantedeschia aethiopica*) in subsurface flow treatment wetlands to remove nitrogen, chemical oxygen demand and nonylphenol ethoxylate surfactants—a laboratory-scale study. Environmental and Resource Studies Program, Trent University, Peterborough, Ont., Canada K9J 7B8.

- Bremner, M.J. 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. Black, C. A. (ed.). pp. 1149-1178. American Society of Agronomy. Madison, WI, USA.
- Carneiro, D. N. M. 2009. Acúmulo de nutrientes em copo-de-leite em fase inicial de cultivo. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG. 53 p.
- Clark, C. J. and H. L. Bolding. 1991. Biomass and mineral nutrient partitioning in relation to seasonal growth of *Zantedeschia*. *Scientia Horticulturae* 47: 125 – 135.
- Clemens, J., D. Dennis. R. Butler., M. Thomas., A. Ingle., y T. Welsh. 1998. Mineral nutrition of *Zantedeschia* plants affects plant survival, tuber yield, and flowering upon replanting. *Journal of Horticultural Sciences & Biotechnology* 73(6): 755-762 p.
- Cruz, C. J. G., Ramirez J., y Torres P. A. 2003. Sombreado, fertilizantes y un bioregulador natural para mejorar el crecimiento de *Zantedeschia* en un área tropical de altura de México. *Revista de Geografía Agrícola*. 33: 163-170.
- Cruz, C. J. G., Torres P. A., Alfaro C. M., Albores G. M. L., y Murguía J. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en poscosecha del alcatraz ‘Green Goddess’ (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en condiciones tropicales. *Revista Chapingo serie Horticultura* 14 (2): 207- 212.
- Corr B. E. and R. E. Widmer. 1991. Paclobutrazol, Giberellic Acid, and Rhizome Size Affect Growth and Flowering of *Zantedeschia*. University of Minnesota, St. Paul. *HortScience* 26(2): 133-135.
- Devecchi, M. and Remotti D. 2003. Influence of fertilization on vegetative growth and flowering of the Calla (*Zantedeschia aethiopica* Spreng.). *Acta Hort.* 614: 541-545.
- Días F. K. 2010. Nutrição mineral e índices biométricos de copo-de-leite cultivado sobdeficiênciamúltipla de nitrogênio e fósforo. Tese (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG. 114 p.

- Favela C. E., R, P. Preciado y M. A. Benavides. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. 148 p.
- Fong, T. Y. and Chung S. 2003. Effects of nitrogen amount and organic médium on the growth and cut flower yield of calla Lily (*Zantedeschia hybrids*). Taichung District Agricultural Improvement Station Reporting 78: 13-21.
- Funell, K. 1993. *Zantedeschia*. In: De Hertogh, A. y Le Nard, M. (Eds.). The Physiology of Flower Bulbs. Amsterdam, Holland. Elsevier Science. pp. 683- 704.
- Geiger, M.; P. Walch-Liu; C. Engels; J. Harnecker; E. D. Schulze; F. Ludewig; U. Sonnewald; W. R. Scheible; and M. Stitt. 1998. Enhanced carbon dioxide leads to a modified diurnal rhythm of nitrate reductase activity and higher levels of amino acids in young tobacco plants. *Plant Cell Environ.* 21: 253-268.
- Gómez, S., C. R. Bonilla., y J. C. Menjívar. 2010. Absorción de nutrientes en *Zantedeschia elliotiana* variedad Cristal Blush y su relación con la producción de biomasa en condiciones de la zona cafetera de Colombia. *Acta Agronómica* 59 (4): 462–472.
- Gómez, P. S. 2009. Absorción de nutrientes de *Zantedeschia elliotiana* (calla lily) en diferentes estados fenológicos como punto de partida para la determinación de requerimientos nutricionales del cultivo en condiciones del eje cafetero colombiano. Universidad Nacional de Colombia. Maestría en ciencias agropecuarias. 181 p.
- González, L. D.M. 2009. Solución nutritiva universal Steiner con diferentes concentraciones de N-NO₃ para el cultivo de alcatraz blanco (*Zantedeschia albomaculata*) y amarillo (*Zantedeschia elliotiana*). Universidad Autónoma Chapingo. Tesis de Licenciatura. 79 p.
- Harborne, J. B. 1973. Chlorophyll extraction. In: J. B. Harbone (ed.). *Phytochemical Methods*. Recommended technique. Chapman and Hall, London. 278 pp.

- Höfner, R. L., Vásquez M. L., Abou, M. A.A., Bohnert. H. J., and Schmitt J. M. 1989. Two isoforms of phosphoenolpyruvate carboxylase in the facultative CAM plant *Mesembryanthemum crystallinum*. *Planthysiol. Biochem.* 27: 803-810.
- Jin, F. W. 2007. Study on optimization of in vitro rapid propagation condition and effect of N, P and K nutrition on growth of *Zantedeschia hybrida* in seeding period. Nanjing Agricultural Collage.
- Lee, J. J., Jeong J. S., Kwon Y. R., Kim J. C. and Ho J. H. 2003. Growth and cut flower yield of calla Lily (*Zantedeschia aethiopica* "Childsana") as affected by different rations of ammonium-N and nitrate-N in hydroponics. *Flower Res Soc.* 11 (1): 89-93.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich. Fla. USA. 543 p.
- Marschner, H. 2005. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press, London. 98 p.
- Moore, S. and Stein, W. H. 1954. Techniques of Laboratories. *J. Biol. Chem.* 38: 211-907. Publicación Especial Núm. 10. SMCS. Chapingo, México. 150 p.
- Perdomo C. 2010. Nitrógeno. Cátedra de fertilidad. Área de Suelos y aguas. Facultad de Agronomía. Universidad de la república. Montevideo Uruguay.
- Pereyra C. M. 2001. Asimilación del nitrógeno en plantas. Facultad de Agronomía Universidad de La Pampa. 16 p.
- Pérez, C. I. 1998. Aplicación de ácido giberélico y Thidiazuron en alcatraz (*Zantedeschia elliotiana*), para incrementar flores bajo invernadero. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia UACH. Chapingo, México. pp. 11-20.
- Ramírez, M. M. 2006. Evaluación de mezclas de sustratos y relaciones K^+ / Ca^{2+} , en la solución nutritiva en la producción hidropónica de tulipán. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Estado de México. pp.182.

- Reyes S., M. I.; M. A. Villegas; M. T. Colinas L.; y G. Calderón Z. 1998. Peso específico, contenido de proteína y de clorofila en hojas de naranjo y tangerino. Especialidad de Postgrado en Fruticultura. IREGEP. Colegio de Postgraduados.
- Segeren, F. A. 2010. Absorção de nutrientes em duas cultivares de copo-de-leite colorido (*Zantedeschia* sp.) sob fertirrigação. Tese (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”. San Paulo, Brasil. 74 p.
- Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. *In*: ISOSC Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. 633-649.
- Southgate, D. A. 1976. Determination of food carbohydrates. Applied Science Publishers. LTD. London. 105 pp.
- Tjalling, H. H. 2006. Nutrición Vegetal de Especialidad Tomate. Guía de Manejo. The Worldwide Business Formula SQM. 84 p.
- Tischner, R. 2000. Nitrate uptake and reduction in higher and lower plants. *Plant, cell and environment*. 23 (10): 1005-1024.
- Wright P. J y Burge G. K. 2000. Irrigation, sawdust mulch, and Enhance® biocide *Journal of Crop and Horticultural Science*, 28:3, 225-231.
- Zhao D., Han Ch., Tao J., Wang J., Hao Z., Q Geng, Dui B. 2012. “Effects of inflorescence stem structure and cell wall components on the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony”, *Int. J. Mol. Sci.*, Vol. 13(4) 4993-5009 pp.

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DEL ALCATRAZ EN EL MUNICIPIO DE LA PERLA, VERACRUZ.

3.1 INTRODUCCIÓN

En 2010, la superficie mundial de plantas y planta de maceta ascendió a 702.4 mil hectáreas, donde nuestro país ocupa el cuarto lugar en superficie sembrada (SAGARPA, 2012).

En el campo de la floricultura, México tiene un gran potencial, gracias a las favorables condiciones climáticas de algunas regiones para el desarrollo de la actividad y la cercanía geográfica con Estados Unidos, segundo consumidor de flores en el mundo (ASERCA, 2008).

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación informó que se incrementó en 2.8% la exportación de flores a Europa, entre 2010 y 2011, producto de una mayor difusión de los productos agrícolas del país. (ASERCA, 2012).

Así mismo, en el territorio nacional la cosecha de 2010 fue de 23 mil 183 hectáreas, con un valor de producción de cinco mil 445 millones de pesos generados por 25 mil 500 productores de flores de corte (SAGARPA, 2012).

Hay 26 estados de la República Mexicana que se dedican a la producción de flor, las entidades líderes son: Estado de México con 55 mil 552 toneladas; Distrito Federal, 17 mil 364; Jalisco, ocho mil 565; Morelos, ocho mil 275, y Puebla, seis mil 102 toneladas (SAGARPA, 2012).

De acuerdo con el Comité Nacional de Sistema Producto Ornamentales, el tipo de flor que más prefieren los compradores es la rosa, seguida de la gerbera, anturio, liliun, tulipán, crisantemo, gladiola, clavel y los follajes de corte (SAGARPA, 2012).

En México, se cultiva principalmente el alcatraz blanco (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) o 'Criollo' a cielo abierto en ámbitos templados y húmedos (Cruz *et al.*, 2008); esta ornamental en nuestro país tiene una demanda alta por los consumidores (Cruz y Cárdenas, 1997).

El alcatraz es el segundo cultivo en la lista de importancia económica de plantas ornamentales que se producen en el estado de Veracruz (García *et al.*, 2008); dicha

producción se desarrolla principalmente en las zonas templadas, específicamente la zona de Orizaba, establecido a cielo abierto. Sin embargo, la producción ha perdido importancia debido a la falta de asesoría técnica en el sistema de producción, y principalmente por la falta de atención a las plagas y enfermedades que atacan al cultivo.

La cadena de valor es una herramienta importante para generar que las operaciones de una empresa funcionen de forma eficiente desde la obtención de materia prima hasta la venta del producto (Viñas, 2010); las actividades de valor que desempeña una empresa son aquellas que difieren física y tecnológicamente y por medio de las cuales, una organización crea un producto valioso para sus compradores; dichas actividades pueden dividirse en dos tipos, primarias y de apoyo. Las primarias implican una creación física del producto y su venta, mientras que las de apoyo son aquellas implicadas en la competencia (Garraida, 2013).

Así mismo, la información bibliográfica sobre el cultivo del alcatraz es escasa y muy antigua; en base a lo anterior, este trabajo se realizó en La Perla, Veracruz con productores de alcatraz, con la finalidad de conocer los eslabones que integran la cadena de valor en la producción de esta especie ornamental. El sitio de estudio, La Perla, fue elegido por ser el líder nacional en la producción de este cultivo, además que ocupa el segundo lugar por su importancia socioeconómica, después de la palma camedor; mientras que en cuanto al nivel de empleo contribuye significativamente a la generación de fuentes de empleo por ser intensivas en el uso de mano de obra y contar con una superficie considerable de cultivo (García *et al.*, 2008).

3.2 REVISIÓN DE LITERATURA

3.2.1 IMPORTANCIA DEL ALCATRAZ, CLASIFICACIÓN Y MORFOLOGÍA

La floricultura representa una actividad de relevante significado económico, turístico y artístico que requiere ser valorada, desde siempre, los seres humanos han apreciado la expresividad y la belleza de las flores naturales, por lo que la floricultura representa una alternativa económica que en los últimos años está cobrando gran auge (ASERCA, 2008).

El cultivo de ornamentales es una actividad antigua con gran importancia cultural, como parte de una tradición para usos festivos o domésticos, en este sentido, nuestros

antepasados le dieron un valor estético al alcatraz blanco por su arquitectura (Leszczyńska y Borys, 2002).

Actualmente el alcatraz (*Zantedeschia* sp.), comprenden un grupo de plantas muy apreciadas en el mercado nacional, debido a que el mexicano se encuentra muy familiarizado con estas flores, ya que se considera como un producto hortícola de fuerte arraigo nacional (Cruz y Cárdenas, 1997).

Uno de los principales estados de la República Mexicana que se dedican a la producción de esta especie es el estado de Veracruz, en particular en el municipio de La Perla, Veracruz, debido en parte a la bondad del clima de esa región y el escaso nivel tecnológico que se aplica en su producción (Plan Municipal de Desarrollo 2008-2010, 2008). Como consecuencia de esto, se ha creado un problema fitosanitario que llega a ocasionar la pérdida de hasta el 90% de la plantación, por lo que este cultivo tiende a perderse ya que hasta la fecha no se han determinado las causas que han ocasionado la desaparición casi total y disminución del rendimiento del alcatraz. En suma, la falta de información sobre los requerimientos en el sistema de producción, el desconocimiento de los productores sobre el manejo del cultivo, la falta de asesoría técnica, y el manejo inadecuado de las plagas y enfermedades; son factores que han incidido en forma negativa en esta especie.

3.2.1.1 Origen

Botánicamente, esta planta pertenece a la familia Araceae, la cual abarca varios géneros entre los que se encuentra el *Zantedeschia*; este género comprende siete especies (*Z. aethiopica*, *Z. rehmannii*, *Z. jucunda*, *Z. elliotiana*, *Z. petlandii*, *Z. albomaculata* y *Z. odorata*) y dos subespecies (*Z. albomaculata* ssp *albomaculata* y *Z. albomaculata* ssp *valida*) (Chaín *et al.*, 2000).

3.2.1.2 Clasificación botánica (Sánchez, 2001)

Familia: Araceae

Subfamilia: Philodendroideae

Tribu: Zantedeschieae

Género: *Zantedeschia*

Especie: *aethiopica*

3.2.1.3 Morfología

Zantedeschia aethiopica: Esta especie es la cala común, la cual se caracteriza por poseer un rizoma alargado y ramificado como órgano de propagación, el cual no presenta dormancia, pero sí una latencia estival por falta de humedad (Zamorano, 2010).

Las **hojas** son pecioladas, enteras, lobadas o partidas, los pecíolos envainados al menos en las bases, hojas reducidas o catafilos frecuentemente presentes en los tallos; inflorescencias una a numerosas por axila, o bien, terminales (Hernández, 2013).

El **tallo** es un rizoma tuberoso que posee yemas principales y accesorias que dan origen a hojas, tallos florales y raíces. Es una estructura de almacenamiento que le permite guardar sustancias de reserva que serán utilizadas en el siguiente ciclo de producción.

La **raíz** es carnosa, adventicia y ramificadas; la principal deja de crecer muy pronto quedando el sistema radical formado por numerosas raíces delgadas que nacen en la parte superior del rizoma (Letty, 1973).

La **inflorescencia** está compuesta por un espádice sobre el cual se ubican las flores masculinas y femeninas, rodeado por una bráctea coloreada que recibe el nombre de “espata”, comercialmente es la flor (Gómez, 2009).

3.2.2 Cultivo

El origen del alcatraz se encuentra en las zonas templadas frías ubicadas en el sur y este de África; esta especie es muy solicitada para producirse con fines para flores de corte y como plantas de maceta u ornamentales en invernadero (Salinger, 1991).

El género *Zantedeschia* es una planta ornamental que en la actualidad ha cobrado importancia, debido a sus características peculiares tales como son una espata vistosa y un follaje frondoso, que lo hacen ver como una planta de excelente atractivo. Además, se pueden manejar como plantas de suelo, maceta y como flor de corte, siendo factible utilizarla en jardines y parques, al igual que en interiores (López *et al.*, 2005).

El alcatraz es un cultivo de gran importancia económica en el estado de Veracruz (García *et al.*, 2008); dicha producción se encuentra en la zona de Orizaba, establecido a cielo abierto; donde debido a la falta de asesoría técnica hay fuertes problemas con

las plagas y enfermedades que dañan al cultivo; principalmente con el ataque de la bacteria *Erwinia carotovora* mejor conocida con su nombre común de “pudrición blanda”.

3.2.2.1 Requerimientos edafo-climáticos

Humedad: El requerimiento de agua depende de la edad de la planta y condiciones climáticas de la zona, pero si se mantiene la humedad relativa controlada entre 90 y 100, se tiene un 80% de supervivencia de las plántulas (García, 1996).

Suelo: *Zantedeschia* requiere de un suelo fértil, franco arenoso, que retenga humedad y que tenga un buen drenaje para reducir los problemas de pudrición de rizomas y raíces (Zamorano, 2010).

Temperatura: Las temperaturas óptimas diurnas para esta especie oscilan entre 18 y 25 °C y nocturnas entre 12 y 18 °C, con alta susceptibilidad a temperaturas extremas y normalmente no tolera heladas (Bloomz, 2004).

Humedad relativa: El cultivo requiere de una humedad relativa del 60%, debido a que si existieran fluctuaciones arriba del 85% pueden propiciar la presencia de enfermedades ocasionadas por hongos y bacterias (Armitage, 1993).

Luz: La planta de alcatraz necesita un lugar bien iluminado con un promedio 2.7 lm cm², sombras por encima del 67% provocan un incremento del largo de las hojas y del escape floral. Para obtener flores de alta calidad con un tallo floral firme y una espata de color brillante, los niveles de luz deben ser altos (Hernández, 2013).

3.2.2.2 Fertilización

Requerimientos nutricionales del cultivo de alcatraz: La disponibilidad de nutrientes es uno de los factores determinantes en el desarrollo sano, vigoroso y equilibrado para lograr una producción óptima (González, 2009).

Los cambios estacionales en la concentración y contenido de macro y micro nutrientes en raíces, bulbos, tallos, peciolas y flores exhiben un comportamiento diferencial según la etapa de crecimiento y el ciclo de producción (Gómez, 2009).

Los requerimientos nutricionales están relacionados con la tasa de crecimiento la cual se produce entre las 6 y 12 semanas después de la plantación. Se recomiendan una

aplicación de fertilizante de preemergencia de N P K en una proporción de 12:10:10 respectivamente, en una dosis de 500 kg ha⁻¹ (Armitage, 1993).

Para cultivos en maceta se recomienda aplicar dos veces por semana una fertilización de NPK en una proporción de 14:14:14 respectivamente, en una dosis de 1g L⁻¹ de agua (García, 2010).

Plagas y enfermedades: El sector agrícola de subsistencia está constituido por un gran número de productores que trabajan a un bajo nivel tecnológico, ocupan importantes superficies de tierra de labor y carecen de suficiente capital para el desarrollo de su actividad agropecuaria (Volke y Miskimen, 1987).

La enfermedad más grave y aniquilante en este cultivo es una bacteria endógena del alcatraz, mencionada previamente, llamada *E. carotovora*, la que se reconoce por causar una pudrición blanda y maloliente (Etcheverría, 2002), los síntomas de esta bacteria son una pudrición blanda de rizomas y raíces, lo que genera una deficiente emergencia de plántulas o muerte de ellas, las plántulas dañadas por esta bacteria desprenden un fuerte olor a podrido (Zamorano, 2010).

No existe control efectivo de este patógeno una vez que la enfermedad se ha establecido, sólo se pueden establecer medidas preventivas; para favorecer un sano crecimiento de la planta, evitando temperaturas y humedades altas que son los factores que propician la presencia de dicho patógeno (Etcheverría, 2002).

Para prevenir el ataque de organismos causantes de pudrición blanda en rizomas, se debe tener buena aireación y buen drenaje, utilizar material vegetal libre de enfermedades y no tener más de dos ciclos de crecimiento (Nissen *et al.*, 2008).

La bacteria *Erwinia carotovora* es la importante por los daños que ocasiona en el cultivo de alcatraz, pero existen otras plagas y enfermedades que pueden dañar en menor medida y estas son: *Phytophthora erythroseptica*, *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Penicillium* spp, *Xanthomona campestris*, *Alternaria* spp. y *Botrytis* spp.

3.2.3 Importancia de la cadena de valor

Desde mediados de la década de 1990, una literatura ha surgido en las cadenas de valor, que ha explorado cómo las empresas y explotaciones agrícolas en los países en

desarrollo se integren en los mercados globales, además de que en su mayoría dichas cadenas de valor están interesadas en el sector hortícola (Bolwig *et al.*, 2010).

La cadena de valor es el esfuerzo o las medidas destinadas a hacer que los jugadores dentro de un sistema de mercado actúen de manera común o complementaria, hacia un objetivo común (Riisgaard *et al.*, 2008). De acuerdo con Morillo (2005), la cadena de valor es una herramienta importante para las pequeñas y medianas empresas, para generar un diseño de estrategias que contengan características cuantitativas y cualitativas de la empresa y su entorno. Esto permite tomar decisiones en conjunto como así también compartir los riesgos y beneficios (Iglesias, 2002).

Al determinar la cadena de valor es necesario su análisis mediante la presentación de un plan estratégico centrado en los pequeños productores y las empresas de comercio, esto implica el fortalecimiento de vínculos con los actores de la cadena más fuertes (por ejemplo, proveedores o distribuidores de primer nivel) o la construcción de alianzas con actores externos (como los legisladores, la promoción y los grupos de consumidores, organizaciones internacionales, organizaciones no gubernamentales u organismos de normalización) (Riisgaard *et al.*, 2010).

De acuerdo con Garralda (2013), la cadena de valor es una herramienta de análisis, que facilita la comprensión de algo tan dinámico e interactivo como es la estrategia de una empresa; las empresas, grandes y pequeñas, forman parte de cadenas de valor cada vez más amplias (Strandberg, 2010).

Durante el análisis de la cadena de valor surgen dos enfoques: el vertical y el horizontal. El enfoque vertical se refiere a una situación en la que los actores interpretan más de una función en la cadena de valor (Bolwig *et al.*, 2010), es decir; cuando el pequeño productor además de la producción primaria también realiza actividades en mercados posteriores relacionadas con su producto (Riisgaard *et al.*, 2008), mientras que para las horizontales son las formas en las que intervienen varias empresas relacionadas con la producción de un producto desde la compra de insumos hasta la venta, las cuales deben estar interrelacionadas. La habilidad de garantizar la provisión de productos de alta calidad depende del compromiso de todos los participantes en la cadena y requiere cooperación desde el productor hasta el distribuidor (Iglesias, 2002).

3.2.3.1 Eslabones que integran la cadena

La cadena de valor, persigue facilitar un proceso sistemático del análisis interno de la empresa, para identificar los eslabones existentes y determinar cuáles son más críticos que otros (Garralda, 2013), y es en el eslabón más débil en el que se requiere implementar actividades que lo hagan diferente a la competencia, las que condicionan positiva o negativamente nuestra posición competitiva en el sector (Strandberg, 2010).

La cadena de valor, enfocándonos a los eslabones; se entiende como la colaboración estratégica de empresas con el propósito de satisfacer objetivos específicos de mercado en el largo plazo, y lograr beneficios mutuos para todos los eslabones de la cadena (Iglesias, 2002). Un eslabón del sistema producto es cualquier agente que interviene en alguna etapa de la cadena agroalimentaria, sea de manera directa en los distintos procesos o de manera indirecta a través de actividades de apoyo a la cadena como investigación y financiamiento (Morillo, 2005). De acuerdo al tipo de producto pueden intervenir más o menos actores y recibirían uno u otro nombre, pero de manera general se pueden mencionar los siguientes eslabones: productores, comercializadores, proveedores y consumidores (Escalante *et al.*, 2007).

Una empresa debe optimizar los eslabones que reflejan su estrategia para poder lograr la ventaja competitiva, de dos maneras: optimización y coordinación ya que considerando estos aspectos con frecuencia se reduce el costo y se incrementa la diferenciación (Riisgaard *et al.*, 2010).

3.3 OBJETIVOS

3.3.1 Objetivo general

Realizar un diagnóstico de la situación actual en la producción, transformación y comercialización del alcatraz en el municipio de La Perla, Veracruz; con el fin de identificar los eslabones que conforman su cadena de valor; en base a esto proponer estrategias y actividades competitivas que permitan generar riqueza material para incrementar el nivel de bienestar de los productores.

3.3.2 Objetivos particulares

3.3.2.1 Identificar los eslabones que integran la cadena de valor del cultivo de alcatraz en el municipio de La Perla, Veracruz.

3.3.2.2 Conocer las características de los distintos eslabones que integren la cadena, para determinar los factores que afectan al desarrollo de dicha cadena de valor.

3.3.2.3 Identificar las actividades pertinentes a realizar en la cadena de valor del alcatraz que garanticen general riqueza en beneficio de los actores de la cadena de valor del alcatraz.

3.3.2.4 Proponer estrategias que permitan incrementar el nivel de bienestar de los actores que conforman la cadena de valor del alcatraz.

3.4 HIPÓTESIS

Ho. La identificación de los eslabones de la cadena de valor del alcatraz en La Perla, Veracruz, permitirá plantear estrategias que fortalezcan las prácticas de manejo, así como su revalorización económica y social.

3.5 METODOLOGÍA

3.5.1 Metodología de análisis de la cadena de valor

Se utiliza una metodología de análisis de cadena de valor (ACV) desde la integración social y el establecimiento de vínculos entre actores; se orienta a detonar procesos de desarrollo social y económico a nivel regional; entre los distintos agentes que intervienen en la cadena de valor: productores, minoristas, mayoristas, transformadores, comercializadores y organizaciones locales (Trejo *et al.*, 2009).

3.5.2 Ubicación del área de estudio

El municipio de La Perla, se localiza en la zona centro suroeste del estado de Veracruz y forma parte de la región natural de las Grandes Montañas, llamada así por los geógrafos (**Figura 92**).

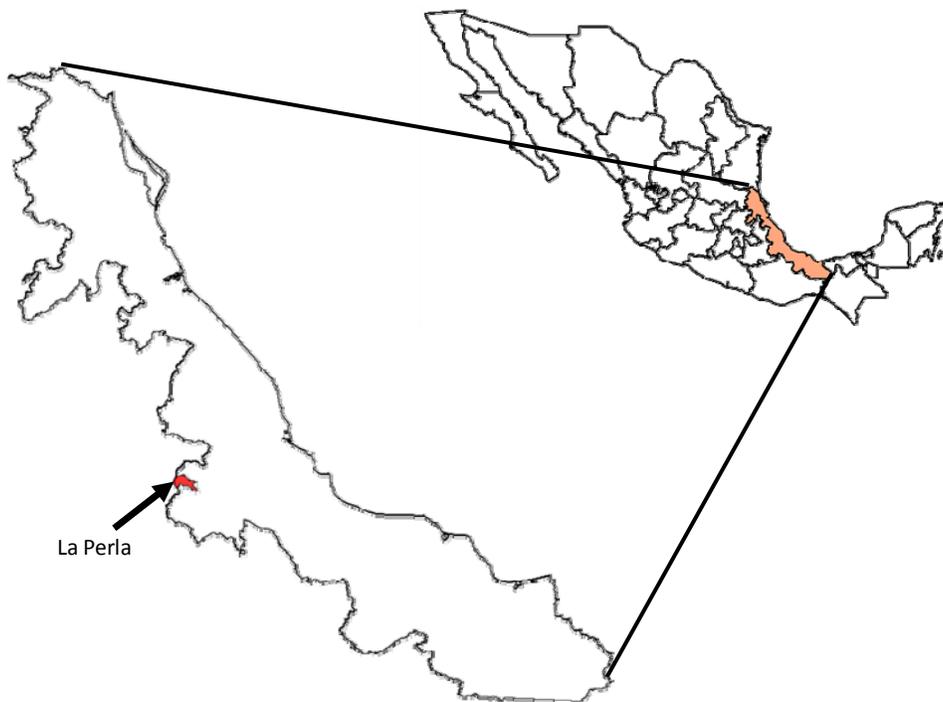


Figura 92. Localización del municipio La Perla, Veracruz.

La Perla se ubica en el sistema montañoso de la Sierra Madre Oriental, entre las coordenadas geográficas: a los $18^{\circ} 55' 38''$ de latitud norte y a $97^{\circ} 08' 00''$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich. A una altitud de 1,620 m en la cabecera municipal,

misma que se localiza a 8 km de la ciudad de Orizaba y a 185 km de Xalapa, la capital del estado (Plan Municipal de Desarrollo 2008-2010, 2008).

3.5.3 Fuentes de información y tamaño de muestra

3.5.3.1 Recopilación de información secundaria

Para identificar el sector de la cadena de valor a analizar y para la definición de los agentes; se consultó información secundaria del municipio de La Perla, Veracruz; publicada por instancias oficiales, tales como: Censo Agropecuario 2007 del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP).

3.5.3.2 Levantamiento de información primaria

Se utilizaron instrumentos participativos tales como encuestas con preguntas clave sobre los actores identificados de la cadena de valor del alcatraz. Las encuestas se hicieron a productores y transformadores de alcatraz.

Para seleccionar a las localidades donde se aplicarían las encuestas de productor y transformador, se consultó a la Oficina de Fomento Agropecuario del municipio de La Perla. El tamaño de muestra se calculó considerando que existen 1200 productores de alcatraz, y entre estos productores se encuentran también los transformadores y los que comercializan; es decir, se consideró a los tres eslabones en conjunto, debido a que son las mismas personas las que producen, transforman, y comercializan.

Finalmente, para determinar el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente ecuación, de acuerdo con Trejo y Morales (2009):

$$n = \frac{N}{Nd + 1}$$

Donde: n = es el número de encuestas a realizar, N = el tamaño de la población y d = la precisión deseada.

El número total de encuestas a productor y transformador fue de 57, utilizando una precisión de 0.15 y un margen de error de 5%. En el **Cuadro 3** se presentan el número de encuestas por tipo y por localidad.

Cuadro 3. Número de encuestas aplicadas en La Perla, por localidad.

Localidad	Encuestas a productor	Encuestas a transformador y comercializador
Metlac Solano	7	0
Metlac Hernández	2	1
Chilapa	1	1
Cruz de Chocamán	1	1
Agua Escondida	7	3
Tuzantla	3	1
Rancho Nuevo	6	2
Xometla	7	4
Papalotla	4	3
El Paso	3	0
Total	41	16

3.5.4. Descripción del instrumento: encuesta

Las preguntas de la encuesta que se elaboró, se codificaron de tal forma que las respuestas pudieran ser capturadas en una hoja de cálculo en el programa Excel y así realizar el análisis. Se diseñaron dos encuestas: una de ellas para productores; la segunda, para transformadores y para comercializadores.

Los cuestionarios de **productor** contienen preguntas referentes a las características del informante, y del sistema de producción, sobre la infraestructura de producción, la comercialización, los costos de producción, la organización, el financiamiento, la capacitación para la producción, y sobre los apoyos gubernamentales para la producción.

En lo que se refiere al cuestionario de **transformador y comercializador**, se aplicó uno solo, debido a que durante la etapa de indagación del área de estudio, se identificó que los comercializadores son los que realizan las actividades de transformación del producto, es por ello que se decide conjuntar los dos cuestionarios, el cual contiene preguntas sobre: características del informante, características de la transformación del

alcatraz, infraestructura para la transformación, comercialización, costos de transformación, financiamiento, capacitación para la transformación, apoyos gubernamentales para la transformación y comercialización.

3.5.5 Análisis de resultados obtenidos

La información obtenida de las encuestas, se analizó mediante estadística descriptiva la cual nos permitió analizar y representar la información obtenida, con el fin de describir apropiadamente las características de cada uno de los eslabones identificados. Las principales medidas que se utilizaron fueron de tendencia central; tales como: media aritmética, moda, mediana. Esto con la finalidad de identificar en qué medida los datos se agrupan o dispersan en torno a un valor central.

La información recopilada se analizó con el programa Microsoft Office Excel.

3.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La metodología de cadena de valor analiza el proceso que sigue un producto desde la obtención de materia prima, procesamiento, transporte y distribución, e identifica los factores y agentes de esa cadena que inciden en los eslabones (CODESPA, 2010). La cadena de valor del alcatraz en el municipio de La Perla, Veracruz (**Figura 93**), está conformada por los eslabones de producción, transformador, comercialización y consumidor final; además de considerar a los intermediarios que intervienen entre los eslabones principales. La idea principal del enfoque de cadenas es que el valor de un producto se crea en varias etapas (Harmes-Liedtke y Bublatzky, 2009).

Un aspecto importante de dicha cadena es que los eslabones de producción, transformación y comercialización, en el 90% de la muestra encuestada, está desarrollado por el mismo actor rural.



Figura 93. Cadena de valor del alcatraz en el municipio de La Perla, Veracruz.

3.6.1 Perfil social de los actores que intervienen en la cadena de valor del alcatraz

La participación de los actores rurales que intervienen en la cadena de valor del alcatraz, muestra que la proporción de género es igual, con una relación de 50:50 (**Figura 94A**). En lo que a escolaridad respecta, escolaridad, el perfil registrado (**Figura 94B**) indicó que un poco más de la mitad de los productores cursó estudios correspondientes al nivel primaria, y la mayoría de ellos la concluyó.

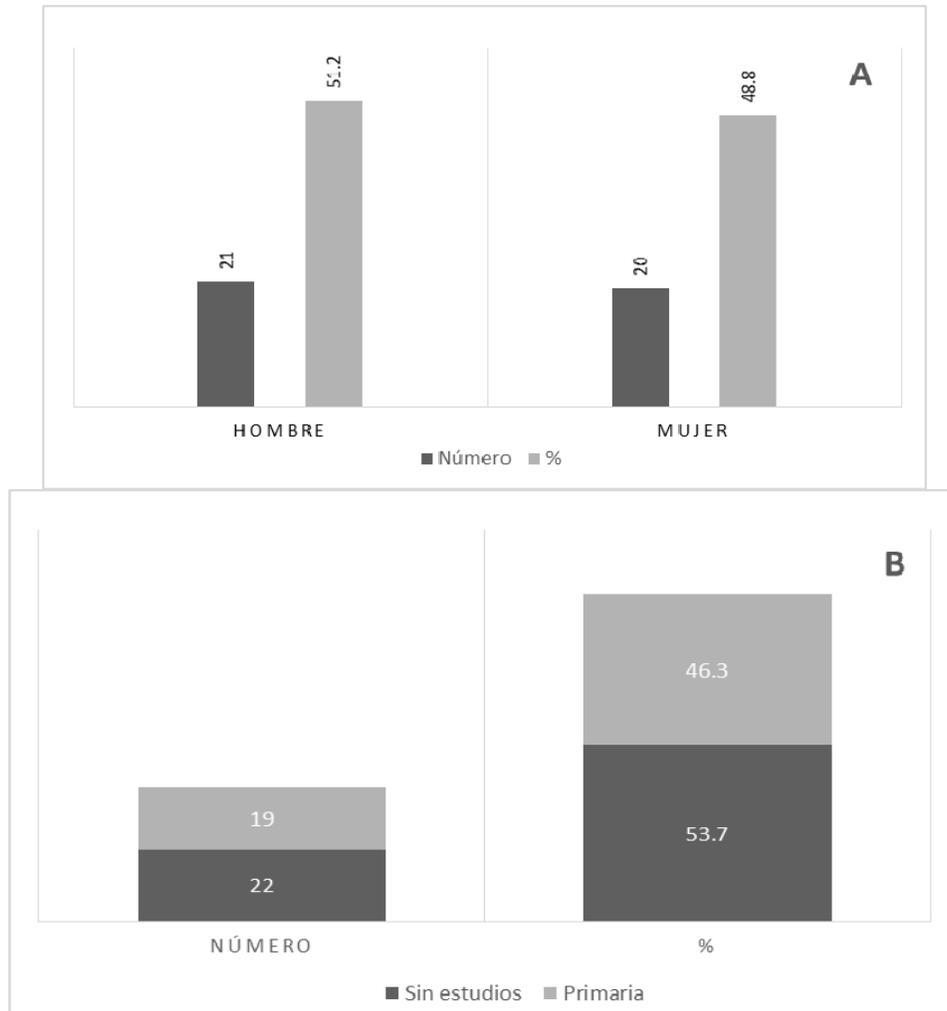


Figura 94. Proporción de género y perfil de escolaridad de la muestra de los productores de alcatraz en La Perla, Veracruz.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2013), considera que al tener participación de las mujeres en la agricultura y cerrar la brecha de género, generaría importantes beneficios para la sociedad al aumentar la productividad agrícola. Así mismo, la UNESCO (2011) considera que la educación es un factor clave para el desarrollo humano y superación de la pobreza. Las pruebas acumuladas, así como las teorías del desarrollo, nos enseñan que la educación constituye un poderoso instrumento para el cambio económico, social y cultural (Atchoarena y Gasperini, 2004). Completar al menos 12 años de escolaridad (primaria y secundaria) en la mayor parte de los países, constituye el capital educativo mínimo

para alcanzar el bienestar y asociarlo a una probabilidad mayor al 80% de conseguir un empleo con un mejor ingreso (CEPAL, 2006).

Un indicador importante del progreso en un país es el nivel educativo de su población, y de acuerdo a la UNESCO (2011), el mayor nivel alcanzado se presenta en la población de 25 años de edad en países de América y el Caribe.

En La Perla, los productores de alcatraz tienen en promedio 41 años de edad, lo que refleja una población joven que aún se está dedicando a la actividad agrícola; Así mismo, los productores más jóvenes son los que tienen la primaria terminada (**Figura 95**).

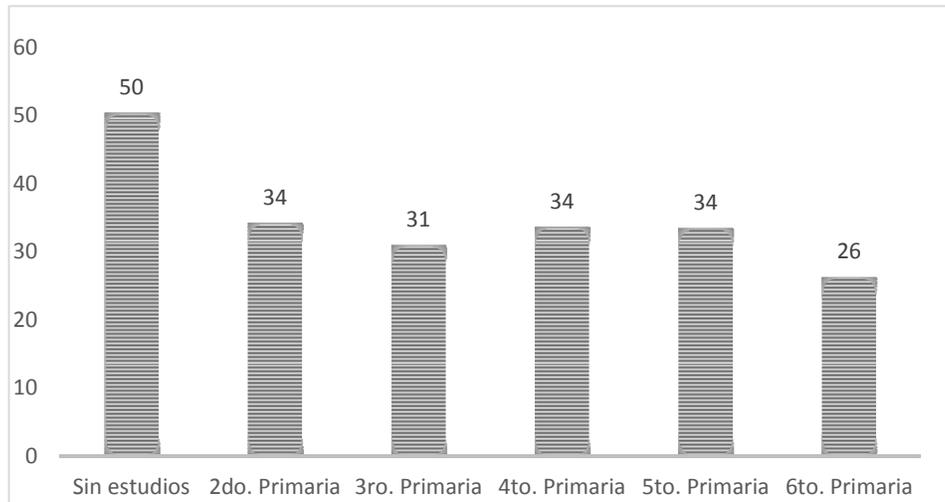


Figura 95. Edad promedio y nivel de escolaridad de los productores de alcatraz en La Perla, Veracruz.

La UNESCO (2010), señala que la educación es un eje clave del desarrollo. Gracias a ella es posible mejorar las condiciones sociales, económicas y culturales de los países. El aumento de los niveles educativos de la población se asocia al mejoramiento de otros factores clave de desarrollo y bienestar, como la productividad, la movilidad social, la reducción de la pobreza, la construcción de la ciudadanía y la identidad social y, en definitiva, el fortalecimiento de la cohesión social; así mismo, se reconoce que la educación primaria resulta absolutamente insuficiente para participar plenamente en la vida ciudadana y para incorporarse al mercado de trabajo. Tienen como actividad

principal la agricultura; sin embargo, del total de encuestados el 39% tiene como actividad secundaria el comercio, principalmente la comercialización del alcatraz que producen.

3.6.2 Eslabón de producción

El sistema de producción de alcatraz en este municipio, se caracteriza por conservar el cultivo asociado con otras flores, tales como: agapando (*Agapanthus africanus*); así mismo, lo asocian con follaje; principalmente clavo (*Pittosporum* sp.) y tullia (*Thuja occidentalis*); establecido exclusivamente a cielo abierto. Los resultados evidencian que los productores buscan nuevas opciones para obtener ingresos económicos, sin dejar de cultivar el alcatraz. En la **Figura 96**, se observa que en más del 50% de la superficie cultivada de alcatraz, éste se encuentra asociado con otro cultivo, principalmente el follaje.

Según Chahin (2012), el cultivo de follajes ornamentales es hoy una nueva alternativa de negocio, dado que se utilizan cada vez más distintas variedades de ramas y hojas que suministran un efecto suavizador y de contraste a los arreglos; es por ello, que actualmente este tipo de producto ornamental es una alternativa real de incorporar a los sistemas productivos que permitan complementar el negocio de las flores de corte. Además, se pueden incorporar nuevas especies y con ello incrementar el abanico de oferta en el mercado.

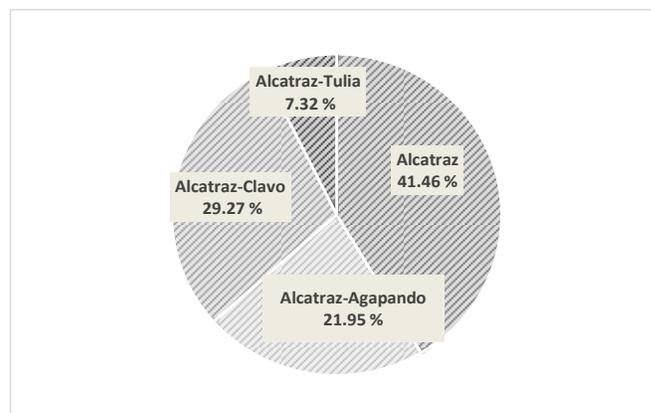


Figura 96. Asociación de alcatraz cultivado en La Perla, Veracruz

De la muestra encuestada durante el año 2011, los productores sembraron en promedio 2 tareas (una tarea equivale a 25 m²) de alcatraz bajo sistema de temporal; principalmente lo hacen durante los meses de mayo y junio; por lo que el pico de producción es en los meses de octubre y noviembre. Durante el pico de producción, realizan dos veces por semana el corte de la flor.

Sin embargo, solo el 60% de los productores realiza renovación de la planta, en promedio cada 10 meses; así mismo, se encontraron productores que dejan pasar hasta 2 años para renovar las plantas de su parcela.

Las plantas que sembraron, en su mayoría las obtuvieron de la misma localidad (93%) a un precio de \$2.00 pesos por planta.

Los problemas económicos, han motivado reacciones diferentes en los productores relacionados de forma directa o indirecta con el alcatraz, de tal forma que el productor ha relegado al cultivo así como su manejo agronómico; teniendo como consecuencia la disminución en la productividad y calidad del producto. Un rasgo importante es que los productores de la muestra establecieron la asociación de flores y follajes con el alcatraz, para incrementar los ingresos económicos; aunque en general, consideran el cultivo de alcatraz como actividad poco rentable.

A pesar de los problemas derivados de una baja productividad, la agricultura familiar es un importante abastecedor de alimentos (FAO, 2011).

En lo que respecta a la generación de empleo, solo la mitad (56.1%) de los productores contrata trabajadores temporales durante la cosecha, contratando solamente 1 trabajador durante este periodo, pagándoles alrededor de \$50.00 pesos por día.

Según la Organización de las Naciones Unidas (Soto *et al.*, 2007), se podría plantear que la base reducida de tierra y demás activos privados (incluyendo capital humano, físico, financiero y acceso a tecnología), es lo que genera que en distintos entornos (definidos por la base de recursos naturales disponibles y el acceso a bienes y servicios públicos), la estrategia óptima de un determinado hogar, sea la de autoemplearse en su propia parcela/finca o dedicarse a otras actividades (agrícolas y no agrícolas), no ligadas a su propia parcela.

Adicionalmente, los productores de La Perla, no realizan fertilización en ninguna de las etapas del cultivo de alcatraz, no reciben asesoría técnica y no cuentan con infraestructura; solo utilizan para la producción de alcatraz herramientas de mano como machetes y azadones. Un estudio realizado en Colombia, destaca la importancia del acceso a servicios financieros, como una estrategia que otorga oportunidades para mejorar las tecnologías, pudiendo ser clave en la diversificación de actividades generadoras de ingresos en el sector rural (Soto *et al.*, 2007).

Si se tiene un menor acceso a los servicios de extensión, resulta más difícil acceder a algunos de los otros recursos, como la tierra, el crédito y los fertilizantes, así como utilizarlos. Estos factores también impiden adoptar nuevas tecnologías (FAO, 2011).

Por otro lado, uno de los principales problemas que presenta el cultivo de alcatraz es una enfermedad ocasionada por una bacteria *Erwinia carotovora* conocida como pudrición blanda. Esta enfermedad es favorecida por condiciones de humedad excesiva y permanente en el suelo, por el contrario, el estrés hídrico conduce a una germinación dispareja de los bulbos, escaso crecimiento y floración, tallos florales cortos y débiles. Así también, las fluctuaciones bruscas de humedad en el suelo provocan el agrietamiento de tallos florales (Gómez, 2009). En la **Figura 97**, se muestra el daño que ocasiona la pudrición blanda en alcatraz; principal causante de la decadencia del cultivo en los últimos años; durante el ciclo del cultivo se presentan tres etapas en las cuales dependiendo de ella, es la severidad del daño ocasionado por la bacteria; es decir, durante la siembra, se pierde el 4.88% de las plantas sembradas; durante la etapa de crecimiento, se pierde el 43.9% y finalmente en la floración, se pierde el 51.2% de las plantas sembradas, es en esta etapa donde se presenta la mayor pérdida.

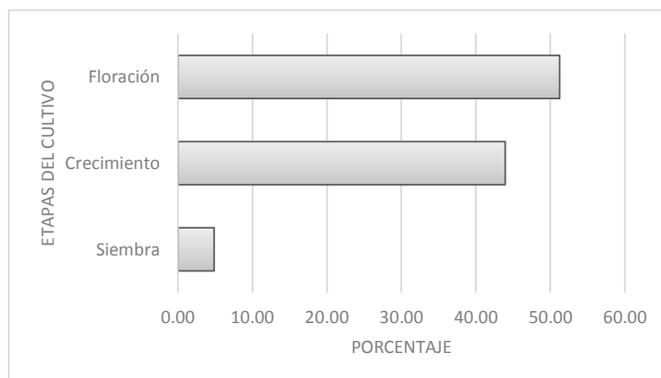


Figura 97. Daño ocasionado por *Erwinia carotovora*, por etapa en el cultivo de alcatraz, en La Perla, Veracruz.

El desconocimiento sobre el manejo agronómico y la susceptibilidad de los rizomas al ataque de *Erwinia carotovora*, aunado a niveles elevados de humedad del suelo se han convertido en una barrera para el crecimiento de las áreas sembradas (Gómez, 2009). Como consecuencia, la producción de alcatraz se ha visto disminuida, en promedio se obtuvieron 7 decenas de alcatraz por tarea sembrada (**Cuadro 4**).

Cuadro 4. Producción de alcatraz obtenida en el año 2011, en La Perla, Veracruz

% de productores	Decenas/tarea cosechada
9.76	2
14.63	3
17.07	4
19.51	5
12.20	6
2.44	7
4.88	8
4.88	10
2.44	12
2.44	15
7.32	20
2.44	25

En la **Figura 98** se observa una planta de alcatraz producida en La Perla, Veracruz.



Figura 98. Cultivo de alcatraz, La Perla, Veracruz

De la muestra de productores encuestada, se encontró que éstos no cuentan con un control de costos de producción.

3.6.3 Eslabón de transformación

Cada eslabón en la cadena de valor es dependiente de los otros eslabones para asegurar la integridad y la calidad del producto (Iglesias, 2002). En la cadena de valor del alcatraz, el eslabón de transformación, está conformado por los mismos agricultores que lo producen.

Es muy importante resaltar la importancia del empaque para proteger a las flores del medio ambiente y además para facilitar su manejo y reducir daños (SAGARPA, 2008). Por lo general, las flores se amarran en ramos antes de empacar. El número de flores por ramo varía con el lugar de producción, el mercado y el tipo de flor, pero lo más común es agrupar 10, 12, y 25 tallos individuales de un mismo tipo de flor y variedad (Reid, 2009). Los alcatraces que se producen en La Perla, se agrupan por tamaño de tallo en grupos de 10 flores (decenas), utilizan rafia o bolsas de celofán (**Figuras 99 y 100**).

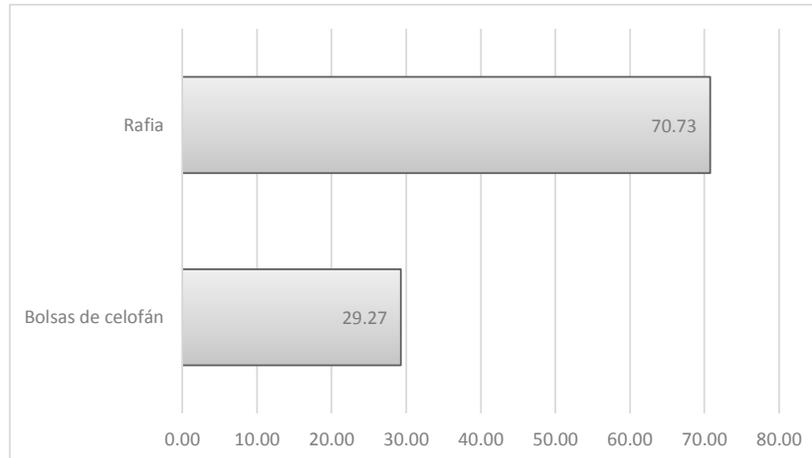


Figura 99. Material utilizado para empaquetar el alcatraz para su venta en porcentaje.



Figura 100. El empaque que se utiliza para la venta de alcatraz es bolsa de celofán y rafia.

Al igual que en la producción, en los costos de transformación, no se encontraron datos registrados.

No han recibido ningún tipo de financiamiento de programas gubernamentales como Procampo, ni de las municipales mediante la oficina de Fomento Agropecuario, para la producción de alcatraz y solo el 2% de los entrevistados ha solicitado algún préstamo para mejorar la producción del alcatraz, a través de familiares o prestamistas.

3.6.4 Eslabón de comercialización

Según el IICA (2009), el esfuerzo de la comercialización de un producto está relacionado con vacíos y debilidades principalmente en cinco aspectos: a) bajos volúmenes de producción, b) inadecuada presentación de los productos, especialmente en lo relacionado con empaques y etiquetas, c) deficiencias en la calidad e inocuidad, especialmente de los productos frescos; d) poco rigor en el cálculo de los costos de producción y e) ausencia de mecanismos apropiados para la promoción de los productos.

La comercialización de alcatraz oscila entre las 25 y 7 decenas por día en la época pico de producción (octubre y noviembre), alcanzándose como intervalo máximo de venta entre 48 y 1000 decenas durante este periodo; el 31.7% de los alcatraces que se producen en La Perla, se venden en la misma localidad, el 68% restante se vende en la central de abastos de la Ciudad de México y a intermediarios que provienen de Orizaba. El precio promedio de venta es de \$8.00 la decena, alcanzando en ocasiones un precio máximo de \$20.00.

Así mismo, el cumplimiento de las normas sanitarias y de calidad es indispensable tanto para los productos existentes en el mercado; el factor principal de influencia en la venta de flores en todos los niveles, es la calidad, algunos requisitos que se evalúan para definirla son: apariencia fresca, color y limpieza de los pétalos, grosor, rigidez y tamaño del tallo, uniformidad en el tamaño de la flor, grosor y altura del tallo, condiciones del follaje, duración de la flor según su ciclo de vida, cuidadosa selección antes de ser empacada, libres de plagas y enfermedades (IICA, 2009).

De acuerdo con Cruz *et al.* (2001), la clasificación del alcatraz de acuerdo a la calidad es la siguiente:

Primera calidad: Espata semiabierta, con una longitud mayor a un metro del escapo floral.

Segunda calidad: Espata abierta y cerrada, con escapo floral menor a un metro de longitud.

Tercera calidad: Espata abierta, con escapo floral menor a un metro de longitud.

Extra: Espata completamente abierta, con escapo floral menor a un 50 cm de longitud.
El alcatraz producido en La Perla que se comercializa, se encuentra principalmente en la segunda y tercera calidad (**Figura 101 y 102**).

En la **Figura 101**, se muestran los resultados obtenidos de acuerdo a la calidad de alcatraz que se produce; cada barra representa el 100% de los productores entrevistados, lo que indica que del 100% de los productores de alcatraz solo el 73.17% produce alcatraz de primera calidad; de ese mismo 100% de los productores el 97.56% producen alcatraz de segunda calidad y finalmente el 95.12% de los productores produce alcatraz de tercera calidad. Lo que indica que la mayoría de los productores, obtiene alcatraz de segunda y tercera calidad.

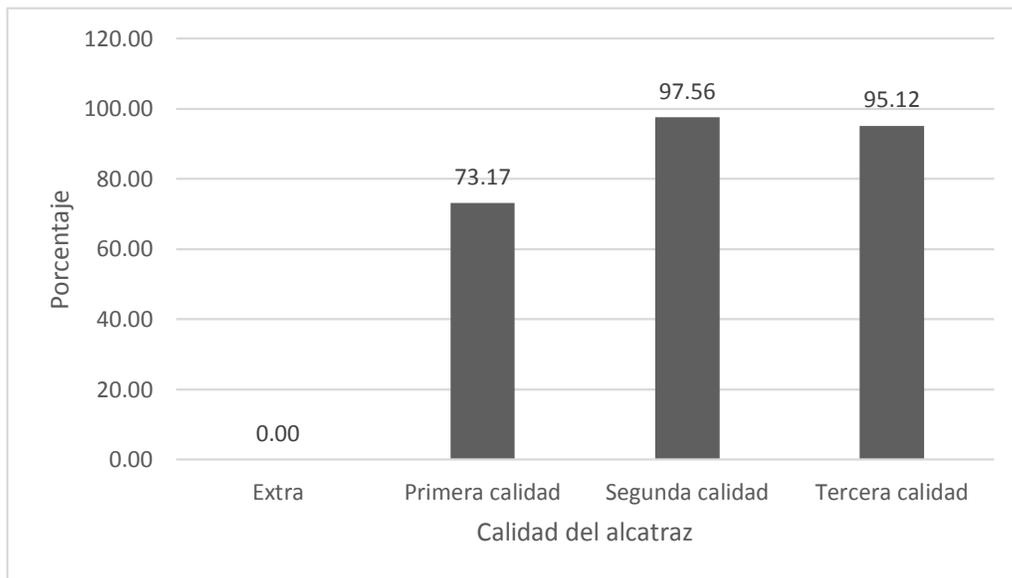


Figura 101. Porcentaje de producción de alcatraz producida en La Perla, Veracruz, según su calidad.



Figura 102. Alcatraz listo para la venta.

3.6.5 Organización

La organización de todos los eslabones que intervienen en un producto permite no sólo integrar, comunicar y coordinar permanentemente a los agentes de la cadena, sino que armoniza la producción con el consumo para responder oportunamente con productos de calidad a los consumidores en donde los agentes de la cadena se complementan para alcanzar juntos una mayor competitividad en la actividad agroalimentaria en la que se desempeñen (Pereda, 2007).

Al inicio de la década de los ochenta, en el marco de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, se buscó promover la planeación y organización de la producción agropecuaria, su industrialización y comercialización, así como de todas aquellas acciones tendentes a la elevación de la calidad de vida de la población rural, la cual además de ser un mecanismo de concertación de acciones de diferentes dependencias del gobierno y sociedad, considera que para lograr un crecimiento equitativo real en las comunidades rurales y, particularmente, en las de alta y muy alta marginación, es importante enfocar esfuerzos en cuatro vertientes de desarrollo principales: económico; capital físico; capital humano y del capital social (Cedeño y Ponce, 2009).

Solo el 2.44% de los actores que intervienen en la cadena de valor del alcatraz pertenecen a alguna asociación, el principal problema que encuentran al organizarse es la falta de dinero para realizar actividades; sin embargo, el principal beneficio que se obtiene es mejorar la distribución de su producto. Las relaciones o enlaces horizontales son aquellas que se establecen entre actores de un mismo eslabón de la cadena, como pueden ser el que los pequeños agricultores se agrupen en una cooperativa o en una empresa asociativa. Mientras, se denominan enlaces o relaciones verticales a aquellas que se establecen entre actores a lo largo de las distintas fases del proceso productivo, comercial y económico. (CODESPA, 2010).

3.6.6 Estrategias para una mejora en la producción del alcatraz

De acuerdo con el objetivo planteado y los resultados presentados, a continuación se proponen algunas estrategias que pueden favorecer, la producción del alcatraz en la Perla, Veracruz.

Si bien la Perla, es un municipio privilegiado por sus características edafo-climáticas, que le permiten al alcatraz desarrollarse prácticamente sin ningún cuidado, este si requiere de algunas prácticas agronómicas que permitan obtener un producto de mejor calidad, libre de enfermedades, cuya venta otorgue un mayor ingreso al productor.

- Sustitución de las plantas existentes debido a que ya están infectadas con la bacteria "*Erwinia carotovora*" al ser hijuelos de plantas madres enfermas; además de generar algún técnica que permita controlar o reducir los daños ocasionados por esta bacteria, para obtener plantas más sanas.
- Programación de actividades culturales como los deshierbes, aporques, aplicaciones de materia orgánica; además de una fertilización de acuerdo a los requerimientos del cultivo, y a la etapa fenológica.
- Implementar la rotación de cultivos, con la finalidad de generar diversidad y procurar el saneamiento de los suelos; seguir fomentando el intercalar el cultivo de alcatraz con follajes de mayor demanda y costo.

- El uso de nuevos suelos para la producción de alcatraz; con las atenciones que el cultivo requiere para una mayor producción de calidad y con mejores precios de venta.
- Organizarse para formar asociaciones, registrarse y de esa forma poder solicitar apoyos gubernamentales que les permitan favorecer su sistema productivo; además de solicitar asesoría técnica, para poder realizar las actividades que el cultivo requiere en tiempo y forma.
- Ya organizados recuperar la zona de venta que adquirieron en la central de abastos de México, para que la venta sea directa de productor a consumidor, evitando o reduciendo el intermediarismo.
- Al mejorar en los aspectos antes mencionados, se obtendrá un producto de mejor calidad, y su venta dará mejores ingresos económicos al productor.

3.7 Conclusiones

Los integrantes de la cadena de valor del alcatraz en el municipio de La Perla, de la muestra caracterizada, en su mayoría son personas que tienen bajo nivel escolar, en su mayoría no consideran necesario pertenecer a alguna asociación y el esquema de comercialización de sus productos lo hacen principalmente a través de figuras intermediarias.

La actividad económica principal es el cultivo alcatraz asociado con otras flores y follaje; con estos últimos frecuentemente se tienen mayores ingresos económicos que con el alcatraz, el cual, más del 80% de los productores lo considera de negocio poco redituable.

Es importante reactivar el cultivo de alcatraz con la finalidad de recuperar el mercado y los ingresos económicos.

Los productores reconocen su responsabilidad al descuidar sus parcelas, principalmente en la higiene; así mismo, han tenido que ir asociando y reemplazando el alcatraz por otras plantas para sostener su economía familiar.

Se recomienda capacitación permanente sobre el manejo agronómico del cultivo, así como dar un manejo integral a las plantas, enfocándose al combate y erradicación de la “pudrición blanda”, ya que es el principal problema que tienen.

Es posible reactivar el mercado que demanda el alcatraz, ofreciendo flor de calidad.

3.8 Literatura citada

Armitage, M.A. 1993. Specialty cut flowers: the production of annuals, perennials, bulbs and woody plants for fresh and dried cut flowers, Varsuty press. Portland, Oregón, EEUU. pp. 317-322.

ASERCA. 2008. La Floricultura. Boletín ASERCA Regional Peninsular.

ASERCA. 2012. http://www.aserca.gob.mx/artman/publish/article_2363.asp. (Consultada el 4 de junio de 2013).

Atchoarena, D. y Gasperini, L. 2004. Educación para el desarrollo rural: hacia nuevas respuestas de política. Estudio conjunto realizado por la FAO y la UNESCO. Roma, Italia.

Bloomz. 2004. Guidelines for pot growers. Technical bulletin series C001/00.2004. *Zantedeschia* (Calla Lily) production. Nueva Zelanda. Callafornia Callas. 4 p.

Bolwig, S.; Ponte, S.; Du Toit, A.; Riisgaard, L. and Halberg, N. 2010. Integrating Poverty and Environmental. Concerns into Value-Chain Analysis: A Conceptual Framework. Development Policy Review. 28 (2): 173-194.

Cedeño, S. R. y Ponce. G. M. 2009. Organización e integración empresarial de productores rurales. Estudios Agrarios. Procuraduría Agraria. México.

CEPAL. 2006. Panorama social de América latina. División de desarrollo social y división de estadística y proyecciones económicas de la CEPAL. Naciones Unidas. ISSN impreso: 1020-5152/ ISSN Santiago de Chile. 430 p.

- Chaín, G. 2000. Producción comercial de calas. (25 Abril 2013). <<http://www.tattersall.cl/revista/rev167/plagas.htm> >
- Chahin, A. G. 2012. Experiencia en la Región de la Araucanía. Cultivo de follajes ornamentales: una alternativa para la floricultura del Sur. Boletín Técnico No. 238. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. ISSN: 0717-4829.
- CODESPA. 2010. Cadenas de valor, Creando vínculos comerciales para la erradicación de la pobreza. Fundación CODESPA.
- Cruz C., J. G. y Cárdenas, A. M. 1997. El alcatraz (*Zantedeschia* spp.) un cultivo nuevo para el trópico de Veracruz, México. Proc. Interam. Soc. Trop. Hort. 41: 84-87.
- Cruz, C. J. G. y C. M. Alfaro. 2001. El alcatraz o cala blanca (*Zantedeschia aethiopica* (L) K. Spreng) en la región central de Veracruz, México. Centro Regional Oriente. Universidad Autónoma Chapingo.
- Cruz C., J. G.; Torres, L. P.; Albores, G. M.; y González, M. L. 2008. Lombricompostas y apertura de la espata en postcosecha del alcatraz "Green Goddess" (*Zantedeschia aethiopica* (L) k. Spreng) en condiciones tropicales. Revista Chapingo. Serie Horticultura 14 (2): 207-212.
- Escalante, S. E. A; Chel, G. L. D y Luna, S. J. M. 2007. Caracterización de la Comercialización de los Productos Ornamentales en la Península de Yucatán. SAGARPA y ASERCA.
- Etcheverria, P. 2002. Efecto de la densidad de sombra y del mulch en la producción y calidad de las flores y túberos *Zantedeschia hybrida* cv. Mango. Tesis Ing. Agr. Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. 67 p.
- FAO. 2011. El estado de la agricultura y la alimentación. Organización de la Naciones Unidad para la Agricultura y la alimentación. Roma, 2011. ISBN 978-92-5-306768-8.

- FAO. 2013. Política de igualdad de género de la FAO. Alcanzar las metas de seguridad alimentaria en la agricultura y el desarrollo rural. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura. Roma, 2013. ISBN 978-92-5-307490-7 (edición impresa). E-ISBN 978-92-5-307834-9 (PDF).
- García D., J. J; Chalate, M. H y San Juan, H. R. 2008. Identificación y Priorización de la Megacadena Ornamental en el estado de Veracruz. Tepetates, Veracruz. Fundación produce de Veracruz, A. C. y Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- García, L. F. 2010, Efecto de la cepa bacteriana CAE-01 Y fumigación al suelo sobre la pudrición blanda en el cultivo de alcatraz en La Perla, Veracruz, Instituto de Horticultura, México, pp. 71.
- García, R. A. 1996. Aspectos de la producción comercial de alcatraz (*Zantedeschia* spp.) una alternativa de cultivo en México. Tesis de Licenciatura. Ing. Agr. Esp. Fit. UACH. Chapingo, México. 60 p.
- Garralda, R. J. 2013. La cadena de valor. Editado por IE Bussiness Publishing. Madrid, España.
- Gómez P., S. 2009. Absorción de nutrientes de *Zantedeschia elliotiana* (calla lily) en diferentes estados fenológicos como punto de partida para la determinación de requerimientos nutricionales del cultivo en condiciones del eje cafetero Colombiano. Universidad Nacional de Colombia.
- González L., D. M. 2009. Solución Nutritiva Universal Steiner con diferentes concentraciones de N-NO₃ para el cultivo de alcatraz blanco (*Zantedeschia albomaculata*) y amarillo (*Zantedeschia elliotiana*). Tesis de Licenciatura. Ing. Agr. Esp. Fit. UACH. Chapingo, México. 78 p.
- Harmes-Liedtke, U. y Bublatzky, H. 2009. Manual de metodología CALIDENA. Análisis participativo calidad y cadenas de valor. Publicada por: Physikalisch-Technische Bundesanstalt.

- Hernández, H. E. 2013. Guía básica del cultivo de alcatraz (*Zantedeschia sp.*) y nociones para su propagación. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana.
- Iglesias, H. D. 2002. Cadenas de valor como estrategia: Las cadenas de valor en el sector agroalimentario. Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Buenos Aires, Argentina.
- Instituto Interamericano de cooperación para la Agricultura- IICA. 2009. Estudios de caso en comercialización de pequeños productores rurales. Convenio De Cooperación Técnica IICA-Madrid- Programa Oportunidades Rurales Convenio 009 de 2009. Oficina en Colombia.
- Leszczyńska, B. H. y Borys, M. W. 2002. La flora de la Cultura del Estado de Puebla. Ed. Siza. UPAEP, Fundación Produce Puebla, México. 216 p.
- Letty, C. 1973. The genus *Zantedeschia*. *Bothalia*, 11: 5-26.
- López, V. A.; Pérez, J.; Sosa, C.;- Mejía, J. M, y Bucio, L. 2005. El cultivo de plantas ornamentales tropicales. Instituto Para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. 117 p.
- Morillo, C. M. 2005. Análisis de la Cadena de Valor Industrial y de la Cadena de Valor Agregado para las Pequeñas y Medianas Empresas. Mérida. Venezuela- 8 (10): 53-70.
- Nissen, M. J.; Carrión, S. J.; Ciampi, P. L.; Costa, L. M.; Fuentes, P. R.; y Schöbitz, T. R. 2008. Biocontrol de *Erwinia carotovora* en cala (*Zantedeschia sp.*). Instituto de producción y sanidad vegetal. Universidad Austral de Chile. *Agro Sur* 36 (2): 59-70.
- Pereda, R. F. 2007. Caracterización de la comercialización de los productos ornamentales en la Península de Yucatán. Apoyos y Servicios a la comercialización Agropecuaria, (ASERCA), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y alimentación (SAGARPA).

Plan Municipal de Desarrollo 2008-2010 La Perla, Ver. Gobierno del Estado de Veracruz. Documento consultado en línea el 05 de mayo de 2012. portal.veracruz.gob.mx/.../51FCF37D7204A94CE040A8C02E002D...

Reid, M.S. 2009. Postcosecha y manejo de las flores de corte. Ediciones HortiTecnia Ltda. Bogotá, Colombia. ISBN: 978-958-97911-2-7.

Riisgaard, L; Bolwig, S.; Ponte, S.; Toit, A.; Halberg, N.; and Matose, F. 2008. A strategic framework and toolbox for action research with small producers in value chains.17.

Riisgaard, L; Bolwig, S.; Ponte, S.; Toit, A.; Halberg, N.; and Matose, F. 2010. Integrating Poverty and Environmental Concerns into Value-Chain Analysis: A Strategic Framework and Practical Guide. 28 (2): 195-216.

SAGARPA. 2008. Construcción de una red de frío para el almacenamiento y distribución de material vegetativo y para el acopio y comercialización de flor de corte para exportación de los floricultores mexiquenses. Consejo de la Flor del Estado de México A.C. Unidad Gestora de Servicios Tecnológicos, Universidad Autónoma Chapingo.

SAGARPA. 2012. Garantizada la disponibilidad de flores para cubrir la demanda nacional. Boletín Informativo. Página de internet consultada el 27 de agosto de 2013. <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2012B098.aspx>

Salinger, P. 1991. Producción Comercial de flores. Editorial. Acribia, S.A., Zaragoza, España. 232 p.

Sánchez, de L. C. J. M. 2001. Guía de las plantas ornamentales. Mundi-prensa. México, D. F. 685 p.

Soto, B. F.; Rodríguez, F. M. y Falconi, C. 2007. Políticas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Banco Interamericano de Desarrollo. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 2007.

Strandberg, I. 2010. La responsabilidad social corporativa en la cadena de valor. 6.

- Trejo T., B. I. y Morales Flores F. J. 2009. Manual para la elaboración de una Encuesta Rural. Colegio de Postgraduados, San Luis Potosí, México. 95 p.
- Trejo T., B. I.; Ríos, C. I. y Figueroa S., B. 2009. Metodología para el Análisis de la Cadena de Valor desde la Integración Social: un estudio en Salinas, San Luis Potosí, México.
- UNESCO. 2010. Educación, juventud y desarrollo. Acciones de la UNESCO en América Latina y el Caribe. Documento preparado para la conferencia Mundial de la Juventud. León, Guanajuato, México.
- UNESCO. 2011. UNESCO and Education, "Everyone has the right to education". Published in November 2011 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Viñas, B. M. 2010. La cadena de valor como herramienta estratégica para las Pymes exportadoras colombianas. *Dimens. Empres.* 8 (2): 65-70.
- Volke, H. V. y Miskimen, G. W. 1987. Agricultura de subsistencia y desarrollo Rural, Editorial Trillas. México. D.F. 11 pp.
- Zamorano V., S. 2010. Producción de Calas (*Zantedeschia* spp.). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Escuela de Agronomía. 15 p.