



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

PROGRAMA PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO

**DETERMINACIÓN DE LA DÓISIS ÓPTIMA DE NPK PARA EL  
CULTIVO DE HAWAIANA (*Alpinia purpurata* Vieill) EN  
COMALCALCO, TABASCO**

**ANA MARÍA PEÑA GUTIÉRREZ**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRA EN CIENCIAS**

H. CÁRDENAS, TABASCO, MÉXICO.

2014

La presente tesis titulada: Determinación de la dosis óptima de NPK para el cultivo de hawaiana (*Alpinia purpurata* Vieill) en Comalcalco, Tabasco, fue realizada por la alumna: Ana María Peña Gutiérrez, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS  
EN PRODUCCIÓN AGROALIMENTARIA EN EL TRÓPICO**

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERA: *Nydia del Rivero B.*

**Dra. Nydia del Rivero Bautista**

ASESOR:   
**Dr. Julián Pérez Flores**

ASESORA:   
**M. C. Aida Olivera de los Santos**

**H. CÁRDENAS, TABASCO A 27 DE JUNIO DE 2014.**

# DETERMINACIÓN DE LA DÓISIS ÓPTIMA DE NPK PARA EL CULTIVO DE HAWAIANA (*Alpinia purpurata* Vieill) EN COMALCALCO, TABASCO

Ana María Peña Gutiérrez, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2014.

## RESUMEN

Este estudio evaluó 16 dosis de fertilización NPK sobre el crecimiento de plantas rosas y rojas de *Alpinia purpurata* (Vieill). Se estudiaron tres componentes principales de rendimiento: tallo, flor y biomasa y 16 variables se midieron: número total de tallos (NTT), con la flor cerrada (TFC), con flor abierta (TFA) y con flor para corte (TFC); área de cepa (AC); longitud de tallo flor de corte (LTFC); diámetro basal, medio y superior del tallo flor de corte (DBTFC, DMTFC y DSTFC, respectivamente); diámetro y longitud de flor de corte (DFC y LFC); la longitud de la hoja apical (LHA); biomasa húmeda y seca de flor de corte (BHFC y BSFC); biomasa no comercial húmeda y seca de la flor de corte (BHNFC y BSNFC); y la biomasa total (BT). El diseño experimental fue bloques al azar con 16 tratamientos y 3 repeticiones. Los resultados mostraron que una de las 16 dosis de fertilización fue significativa para las plantas rosas, en el número de TFA (2.7), en el DFC (6,5 cm) y LFC (23,5 cm) con el tratamiento (16). Para las plantas rojas, hubo efectos significativos en tres de las 16 dosis de fertilización: para el tratamiento 9, en DBTFC (2,17 cm), DFC (6,33 cm) y BHFC (28,89 g); para el tratamiento 13, en BHFC (383,29 g); y finalmente, para el tratamiento 12 en BT (228,7 g). El análisis de correlación mostró un efecto significativo en cuatro unidades experimentales para las plantas rosas y cinco unidades experimentales para las plantas rojas. También hubo una regresión significativa entre el crecimiento y K para las plantas rosas, pero ninguno para las plantas rojas. Conclusiones para plantas rosas, dosis altas de NPK mejoraron el número total de tallos con flor abierta, diámetro y longitud. Para las plantas rojas, dosis medias con N incrementaron diámetro basal y diámetro de flor de corte; mientras que, dosis medias y altas de N combinadas con P, K se obtuvo mejor biomasa húmeda y total.

**Palabras clave:** Calidad, flores de corte, rendimiento, Zingiberaceae.

**DETERMINATION OF THE FERTILIZER DOSES OF NPK FOR GINGER (*Alpinia purpurata* Vieill) IN COMALCALCO, TABASCO.**

**Ana María Peña Gutiérrez, M. C.  
Colegio de Postgraduados, 2014.**

**ABSTRACT**

This study evaluates 16 doses of NPK fertilization on growth of pink and red *Alpinia purpurata* (Vieill) plants. Three main yield component were studied: stem, flower and biomass and 16 variables were measured: total number of stems (TNS), with closed flower (SCF), with open flower (SOF) and with cut flower (SBF); strain area (SA); length of steam of cut flower (SLCF); basal, medium and upper diameter of stem of cut flower (BDSCF, MDSCF, and UDSCF respectively); diameter and length of cut flower (DCF and LCF); length of apical leaf (LAL); wet and dry biomass of cut flower (WBCF and DBCF); wet and dry biomass of non-cut flower biomass (WBNCF and DBNCF); and total biomass (TB). Experimental design was randomized block with 16 treatments and 3 replicates. First results showed one of 16th fertilization doses was significant for pink plants (treatment 16), in the number of SOF (2.7), in DCF (6.5 cm) and LCF (23.5 cm). For red plants, there were significant effects in three of 16th fertilization doses: by treatment 9, in BDSCF (2.17 cm), DCF (6.33 cm) and WBCF (28.89 g); by treatment 13, in WBCF (383.29 g); and finally by treatment 12 in TB (228.7 g). Correlation analysis showed significant effect in four experimental units for pink plants and five experimental units for red plants. There was also a significant regression between growth and K for pink plant but none for red plant. This study concludes pink plant that high doses of NPK improved the total number of open flower stems, diameter and length. For red plants, mean doses was increased with N diameter basal and diameter cut flower; whereas medium and high doses of N combined with P, K better wet, and total biomass was obtained.

**Keys word:** cut flowers, quality, yield, zingiberaceae

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al CONACYT por el apoyo económico que recibí a través de una beca, para cursar los estudios de Maestría en Ciencias en el Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, y con ello elevar mi grado académico.

Al Colegio de Posgraduados, Campus Tabasco, por la oportunidad que me brindó al ingresar y cursar la Maestría en Ciencias “Producción Agroalimentaria en el Trópico”, a todo el personal que en el labora y quienes hacen posible este programa de maestría.

Al fondo mixto de fomento a la investigación científica y tecnológica CONACYT-Gobierno del estado de Tabasco (FOMIX) por el apoyo económico OTORGADO para la realización de este trabajo, mediante el proyecto “Alianza de productores de flores y follajes tropicales del estado de Tabasco” (Red de horticultura ornamental en Tabasco), clave TAB-2008-C11-88111.

Agradezco a mi consejo particular formado por la Dra. Nydia Del Rivero Bautista, el Dr. Julián Pérez Flores y la M. C. Aida Olivera De los Santos, por sus valiosas aportaciones durante la realización del presente trabajo y durante el tiempo que duró la maestría.

Agradezco a todos mis maestros, mi más profundo agradecimiento por la labor académica que desempeñan con gran ahincó, por sus enseñanzas, sugerencias y consejos, para el perfeccionamiento y/o adecuación de esta investigación. Al M. C. Vinicio Calderón Bolaina por sus aportaciones y a todas las personas que colaboraron de alguna forma en la realización de esta investigación.

Agradezco en especial a “**DIOS**”, porque sin Él nada de esto sería posible.

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, fruto de dos años de esfuerzo personal a mi familia, por su apoyo y comprensión en todo momento. Son en mi vida lo más grande y maravilloso que tengo “los AMO con todo mi corazón”.

En segundo lugar quiero dedicarle este logro a la familia Peña Gutiérrez, porque siempre han creído en mi capacidad como estudiante, siempre han estado en la grada de la porra, para darme ánimos y decirme “si se puede”, hoy con la culminación de este trabajo yo les digo “si se pudo”. Mil gracias porque con nada se paga el amor que me tienen. Padre José Encarnación Peña Rodríguez aun cuando no estas vivo para compartir mis logros eres mi guía en todo momento.

A mi amiga incondicional Nelba Terán Villanueva, por estar presente en las buenas y en las malas. Por esas penas y esas alegrías que hemos vivido juntas, te doy las gracias.

A la familia Jiménez Hernández, porque de una u otra forma han estado ahí presentes.

A todas mis amigos y amigas que hoy forman parte de mi vida Sonia, Antonia, Eloisa, José del Carmen, Rosy, Janet, Gloria, Blanca, Ysauro, etc.

*Amen a sus enemigos, hagan bien a quienes los odian, bendigan a quienes los maldicen, oren por quienes los insultan...”. Lucas 6: 27-29.*

<b>TABLA DE CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
RESUMEN .....	ii
ABSTRACT .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE DE CUADROS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
INDICE DE ANEXOS .....	xi
1. INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivo General .....	2
Específicos.....	2
HIPÓTESIS .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Orden Zingiberales.....	4
2.1.1. Taxonomía del Orden Zingiberales.....	4
2.1.2. Origen y distribución de las ocho familias del orden zingiberales.....	6
2.2. Generalidades de la familia Zingiberaceae .....	7
2.2.1. Descripción morfológica de la familia Zingiberaceae .....	8
2.2.2. Requerimientos climatológicos de hawaiana <i>Alpinia purpurata</i> (Vieill) .	10
2.2.3. Requerimientos nutricionales y edáficos.....	10
2.3. Importancia de la producción de flores y follajes tropicales .....	11
2.4. Floricultura mundial.....	13
2.5. Floricultura en México .....	14
2.6. Importancia de la nutrición mineral en ornamentales.....	16
2.6.1. Función del nitrógeno (N) .....	17

2.6.2. Función del fósforo (P).....	19
2.6.3. Función del potasio (K).....	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
3.1. Localización del sitio de estudio.....	25
3.2. Descripción del sitio de estudio.....	25
3.3. Material vegetal y manejo del cultivo .....	26
3.4. Diseño experimental .....	26
3.5. Variables evaluadas.....	28
3.5. Análisis estadístico.....	34
3.6. Determinación de dosis óptima .....	35
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
4.1. Efecto de la fertilización NPK en hawaiana rosa.....	36
4.3. Determinación de la dosis óptima .....	45
4.2. Efecto de la fertilización NPK en hawaiana roja.....	48
5. CONCLUSIONES .....	58
6. RECOMENDACIONES .....	60
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61
8. ANEXOS .....	69

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pág.</b>
1. Familias y especies representativas del orden Zingiberales. ....	<b>5</b>
2. Distribución de las familias, géneros y especies del orden Zingiberales. ....	<b>7</b>
3. Distribución mundial de los géneros y especies de Zingiberaceae. ....	<b>9</b>
4. Dosis de fertilización de NPK evaluadas sobre el rendimiento de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> Vieill) variedad rosa y roja. ....	<b>27</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pág.</b>
1. “Rizograma” relación filogenética de las ocho familias del orden Zingiberales (Kress y Specht, 2005).....	<b>6</b>
2. Localización del sitio de estudio. Plantación comercial de hawaiana roja y rosa ( <i>Alpinia purpurata</i> Vieill) en el predio Sak’ya del municipio de Comalcalco, Tabasco. ....	<b>25</b>
3. Número de tallos florales total contados en una cepa de hawaiana.....	<b>28</b>
4. Número de tallos con flor cerrada (izquierda), abierta (centro) y comercial (derecha).....	<b>29</b>
5. Medición del perímetro de cepa en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ).....	<b>29</b>
6. Medición de longitud de tallo floral comercial en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ). ....	<b>30</b>
7. Medición del diámetro del tallo floral comercial a la base (izquierda), medio (centro) y superior (derecha). ....	<b>30</b>
8. Medición del diámetro de flor comercial de hawaiana ( <i>Alpinia purata</i> ) variedad rosa.....	<b>31</b>
9. Medición de la longitud de flor comercial en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>31</b>
10. Medición de la longitud de la hoja apical del tallo floral comercial en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>32</b>
11. Preparación de biomasa comercial y no comercial de hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja, para determinar peso fresco. Tallo comercial (izquierda), biomasa comercial (centro) y no comercial (derecha) seccionada para su pesado. ....	<b>33</b>
12. Muestras vegetales correspondientes a la biomasa comercial (izquierda) y no comercial (derecha) de hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja.....	<b>33</b>

13. Efecto de diferentes dosis de NPK en el número de tallos florales con flor abierta de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad rosa.....	<b>37</b>
14. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro de la flor comercial de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad rosa. ....	<b>40</b>
15. Efecto de diferentes dosis de NPK en la longitud de la flor comercial de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad rosa. ....	<b>43</b>
16. Regresión lineal simple como respuesta de la aplicación de las diferentes dosis de fertilización de K sobre el rendimientos (número de tallos totales) en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa. ....	<b>46</b>
17. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo a la base de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>48</b>
18. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro de la flor comercial de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>51</b>
19. Efecto de diferentes dosis de NPK en el peso húmedo de la biomasa no comercial de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>53</b>
20. Efecto de diferentes dosis de NPK en el peso seco de la biomasa comercial de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad roja. ....	<b>55</b>
21. Efecto de diferentes dosis de NPK en la biomasa total de hawaiana ( <i>A. purpurata</i> ) variedad roja.....	<b>57</b>

## INDICE DE ANEXOS

Anexo	Pág.
1. Análisis de suelo del sitio de estudio predio “Sak’ya”, Comalcalco, Tabasco.....	69
2. Resultados de los análisis de planta correspondientes a la biomasa comercial y no comercial, realizados previamente a la aplicación de las dosis de fertilización para hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> Vieill), variedad roja y rosa.....	70
3. Contenido (%) de NPK en inflorescencia, hoja, tallo y rizoma de hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa 12 meses después de la fertilización.....	71
4. Contenido (%) de NPK en inflorescencia, hoja, tallo y rizoma de hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja 12 meses después de la fertilización.....	72
5. Matriz de correlación de las variables de calidad y productivas evaluadas y concentración (%) de NPK en flor, hoja, tallo y rizoma, como respuesta a la aplicación de las 16 dosis de fertilización probadas en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa.....	73
6. Matriz de correlación de las variables de calidad y productivas evaluadas y concentración (%) de NPK en flor, hoja, tallo y rizoma, como respuesta a la aplicación de las 16 dosis de fertilización probadas en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja.....	74
7. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el número de tallos totales, con flor cerrada (FC), con flor comercial (FCo), en el área de cepa y la longitud del tallo en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa.....	75
8. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el número de tallos florales totales, con flor cerrada (FC), con flor abierta (FA), con flor comercial (FCo), en el área de cepa y la longitud del tallo en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja.....	76

9. Efecto de la aplicación diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo a la base, medio y superior, longitud de la hoja apical (LHA), peso húmedo de la biomasa comercial (Co) y no comercial (N/Co) y el peso seco de la biomasa comercial (Co) y no comercial (N/Co) en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa. ....	77
10. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo medio y superior, la longitud de la hoja apical (LHA), el peso húmedo de la biomasa comercial (Co) y el peso seco de la biomasa no comercial (N/Co) en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad roja.....	78
11. Análisis de regresión lineal simple en la variable número de tallos totales como respuesta de la aplicación de las diferentes dosis de K en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa. ....	79
12. Variables en la ecuación para la determinación de la ecuación de la dosis óptima fisiológica, como respuesta a la aplicación de las diferentes dosis de fertilización de K en hawaiana ( <i>Alpinia purpurata</i> ) variedad rosa.....	79

## 1. INTRODUCCIÓN

Las flores con sus distintas formas y nombres, son siempre un producto atractivo para quienes se identifican con su fragancia, color y presencia. Siempre habrá consumidores que las demanden de acuerdo a sus necesidades o intereses. Las flores, son un producto comercial de exportación en países como Holanda y Colombia (Camova, 2013).

Se pronostica que el mercado de flores continué creciendo, ya que la población mundial y el poder adquisitivo de los consumidores también aumenta (Camova, 2013). Así mismo, el mercado de flores tropicales está en franca expansión, destacándose la comercialización de hawaiana como flores de corte (Días *et al.*, 2003). Las zingiberaceas son plantas perennes, presentan una gran diversidad de formas, colores y una amplia durabilidad en florero con respecto a cualquier otro tipo de flor (20 días en promedio), todas estas características proporcionan una ventaja competitiva y un aumento en su consumo a nivel local y mundial (Baptista *et al.*, 2005).

La floricultura es una industria altamente competitiva, requiere el uso de tecnologías avanzadas como: uso de plásticos, fertilizantes, reguladores del crecimiento, sistemas de fertirrigación diferenciados, herramientas y sustratos especiales, y un profundo conocimiento técnico por parte del productor y distribución y comercialización eficiente. Sin embargo, hacen falta estrategias para la mejora de la calidad y la sanidad de los productos ofertados, de acuerdo con las exigencias del mercado. Para aumentar la calidad del producto final, es necesario mejorar las prácticas de producción y colecta en campo (Domínguez y Vieira, 2008).

De acuerdo con varios estudios nacionales e internacionales, la hawaiana (*Alpinia purpurata* Vieill) es una de las especies de mayor demanda, y es una de las especies de mayor cultivo en el estado de Tabasco. Para el cultivo exitoso de esta especie la fertilización es una práctica indispensable. Lamas (2004) indica que no existen reglas específicas para la fertilización en ornamentales tropicales, ya que las condiciones

edafoclimáticas son diferentes en cada región y lo más recomendable es realizar un análisis del suelo y análisis de material vegetal, para determinar las cantidades de fertilizantes que se deben aplicar. Kobayashi *et al.* (2007), recomiendan para hawaiana (*A. purpurata*) fertilizar de 1 a 2 veces por año con una formulación de 1:1:1 a 3:1:5 de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Lamas (2004) cita una dosis de 350-400, 200-250, 300-350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, respectivamente, para una plantación de más de 13 meses. Debido a que estas recomendaciones son hechas para las condiciones específicas de los lugares en donde se realizaron las investigaciones, se requiere determinar los requerimientos nutricionales de este cultivo en los sitios donde actualmente se está produciendo esta especie en el estado de Tabasco.

Debido a lo anterior, se plantearon los objetivos siguientes:

### **Objetivo General**

Determinar la dosis óptima de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) para el cultivo de hawaiana roja y rosa (*Alpinia purpurata* Vieill).

### **Específicos**

Evaluar el efecto de la fertilización de N, P y K sobre la producción de flores y variables de crecimiento y desarrollo de *Alpinia purpurata* variedad roja y rosa.

Evaluar el efecto de la fertilización de NPK sobre el contenido foliar de estos nutrimentos en *A. purpurata* variedad roja y rosa.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se planteó la hipótesis siguiente:

## **HIPÓTESIS**

Mediante la aplicación de diferentes niveles de fertilización de NPK, es posible encontrar la dosis óptima para la producción de flores y para el crecimiento y el desarrollo de hawaiana roja y rosa (*A. purpurata* Vieill.).

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Orden Zingiberales

El Orden Zingiberales abarca todas las plantas tropicales exóticas. Son plantas herbáceas, perennes y de tamaños medios y grandes, desarrollan raíces fasciculadas y adventicias unidas a tallos subterráneos que originan un crecimiento rizomatoso. Los rizomas emiten brotes que se denominan pseudotallos. El pseudotallo está formado por la superposición de vainas de hojas fuertemente ligados y termina en el ápice con una estructura mallada, inflorescencia compuesta por brácteas, usualmente muy llamativas por sus formas y colores y en cuyo interior se forman las verdaderas flores. Las hojas usualmente son grandes y numerosas, compuestas de un peciolo fuerte y un amplio limbo foliar que posee una nervadura central ancha y desarrollada. Las hojas se superponen alrededor de las hojas en posición dística (Garzón, 2007).

#### 2.1.1. Taxonomía del Orden Zingiberales

El Orden Zingiberales taxonómicamente se encuentra ubicado en los taxones siguientes:

Reino	Plantae
Phylum	Magnoliophyta
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Monocotyledonea
Subclase	Arecidae
Orden	Zingiberales

Este gran orden taxonómico está integrado por ocho familias, 96 géneros reconocidos y cerca de 2000 especies (Kress y Specht, 2005; Garzón, 2007; López, 2009). También se puede separar a las familias de este orden en dos grupos de acuerdo a la cantidad de anteras fértiles, el grupo conocido como musáceas que poseen cinco estambres fértiles (Strelitziaceae, Lowiaceae y Heliconiaceae) y el grupo de los ginger que presenta un estambre fértil con dos sacos (Zingiberaceae y Costaceae) o un estambre con un saco (Cannaceae y Marantaceae) (Kress y Specht, 2005). Las ocho familias y el nombre común de las especies del orden Zingiberales se enlistan en el Cuadro 1 y Figura 1.

Cuadro 1. Familias y especies representativas del orden Zingiberales.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
Heliconiaceae	Heliconia
Zingiberaceae	Jengibre, gingers, bastones y matandrea
Costaceae	Canagria y costus
Cannaceae	Achira y cannas
Marantaceae	Calatea y maranta
Strelitzaceae	Ave del paraíso y palma del viajero
Lowiaceae	Orchidanta
Musaceae	Musas y platanillos

Fuente: Kress y Specht, 2005.



Figura 1. "Rizograma" relación filogenética de las ocho familias del orden Zingiberales (Kress y Specht, 2005).

### 2.1.2. Origen y distribución de las ocho familias del orden Zingiberales

La distribución de las Zingiberales es producto de numerosos eventos de dispersión, en los que han participado murciélagos, aves, mamíferos e insectos. Encontrándose distribuidas las familias de este Orden en las zonas tropicales de Asia, África y América (Kress y Specht, 2005), como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de las familias, géneros y especies del orden Zingiberales.

<b>Familia</b>	<b>Géneros y especies</b>	<b>Distribución</b>
<b>Musaceae</b>	3 y 42	Norte de América y Europa, zona tropical de África, el Este de Asia, las Filipinas y Australia.
<b>Heliconiaceae</b>	1 y 200	Zona tropical de América, y seis especies en la región de Samoa en Sulawesi.
<b>Strelitzaceae</b>	3 y 5	Zona del Amazonas en América, sur de África y Madagascar.
<b>Lowiaceae</b>	1 y 15	China y Borneo.
<b>Cannaceae</b>	1 y 11	Zona tropical del nuevo mundo y todas las zonas tropicales y subtropicales de América.
<b>Marantaceae</b>	30 y 500	Zona tropical de América, África y Asia.
<b>Costaceae</b>	4 y 150	Región Neotropical de América y África y Sureste de Asia.
<b>Zingiberaceae</b>	53 y 1000	Todas las regiones tropicales del mundo, principalmente en el sureste de Asia.

**Fuente:** Vovides, 1993; Castro, 1995; Kress *et al.*, 1999 y Kress y Specht, 2005.

## 2.2. Generalidades de la familia Zingiberaceae

La familia Zingiberaceae, es la más grande del Orden Zingiberales, integrada aproximadamente por 53 géneros y 1000 especies (Kress y Specht, 2005). El estudio taxonómico de la familia es difícil en virtud de sus flores efímeras, por tal motivo su clasificación aun no es exacta (Vovides, 1993). Muchas plantas pertenecientes a esta familia contienen aceites aromáticos y otras son de importancia económica, como la

raíz del jengibre (*Zingiber officinale*), que se usa como saborizante de vinos, cervezas, refrescos y pasteles. Así mismo, algunas otras especies se utilizan en la industria de la perfumería, o bien como medicinales u ornamentales (Vovides, 1993).

De esta familia, géneros como *Alpinia*, *Amomum*, *Curcuma*, *Etilingera*, *Globba*, *Hedychium*, *Kaempferia* y *Zingiber*, son cultivados como ornamentales o condimentos (Berry y Kress, 1991).

### **2.2.1. Descripción morfológica de la familia Zingiberaceae**

Las plantas de la familia Zingiberaceae son herbáceas perennes de 1 a 4 m de altura, con un sistema radical formado por rizomas, mismos que llegan a formar cepas de hasta 1.5 m de expansión, estos rizomas en algunas de las especies son aromáticos, como el jengibre (*Zingiber officinale*). Presentan hojas dísticas o dispuestas en espiral sobre el tallo, sésiles o pecioladas, vainas foliares abiertas o cerradas, lígulas presentes, láminas lanceoladas, obovadas o ancha a angostamente elípticas o lineares, con un nervio medio prominente y numerosas venas laterales ascendentes, paralelas entre sí. Las inflorescencias son capitadas, estrobiláceas, espigadas, racemosas o paniculadas situadas en los ápices de tallos foliosos o sobre escapos que salen desde la base de la planta, flores bracteadas, una o varias por bráctea, las brácteas a menudo imbricadas, a veces coriáceas; flores hermafroditas, zigomorfas, con frecuencia grandes y vistosas; cáliz tubular a turbinado, usualmente tribolado, comúnmente con una hendidura a un lado, corola tubular trilobada; seis estambres, a veces algunos ausentes, sólo uno fértil, los demás consistiendo en estaminodios, uno o varios estaminodios con frecuencia transformados en una estructura petaliforme, llamada labelo, antera introsa, bilocular; ovario ínfero, normalmente trilocular y de placentación axilar; fruto en forma de cápsula, con el exocarpio a menudo carnoso; semillas ariladas, pocas a numerosas, variables en forma (Vovides, 1993). Su propagación puede ser por división de rizomas o por hijuelos provenientes de semilla germinada en las axilas de las brácteas de las inflorescencias (Criley, 1989).

### 2.2.1.1. Taxonomía de la familia Zingiberaceae

El estudio taxonómico de la familia Zingiberaceae fue iniciado por Kai Larsen en 1980, quien propuso la clave para los géneros que la integran. Sin embargo, éste ha sido muy lento por falta de ejemplares y pérdida de flores al montar los ejemplares. Hasta el momento se han estudiado los géneros *Caulokaemferia*, *Boesenbergia*, *Kaempferia*, *Scaphochlamys*, *Hedychium*, *Zingiber*, *Curcuma* (Sirirugsa, 1998). La distribución geográfica de los géneros y especies se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Distribución mundial de los géneros y especies de Zingiberaceae.

País	Familia Zingiberaceae	
	Géneros	Especies
China	21	200
India	18	120
Indochina	14	120
Malasia	25	650
Nepal	11	35
Filipinas	15	103
Tailandia	20	200

**Fuente:** Sirirugsa, 1998.

Muchos de los géneros que integran esta familia tienen un amplio potencial en la horticultura ornamental en jardines y como flor de corte, tal es el caso de *Alpinia*, *Curcuma*, *Etilingera*, etc. (Sirirugsa, 2008). A la especie *Alpinia purpurata*, también conocida como Alpinia o Ginger rojo o Hawaiana, se le atribuye un gran valor hortícola por sus usos como flor de corte, planta de follaje y en jardinería. Esta especie ha sido cultivada desde hace mucho tiempo en jardines de parques y residencias. Recientemente ha tenido un auge como flor de corte, por su durabilidad, exuberancia y permanente producción de flores; el pico de producción va de octubre a abril en Brasil. Su altura varía de 1.5 m a 7 m (Lamas, 2004; Baptista *et al.*, 2005).

## **2.2.2. Requerimientos climatológicos de hawaiana *Alpinia purpurata* (Vieill)**

### **2.2.2.1. Luminosidad**

Lamas (2004) y Kobayashi *et al.* (2007) señalan que el cultivo de hawaiana es mejor en condiciones de sombra (en especial la variedad rosa), esto dependiendo de la coloración de las brácteas de la inflorescencia y de la región. Un sombreado de 20 a 45 % permite un desempeño florístico y vegetativo adecuado. La variedad roja se comporta mejor a pleno sol o con poca cantidad de sombra; mientras que, la variedad rosa sufre quemaduras y una disminución del tamaño de la flor a menos de 30 % de sombreado. Por otra parte, autores como Ferraz y Loges (2008) mencionan que la producción de flores y la tasa de crecimiento de hawaiana roja en las últimas 5 a 6 semanas antes de la cosecha, depende de la cantidad de luz solar de reserva de la planta y que el cultivo en regiones con alta luminosidad debe realizarse con malla sombra o en asociación con árboles, que proporcionen sombra.

### **2.2.2.2. Temperatura y humedad**

Según Lamas (2004) la temperatura adecuada para este cultivo es de 22 a 35 °C, con una temperatura máxima nocturna de 27 °C, una óptima de 24 a 30 °C y una mínima de 18 °C, temperaturas por debajo de 10 °C inhiben su crecimiento. La humedad relativa requerida es de 60 a 80 %. Cuando las temperaturas, la humedad y la fertilización se encuentran en las cantidades requeridas por la planta, la floración ocurre durante todo el año (Kobayashi *et al.*, 2007).

### **2.2.3. Requerimientos nutricionales y edáficos**

A los 12 meses de establecida la plantación, Lamas (2002) recomienda aplicar 200 g de N, 100 g de P y de 200 a 250 g/planta de K, más calcio y magnesio. Posteriormente, a los 13 meses incrementar a 350 a 400 g de N, de 200 a 250 g de P y de 300 a 350

g/planta de K, más calcio. Así mismo, se recomienda una fertilización foliar semanal con la fórmula 20-20-20 de NPK más micronutrientes, hasta que la planta haya alcanzado una altura de 1.70 m.

Kobayashi *et al.* (2007) refieren que para la producción comercial de *A. purpurata* el floricultor aplica un puño de fertilizante alrededor de la planta de tres a seis veces al año, usando una dosis que contiene 1:1:1 a 3:1:5 de NPK. El incremento de la fertilización nitrogenada va de acuerdo con el incremento en la cantidad de flores comerciales. Niveles altos de fertilización nitrogenada no afectan negativamente la vida postcosecha de las flores. Mientras que, autores como Molnar y Sousa (2002) indican que no existen reglas específicas para el espaciamiento y la fertilización, estas son diferentes de acuerdo con las condiciones de cada región.

Kobayashi *et al.* (2007) y Ferraz y Loges (2008) refieren que el cultivo de hawaiana debe realizarse en suelos profundos, porosos, bien drenados, arcillo arenosos, ricos en materia orgánica y levemente ácidos (pH de 6 a 6.8). En suelos arcillosos con deficiente drenaje, se presenta la clorosis que se atribuye al incremento del contenido de manganeso y en suelos calcáreos con un pH alto, la clorosis es común (Kobayashi *et al.*, 2007).

### **2.3. Importancia de la producción de flores y follajes tropicales**

Las flores y follajes tropicales, destinadas para el corte son perenes y de gran belleza por sus colores, porte y formas exóticas. Son apreciadas en arreglos florales y jardines, debido a su rusticidad y al valor ornamental que representan. Son especies de fácil cultivo, sin embargo se deben tener algunos cuidados que garanticen la calidad del producto final (Baptista *et al.*, 2005).

En el mercado internacional, la floricultura tropical es clasificada en dos grupos de acuerdo al grado de tecnología empleada. La floricultura de alta tecnología, como la

producción de orquídeas y anturios; y la floricultura a cielo abierto, utilizando poca tecnología y producción de varias especies en un mismo espacio. La floricultura a cielo abierto, genera productos clasificados y exóticos, y ocupa un nicho de mercado especializado y reducido. Las especies más representativas de este tipo de floricultura son las heliconias, hawaianas, bastón del emperador, costus y abacaxis (Terao *et al.*, 2005).

La producción de flores tropicales de corte actualmente es un negocio promisorio, con grandes perspectivas de crecimiento en el mercado interno y de exportación. Sin embargo, hacen falta estrategias para la mejora de la calidad y la sanidad de los productos ofertados, de acuerdo con las exigencias del mercado. Para aumentar la calidad del producto final, es necesario mejorar las prácticas de producción y colecta en campo; así mismo, es necesario mejorar las prácticas de manejo como el transporte, limpieza, clasificación y empaque del producto, todas estas prácticas deben realizarse evitando daños mecánicos, dando como resultado un aumento en la vida en florero (Domínguez y Vieira, 2008).

En los últimos años, se ha observado un notable crecimiento y consolidación, debido a factores como: apertura de nuevos canales, nuevas oportunidades comerciales de exportación, necesidad de buscar nuevas iniciativas productivas para los pequeños productores como una alternativa de negocio, los incentivos gubernamentales para el desarrollo de una floricultura tropical, iniciativas de introducción y adopción de nuevas especies ornamentales para producción de flor de corte, entre otros. En Brasil, por ejemplo, se han desarrollado importantes polos florícolas como Río Grande del Sur, Paraná, Santa Catarina y Distrito Federal (Buainaim y Baltalha, 2007).

La hawaiana (*A. purpurata*), como flor de corte es una de las especies tropicales con mayor crecimiento en su demanda. Los principales países productores son: Filipinas, Tailandia, Jamaica, Hawái, Costa Rica, Venezuela, Ecuador y Colombia. Los principales cultivares empleados son: Red Ginger, Pink Ginger, Aillen Macdonla, Jungle King y Jungle Queen para la producción de flor de corte (Lamas, 2004 y Baptista *et al.*,

2005). Actualmente hay cerca de 14 clones nuevos, denominados kimi, los cuales presentan excelente producción (Baptista *et al.*, 2005). Los países importadores son Estados Unidos, Canadá, La Comunidad Europea y Japón (Lamas, 2004).

## **2.4. Floricultura mundial**

Se dice que las flores de corte son el principal cultivo ornamental; así como el más comercializado, seguido de las plantas de flores y follajes en maceta. La producción de flores de corte y de maceta en el mundo, se ha incrementado notablemente, debido en gran parte a la disminución de las barreras tecnológicas y políticas, mejoras en la infraestructura e incremento en las exportaciones, alcanzando un valor de la producción en el año 2004 de \$68,160, 360,000 dólares (USA). En los últimos años se ha observado un incremento en el número de países dedicados a la floricultura. Esto ocurre principalmente en países en vías de desarrollo, con climas no tan extremos como los del hemisferio norte, mano de obra barata y medidas ambientales más estrictas que en otros sitios (Claridades agropecuarias, 2006).

Autores como Chalate *et al.* (2008), refieren que la producción florícola se ha incrementado en volumen y valor a medida que se ha especializado en especies producidas y en la comercialización. Para tener éxito en la producción de ornamentales es necesario, producir con calidad, tener productos homogéneos y estandarizados, cumplir con volúmenes de producción y tener canales de distribución y comercialización.

A nivel mundial, Holanda es el principal productor y comercializador de flores y abastece a Alemania, Suiza, Francia y el Reino Unido. En América Latina, el principal productor es Colombia, que exporta más de 200,000 t de flores anualmente con un valor superior a los 1000,000,000 de dólares (USA). El 85 % de lo exportado está destinado a los Estados Unidos. Colombia exporta a Estados Unidos el 62 % de sus rosas, el 92 % de los claveles, el 93 % de crisantemos y el 97 % de sus alstroemerias o

lirios del Perú. Ecuador es el segundo productor en América Latina (Camova, 2013). En cuanto a superficie cultivada en invernadero, los principales países productores son: Holanda con 7.37 ha, Colombia con 5.8 ha, Estados Unidos con 20.18 ha, y Japón con 17.56 ha, estos cuatro países controlan el 50 % aproximadamente del valor de la producción mundial; seguidos por China y Nueva Zelanda. Otros países que están tomando importancia son Israel, Italia y Tailandia (Chalate *et al.*, 2008; Camova, 2013).

La actual demanda mundial de flores cortadas se concentra en tres regiones: Europa Occidental con 70 %, América del Norte 21 % y Japón, seguidos por Alemania, Reino Unido y Francia (Camova, 2013).

## **2.5. Floricultura en México**

El interés económico que ha alcanzado la flor de corte en el mundo, ha convertido esta actividad en un negocio competitivo. México es un país con amplio potencial para la producción de flor de corte. Posee una amplia diversidad de climas, que permiten cultivar gran cantidad de especies y está cerca de los Estados Unidos de Norteamérica segundo consumidor de flores (Villareal y Ramos, 2001). Actualmente en México se cultivan cerca de 349 especies y variedades de flores de corte. Info Rural (2012) refiere que el valor de la producción de la floricultura aumentó a una tasa media anual de 9.5 %, alcanzando un valor de \$5,646,000,000, durante el período de 2010 a 2011. El Estado de México aportó \$3,341,000,000. Dentro de este el municipio de Villa Guerrero generó \$1,827,000,000 del valor nacional, equivalente a la tercera parte. Las principales especies producidas son: la rosa (30.3 %), el crisantemo (25.5 %), la gladiola (5.4 %), el clavel (7.7 %), la gerbera (7.1 %) y liliun (8.7 %), mismas que componen el 85 % del valor de la producción.

El 80 % del total de la producción se destina al comercio nacional y el 20 % se exporta. El 98 % se dirige a Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. México es el 4° exportador hacia Estados Unidos, superado por Colombia, Ecuador y Costa Rica (Info

Rural, 2012). Estos países han logrado posicionarse como proveedores líderes del mercado Norteamericano, con una superficie menor a la del Estado de México. En 2006, México exportó flores de corte, follajes y plantas vivas por un valor de \$76,949,703 dólares (USA). Esta cantidad corresponde al 0.52 % de las exportación mundial, estimada en \$14,755,218,000 dólares (USA). Durante el periodo 2003-2011 el valor de las exportaciones de ornamentales creció a un ritmo de 6.4 % anual en promedio, ocupando el 21<sup>o</sup> lugar a nivel mundial (Plan Rector Sistema Nacional Ornamentales, 2012). Las principales especies exportadas son: rosa (*Rosa spp.*), gladiola (*Gladiolus spp.*), gerbera (*Gerbera jamesonii*), ave del paraíso (*Strelitzia reginae*), clavel (*Dianthus caryophyllus*), estatices (*Limonium sinuatum*) y crisantemo (*Chrysanthemum leucanthemum*) (Info Rural, 2012). Los principales estados productores de ornamentales son: Estado de México, Morelos, Puebla, Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Distrito Federal, Guerrero, Michoacán, Jalisco, Veracruz, Chiapas y Oaxaca (Chalate *et al.*, 2008; Info Rural, 2012).

En México el cultivo de flores se realiza bajo dos sistemas de producción: a) cielo abierto y b) agricultura protegida (invernaderos, micro túneles, casa sombra, entre otros) (Orozco y Mendoza, 2003; Chalate *et al.*, 2008; Info Rural, 2012). La producción a cielo abierto se destina al mercado nacional (Orozco y Mendoza, 2003). En el sistema de producción a cielo abierto, la mayoría de las unidades de producción son superficies menores a 2000 m<sup>2</sup>, la mano de obra es principalmente familiar, los diferentes eslabones de la cadena productiva están desarticulados, producen una gran diversidad de flores, plantas y follajes; el mayor costo de la producción es la mano de obra; el material de propagación utilizado es de bajo potencial genético y el grado de tecnificación es mínimo. En el sistema de producción en ambientes controlados se cultivan rosas (*Rosa spp.*), clavel (*Dianthus caryophyllus*), gladiola (*Gladiolus spp.*), crisantemo (*Chrysanthemum leucanthemum*), gerbera (*Gerbera jamesonii*) y nube (*Gypsophila murales*) (Chalate *et al.*, 2008).

## **2.6. Importancia de la nutrición mineral en ornamentales**

Entre los principales factores tecnológicos involucrados en el aumento de rendimiento agrícola, incluyendo la horticultura ornamental, se encuentra el uso intensivo de fertilizantes inorgánicos. Mientras que, el mejoramiento genético permitió aumentar el potencial productivo de todos los cultivos en general, el uso de fertilizantes aunado al riego y uso de plaguicidas, permitió la expresión de dicho potencial (Byrnes y Bumb, 1998). Sin fertilizantes el rendimiento de las variedades o cultivares mejorados, sería inferior al de las tradicionales (criollas). De esta manera, los fertilizantes se han convertido en una tecnología que puede propiciar grandes beneficios, cuando se utilizan de manera adecuada (Cárdenas *et al.*, 2004).

De acuerdo al estudio sectorial de flores y horticultura ornamental (2011) uno de los grandes problemas que enfrentan los productores del Estado de México, es el uso excesivo de fertilizantes en las flores, lo que ocasiona la producción de flores muy contaminadas, propiciando la contaminación del suelo y el agua. El conocimiento de la dinámica y transformación de los nutrientes del suelo y de los agregados como fertilizantes, permite establecer pautas de manejo de la fertilización, que tratan de optimizar los rendimientos sin comprometer la pérdida de productividad de los suelos.

El contenido de nutrientes esenciales en los tejidos vegetales de las plantas está determinado por la dotación genética de la planta, la disponibilidad de nutrientes en el suelo o medio de cultivo, y por la etapa fenológica de la planta y el órgano o tejido vegetal que se considere, entre otros factores (Azcón y Talón, 2000).

Una vez que los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y micronutrientes (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl y Mo), se encuentran en la solución del suelo, los iones alcanzan la zona de absorción de la raíz por difusión y son arrastrados por el movimiento del agua hacia la raíz o entran en contacto con las zonas de absorción a medida que la raíz crece. Los nutrientes minerales se distribuyen por toda la planta a través del xilema, impulsados

por la corriente ascendente del agua que genera el flujo de transpiración (Azcón y Talón, 2000).

### **2.6.1. Función del nitrógeno (N)**

Fassbender (1994), Azcón y Talón (2000) y Taíz y Zeiger (2010) mencionan que el contenido y las formas del N en el suelo no presentan una naturaleza estática, sino más bien dinámica y es uno de los elementos más deficientes en el suelo. Después del agua, el N es uno de los elementos más abundantes en la materia viva. Dada su abundancia en las principales biomoléculas, el N junto con el P y el K son elementos clave en la nutrición mineral, para el desarrollo de las plantas.

Las raíces absorben el N en forma de nitrato ( $\text{NO}^{-3}$ ) y el amonio ( $\text{NH}^{+4}$ ). Las plantas tienen la capacidad de reducir el  $\text{NO}^{-3}$  y el sulfato a amonio ( $\text{NH}^{+4}$ ), e incorporar esta forma reducida a las moléculas orgánicas. Este proceso se denomina asimilación del  $\text{NO}^{-3}$ . Los dos procesos biológicos por los que el N inorgánico es convertido en N orgánico son la fijación del nitrógeno molecular ( $\text{N}_2$ ) y la asimilación del  $\text{NO}^{-3}$ . La asimilación del  $\text{NO}^{-3}$  consta de tres etapas: 1) absorción, 2) reducción del  $\text{NO}^{-3}$  a  $\text{NH}^{+4}$ ; 3) incorporación del  $\text{NH}^{+4}$  a esqueletos carbonados para la síntesis de aminoácidos (Fassbender, 1994; Azcón y Talón, 2000).

En los ecosistemas naturales las plantas que no establecen simbiosis con organismos diazotróficos dependen del N mineral existente en la rizósfera, proveniente de la mineralización de la materia orgánica, como única fuente de abastecimiento. En los sistemas de producción agrícola, el N proviene, además de la descomposición de la materia orgánica vegetal y animal, del suministro externo en forma de sales fertilizantes (Cárdenas *et al.*, 2004).

En la planta el N se distribuye en tres grupos, más del 50% se halla en compuestos de elevado peso molecular (proteínas y ácidos nucleicos), el resto en N orgánico soluble

(aminoácidos, amidas, aminos, etc.) y N inorgánico. Su contenido en el peso seco oscila entre 1.5 y 5% (Azcón y Talón, 2000). En *Alpinia purpurata* la mayor demanda de N es durante su desarrollo, a mayor cantidad de N mayor cantidad de tallos florales (Kobayashi *et al.*, 2007). González y Mogollón (2001), encontraron que la dosis óptima para que la flor alcance un mayor diámetro (4.56 cm) y una mayor longitud (5.81 cm), fue con la aplicación de 150 kg ha<sup>-1</sup> año de N. Attoe y Osodeke (2009), mencionan que la fertilización nitrogenada aumenta el rendimiento de rizomas en jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe). Ellos obtuvieron 3.19 t ha<sup>-1</sup> con 0 kg ha<sup>-1</sup> de N y 6.13 t ha<sup>-1</sup> con 200 kg ha<sup>-1</sup>.

#### **2.6.1.1. Contenido y formas del nitrógeno en los suelos**

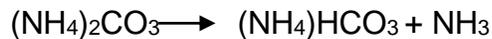
En los suelos de áreas con clima tropical, el contenido de N varía ampliamente entre 0.02 y 0.4%, en comparación con los suelos con altos contenidos de materia orgánica que pueden llegar a tener contenidos de hasta 2%. Estos contenidos están limitados por las condiciones climáticas, la vegetación, el tipo de actividad productiva y el tiempo que se ha desarrollado y características del relieve principalmente (Fassbender, 1994).

La mayor parte del N del suelo se encuentra en la fracción de N inorgánica, no asimilable por las plantas. De ahí la importancia de los procesos de mineralización del N en el suelo, habitualmente controlados por microorganismos, por lo que es muy difícil dictaminar el potencial nutritivo del N en el suelo, aún más, si consideramos los procesos mencionados de desnitrificación y lixiviación (Azcón y Talón, 2000). Estos autores mencionan que, del total del N absorbido del suelo por la planta, las proporciones que se asimilan en la raíz o en las hojas dependen tanto de factores externos como internos de la planta. Así, si existe una baja proporción de NO<sup>-3</sup> en el suelo, una elevada proporción del total absorbido es reducida en la raíz, mientras que si hay suficiente NO<sup>-3</sup> disponible, la mayor parte es transportada al vástago, en donde puede acumularse tanto en el tallo como en las hojas.

### 2.6.1.2. Transformación de los fertilizantes nitrogenados y sus reacciones en el suelo

La mayoría de los fertilizantes son solubles en agua a través de su hidrólisis en el suelo en la zona de disolución alrededor del fertilizante. En la urea [ $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 60%], el N se hidroliza formando carbonato de amonio, el cual es inestable y se descompone en  $\text{NO}_3^-$  y bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). El  $\text{NH}_3$  y/o  $\text{NH}_4^+$  liberado es absorbido por el complejo coloidal o nitrificado a  $\text{NO}_3^-$ . La hidrólisis de la urea en el suelo depende, principalmente de la enzima ureasa (Fassbender, 1994).

Transformación del carbonato de amonio a nitrato e hidroxenocarbonato de amonio y amoníaco.



### 2.6.2. Función del fósforo (P)

El fósforo (P), en los suelos no presenta compuestos inorgánicos y es muy estable. Esta gran estabilidad resulta de una baja solubilidad, lo que a veces causa deficiencias en la disponibilidad de P para las plantas (Fassbender, 1994). Otros factores que limitan la disponibilidad del P es el pH del suelo (es favorecido a pH menores de 7), el tipo de suelo, tipo de arcilla, cantidad de arcilla, aireación y compactación, el contenido de P en el suelo, prácticas culturales, tiempo y método de aplicación (Salisbury y Ross, 2000; Rezende *et al.*, 2006). Esta baja disponibilidad puede evitarse a través de la fertilización fosfatada, pero los fosfatos aplicados al suelo son objeto de reacciones rápidas de fijación.

Las plantas absorben el P en forma de ácido fosfórico, el cual, es utilizado como una fuente de energía en todos los procesos biogeoquímicos (Fassbender, 1994). El P no se encuentra en forma reducida en las plantas, sino que permanece como fosfato, ya

sea en forma libre o como un compuesto orgánico, principalmente como éster fosfórico con grupos hidroxilos, o formando enlaces anhídridos ricos en energía, como es el caso del ATP y ADP. Por tanto, desempeña un papel clave en la fotosíntesis, la respiración y en todo el metabolismo energético. Así mismo, forma parte de muchas moléculas y estructuras celulares, como enlaces diéster de los ácidos nucleicos y fosfolípidos presentes en las membranas (Azcón y Talón, 2000; Salisbury y Ross, 2000).

En la mayoría de las plantas, una vez absorbido, el P se redistribuye fácilmente, de un órgano a otro, se acumula en las hojas jóvenes, en las flores y semillas en desarrollo, y se pierde en las hojas viejas; como consecuencia, las deficiencias se presentaran en las hojas maduras (Azcón y Talón, 2000). Rezende *et al.* (2006) en el cultivo de *Alpinia zerumbet*, aplicaron superfosfato simple y abonos orgánicos para evaluar el contenido de NPK en la planta a los 6, 9 y 12 meses de cultivo. Resultó en mayor número de tallos y hojas por tallo; los análisis químicos mostraron altos niveles de superfosfato en los tratamientos en los que se aplicó fertilización química en comparación con los abonos orgánicos.

#### **2.6.2.1. Contenido y formas del fósforo en suelos tropicales**

Fassbender (1994) señala que en suelos tropicales el contenido total de P es relativamente bajo, varía de 0.02 a 0.08% (200 a 800 mg kg<sup>-1</sup>) con un promedio de 0.05% (500 mg kg<sup>-1</sup>). Este autor explica que los grandes rangos en el contenido de P, se deben a la heterogeneidad de las rocas parentales y a otras condiciones edafológicas y otras ecológicas. El contenido total de P también depende de la textura de los suelos, tanto en suelos de zonas templadas como tropicales, ya que, cuanto más fina su textura, mayor es el contenido de P total. De manera general, el contenido de P disminuye con la profundidad del suelo, lo que se explica por la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos.

### **2.6.2.2. Transformaciones de los fertilizantes fosfóricos y sus reacciones en el suelo**

Las reservas de P varían notablemente entre los ecosistemas, debido especialmente a las variaciones en el tipo de suelo. La interpretación de los valores de P total en el suelo implica dificultades como: formación de fosfatos de calcio, aluminio, hierro o P inerte, predominando en suelos tropicales los ácidos férricos e inertes. El P no está siempre disponible y tiene una movilidad muy pequeña en la naturaleza. Las reservas de P son mucho mayores en el suelo que en la vegetación. Las tasas de transferencia con los residuos vegetales oscilan en  $14 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Así mismo, la tasa de absorción por la vegetación es de 4 a  $16 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , baja comparado con los valores de otros elementos (Fassbender, 1994).

El problema del P en la agricultura no es la composición del P extraído por las plantas, sino el manejo de los fertilizantes fosfatados para lograr una utilización adecuada de las cantidades aplicadas, ya que el P pasa rápidamente a formas poco aprovechables por la planta. Por lo que, al aplicarse un fertilizante el tiempo en que se alcanza la máxima concentración depende de: la concentración de P en la zona de fertilización, velocidad de disolución del material, el tamaño del granulo y el pH (Fassbender, 1994).

### **2.6.3. Función del potasio (K)**

El K que contiene la solución del suelo, donde se produce la absorción por la planta, es una fracción muy pequeña del K total; generalmente varía entre 0.1 y  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . El K intercambiable se encuentra adsorbido al complejo coloidal del suelo (arcilla, materia orgánica e hidróxidos) (Fassbender, 1994).

La dinámica del K, presenta una naturaleza completamente diferente de los elementos nutritivos aniónicos. La diferencia radica en su comportamiento con respecto de la materia orgánica o humus; como los cationes no son componentes de la materia

orgánica, los procesos que envuelven su dinámica son menos complicados y su número más reducido. El K al encontrarse en la solución del suelo, se encuentra directamente disponible para ser absorbido por la planta y en algunas condiciones específicas puede sufrir percolación, dependiendo de la concentración de K en el suelo, intensidad de la precipitación pluvial y de la cobertura vegetal. Por lo general, la velocidad de disolución es rápida; está influida por el tamaño de partícula del fertilizante, el pH del suelo, su relación y composición química (Fassbender, 1994).

El K junto con el P y N, constituyen el contenido principal de los fertilizantes de máxima comercialización. El K se distribuye muy fácilmente de los órganos maduros a los jóvenes por su solubilidad. Es el catión más abundante en la vacuola y el citoplasma. Desempeña, por tanto un papel clave en la osmorregulación que tiene lugar en los procesos de apertura y cierre estomático. Así mismo, el K es activador de más de 50 sistemas enzimáticos, dentro de los que se destaca oxidorreductasas, deshidrogenasas, transferasas, sintetasas y quinasas (Azcón y Talón, 2000; Taíz y Zeiger, 2010).

La deficiencia de K en los cultivos se traduce en una mayor susceptibilidad al ataque de patógenos en la raíz y a una debilidad de los tallos que hace a las plantas especialmente sensibles a la acción del viento y las lluvias especialmente en monocotiledóneas (Azcón y Talón, 2000; Taíz y Zeiger, 2010).

El K intercambiable que se encuentra adsorbido al complejo coloidal está en equilibrio con el K de la solución del suelo. Cuando las plantas absorben el K, su reposición se realiza a partir del K cambiante; por ello es que esta fracción es tan importante en la nutrición vegetal, ya que representa una reserva (Fassbender, 1994). Haque *et al.* (2007) mencionan que el rendimiento y las características productivas de ginger (*Zingiber officinale*): longitud de tallo, número de hojas y número de tallos por planta, se incrementan significativamente de acuerdo al incremento de los niveles de K aplicados hasta 100 kg ha<sup>-1</sup> con el que se obtuvo un rendimiento de 21.2 t ha<sup>-1</sup>.

### **2.6.3.1. Contenido y formas del potasio en suelos tropicales**

A escala mundial la distribución del contenido total de K en los suelos sigue un esquema geomorfológico relacionado con la presencia y meteorización de feldespatos y micas en los materiales parentales. Los suelos arcillosos formados a partir de rocas ricas en materiales feldespáticos y micáceos, resultan ricos en K, como sucede en muchos Vertisoles y Grumosoles (Fassbender, 1994).

Como en muchos otros elementos, el contenido de K total en los suelos no da mayor información acerca de su disponibilidad y su dinámica, para conocer estos aspectos es necesario considerar las diferentes formas en que este elemento se presenta en el suelo y las relaciones entre las mismas. En los suelos minerales, la mayor cantidad de K está asociado con silicatos en los feldespatos (ortosa u ortoclasa), en las micas (muscovita, leucita y biotita) y en los minerales arcillosos (illita, vermiculita y glauconita). El contenido de K en la ortosa u ortoclasa es de 7 a 12 %, las muscovitas entre 7 y 9 %, la biotita entre 5 y 7 % y la leucita llega a contener hasta 16 %. Los minerales arcillosos, especialmente los trilaminares, presentan K adsorbido en su superficie (Fassbender, 1994).

### **2.6.3.2. Transformaciones de los fertilizantes potásicos y sus reacciones en el suelo**

Existen tres tipos de fertilizantes potásicos comerciales: el cloro o muriato de potasio (KCl 60-63% K<sub>2</sub>O), el sulfato de potasio (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 50-52% K<sub>2</sub>O) y el nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub> 44% K<sub>2</sub>O y 13% N).

El KCl, es el fertilizante más utilizado, altamente soluble en agua y de reacción neutra, al hidrolizarse se producen cantidades altas de K<sup>+</sup> y cloro (Cl<sup>-</sup>) en la zona de fertilización. Los iones K<sup>+</sup> resultantes, son adsorbidos por el complejo de intercambio y

en algunos casos se acumulan entre paquetes laminares, lo que causa la fijación del K (Fassbender, 1994).

El  $K_2SO_4$ , como el KCl presenta una alta solubilidad y las mismas reacciones. Al hidrolizarse presenta iones de  $SO_4^{2-}$  que son favorables para la nutrición vegetal, especialmente en suelos deficientes en azufre (Fassbender, 1994).

El  $KNO_3$  fue el fertilizante natural nitrogenado y potásico más importante. Al hidrolizarse se produce 44 % de  $K^+$  y 13 % de  $NO_3^-$ .

Otros fertilizantes de menor importancia son el fosfato de potasio y el carbonato de potasio, utilizados en cultivos anuales (Fassbender, 1994).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del sitio de estudio

La investigación se realizó en la plantación comercial “Sak’ ya”, ubicada a 2 km al norte de la ciudad de Comalcalco, Tabasco, México (Figura 2). La plantación de 10 años de edad se localiza a los  $18^{\circ}17'43.49''$  N y  $93^{\circ}12'28.68''$  O, situada en la región fisiográfica “llanura aluvial” (Palma *et al.*, 2006). El experimento se desarrolló de febrero de 2012 a enero de 2013.



Figura 2. Localización del sitio de estudio. Plantación comercial de hawaiana roja y rosa (*Alpinia purpurata* Vieill) en el predio Sak’ya del municipio de Comalcalco, Tabasco.

#### 3.2. Descripción del sitio de estudio

La plantación comercial de hawaiana (*Alpinia purpurata* Vieill K. Schum) variedades roja y rosa se encuentra establecida bajo condiciones de cielo abierto, intercalada con una plantación de cedro (*Cedrela odorata* L.). La densidad de siembra es de 2000 plantas por hectárea, con una distancia de siembra de 5 m entre surcos y 1 m entre plantas y un arreglo topológico de marco real.

El tipo de suelo presente en el sitio es un Fluvisol éutrico (FLeu). Este tipo de suelo se deriva de sedimentos fluviales y que reciben materiales nuevos a intervalos regulares. Se distribuyen en el estado de Tabasco forma paralela a los cauces de los ríos y arroyos, existiendo un área compacta de estos suelos en la “vega” del río seco (antiguo cauce del río Grijalva), la cual abarca parte del municipio de Comalcalco. Fisiográficamente estos suelos se localizan sobre bordos aluviales recientes, los cuales son especies de camellones paralelos a la dirección del cauce, con pendientes convexas inferiores al 3% (Palma *et al.*, 2006). Las características físico químicas de los análisis de suelo se indican en el Anexo 1.

El clima presente, según Köppen modificado por García (1998), es cálido húmedo Am (f) con lluvias en verano, una precipitación media anual de 1945 mm y una temperatura media anual de 26.5 °C.

### **3.3. Material vegetal y manejo del cultivo**

El material vegetal empleado para el experimento fueron 48 cepas de hawaiana roja y 48 cepas de hawaiana rosa. Las labores culturales que se realizan al cultivo son: 1) la eliminación de malezas de forma manual con machete, 2) la aplicación de riego por goteo durante la época de sequía (abril, mayo y junio) y 3) la eliminación de flores no comerciales (aquellas que no cumplen con la longitud de tallo; longitud, diámetro de flor y arquitectura de la flor). No se aplican pesticidas para el control de plagas y enfermedades; ni se aplican fertilizantes.

### **3.4. Diseño experimental**

El experimento se estableció bajo un diseño de Bloques Completos al Azar. Los tratamientos evaluados se determinaron mediante un diseño de tratamientos con la

matriz San Cristóbal (Cuadro 4), previo análisis de suelo (Anexo 1) y planta (Anexo 2) y revisión de literatura. Se definieron 16 tratamientos (Cuadro 4), cada tratamiento tuvo tres repeticiones (bloques). La unidad experimental fue una cepa por variedad. Las fuentes de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) fueron urea, superfosfato de potasio simple y cloruro de potasio, respectivamente.

Cuadro 4. Dosis de fertilización de NPK evaluadas sobre el rendimiento de hawaiana (*A. purpurata* Vieill) variedad rosa y roja.

Tratamiento	Dosis de NPK (kg ha <sup>-1</sup> )					
	Hawaiana rosa			Hawaiana roja		
	N	P	K	N	P	K
T1	00	00	00	00	00	00
T2	00	00	220	00	00	178
T3	00	14	00	00	10	00
T4	00	14	220	00	10	178
T5	61	07	110	108	04	90
T6	61	07	331	108	04	268
T7	61	21	110	108	14	90
T8	61	21	31	108	14	268
T9	122	00	00	216	00	00
T10	122	00	220	216	00	178
T11	122	14	00	216	10	00
T12	122	14	220	216	10	178
T13	182	07	110	322	04	90
T14	182	07	331	322	04	268
T15	182	21	110	322	14	90
T16	182	21	331	322	14	268

La preparación de los tratamientos (dosis de fertilización) consistió en el pesado de cada uno de los fertilizantes (urea, cloruro de potasio y superfosfato simple), mismos

que fueron colocados en bolsas de polietileno de 1 kg de capacidad. La aplicación de los fertilizantes fue manual y en una sola aplicación.

### 3.5. Variables evaluadas

Las variables medidas cada 15 días, fueron:

**Número de tallos totales.** Como tallo se consideró aquel que tuviera por lo menos dos hojas verdaderas. Además, se contabilizaron los tallos que los trabajadores hubieran cortado por la cosecha de la flor (tallos con la mitad inferior y dentro de la unidad de muestreo) (Figura 3).



Figura 3. Número de tallos florales total contados en una cepa de hawaiana.

**Número de tallos con flor cerrada, abierta y comercial.** Para estas variables se contabilizaron todos los tallos que se encontraban dentro de la cepa, considerándose como tallo con flor cerrada a la inflorescencia con 100 % de brácteas cerradas, como

flor abierta a la inflorescencia con 1 a 50 % de brácteas abiertas y como flor comercial a la inflorescencia con 51 a 100 % de brácteas abiertas (Figura 4).

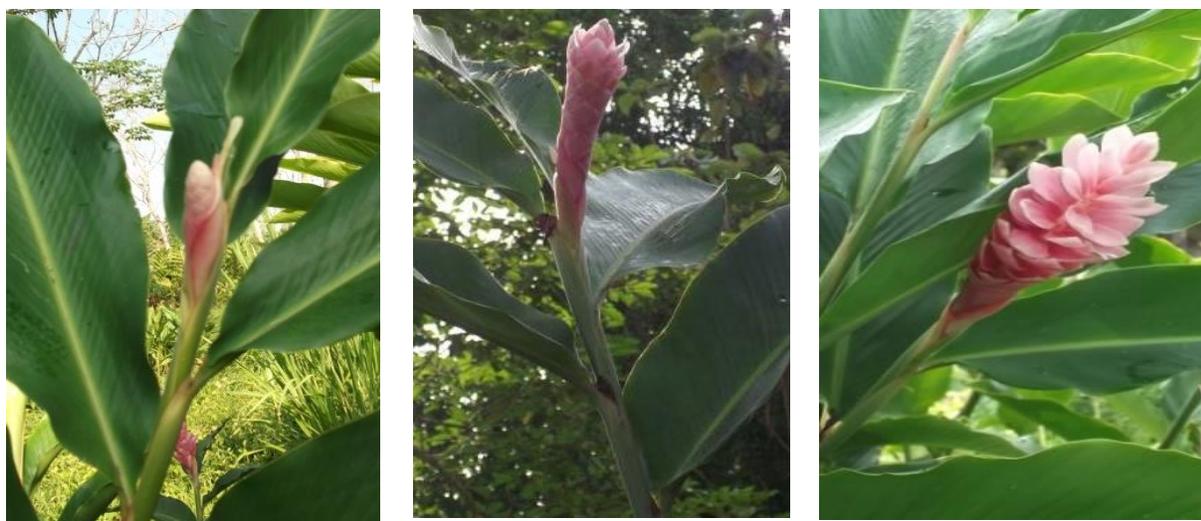


Figura 4. Número de tallos con flor cerrada (izquierda), abierta (centro) y comercial (derecha).

**Área de la cepa (m<sup>2</sup>).** En campo se obtuvo el perímetro de la sepa rodeando con un flexómetro el total de tallos presentes, a partir del cual se calculó el radio y finalmente el área de cepa (Figura 5).



Figura 5. Medición del perímetro de cepa en hawaiana (*Alpinia purpurata*).

**Longitud (cm) de tallo floral.** Se eligió el tallo con flor comercial de mayor longitud y se midió desde la base del tallo hasta el inicio de la inflorescencia (Figura 6).



Figura 6. Medición de longitud de tallo floral comercial en hawaiana (*Alpinia purpurata*).

**Diámetro (cm) basal, medio y superior del tallo floral comercial.** El diámetro basal se midió 2 cm arriba de la base del tallo, el medio se tomó en la parte media del tallo y el superior se tomó 2 cm debajo de la base de la inflorescencia (Figura 7).



Figura 7. Medición del diámetro del tallo floral comercial a la base (izquierda), medio (centro) y superior (derecha).

**Diámetro (cm) de flor comercial.** Esta variable se tomó en la parte media de la longitud de la inflorescencia, tocando ligeramente las brácteas (Figura 8).



Figura 8. Medición del diámetro de flor comercial de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

**Longitud (cm) de flor comercial.** Se tomó como punto inicial la base de la inflorescencia y como punto final el ápice de la misma (Figura 9).



Figura 9. Medición de la longitud de flor comercial en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja.

**Longitud (cm) de hoja apical.** Se tomó como punto inicial la base del pedicelo y como punto final el ápice de la hoja (Figura 10).



Figura 10. Medición de la longitud de la hoja apical del tallo floral comercial en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja.

**Peso fresco (g) de la biomasa comercial y no comercial.** Se consideró como biomasa comercial a la flor con un tallo de 60 cm y las dos últimas hojas apicales. La biomasa no comercial correspondió al resto de las hojas y tallo floral (estándares proporcionados por los productores de la zona) (Figura 11). Previo al pesado del material vegetal, este se cortó en trozos de 2 cm de largo aproximadamente.



Figura 11. Preparación de biomasa comercial y no comercial de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja, para determinar peso fresco. Tallo comercial (izquierda), biomasa comercial (centro) y no comercial (derecha) seccionada para su pesado.

**Peso seco (g) de la biomasa comercial y no comercial.** Después de obtener el peso fresco de las muestras, cada una se colocó en bolsa de papel Kraft con una capacidad de 2 kg. Las bolsas se identificaron (sitio de colecta, variedad, biomasa comercial o no comercial, bloque, tratamiento y fecha de colecta) y se colocaron en la estufa durante 72 h a 50 °C, finalmente se pesaron (Figura 12).

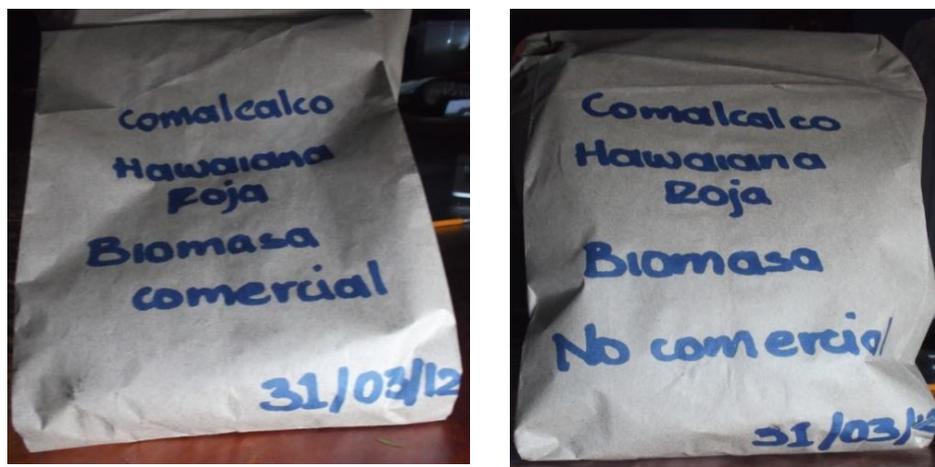


Figura 12. Muestras vegetales correspondientes a la biomasa comercial (izquierda) y no comercial (derecha) de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja.

**Biomasa (g) total.** La biomasa total se obtuvo de la suma de los valores de las variables peso seco de la biomasa comercial y no comercial, multiplicado por el número de tallos florales con flor comercial.

Para la medición de todas las variables de longitud y perímetro, se empleó un flexómetro de 5 m de longitud marca Pretul® fabricado en China, las variables de diámetro se realizaron con un vernier marca Inch® fabricado en México y las variables de peso fueron medidas con una balanza analítica Denver Instrument® de 2 kg de capacidad y una sensibilidad de mg, fabricada en Estados Unidos de Norteamérica.

La determinación de los contenidos de NPK se realizó al final del experimento. Se consideró un tallo con rizoma y flor comercial. Por cada una de las unidades experimentales. El tallo floral fue separado en flor, hoja, tallo y rizoma. Cada órgano fue seccionado y colocado en estufa de secado a 50 °C por 72 h. Una vez secas las muestras, se molieron y se enviaron al Laboratorio de Análisis de Planta, Suelo y Agua del Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. La determinación del contenido de NPK en las muestras vegetales se realizó de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT-2000 por los métodos micro-Kjeldahl, Olsen y cromatografía de gases, respectivamente.

### **3.5. Análisis estadístico**

Previo a su análisis de varianza (ANOVA) a los datos se les realizaron las comprobaciones de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza (Kuehl, 2001). La comparación de las medias se efectuó según la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de 0.05. Se utilizó el paquete estadístico SAS versión 9.4 para Windows. Así mismo, se realizó una correlación de Pearson entre las variables estudiadas y el contenido de NPK en flor, hoja, tallo y rizoma.

### 3.6. Determinación de dosis óptima

Para la estimación de la dosis óptima fisiológica se aplicó un modelo de regresión lineal simple de primer orden, de acuerdo con la metodología descrita por Martínez (1987).

La dosis óptima fisiológica se estimó mediante el modelo:

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 K$$

Donde:

$\hat{Y}_i$  = Rendimiento estimado (# de tallos totales)

$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$  = Coeficientes de regresión

$K$  = Dosis de fertilización de potasio ( $\text{kg ha}^{-1}$ ).

La derivada con respecto a la dosis es:

$$\frac{d\hat{Y}}{dK} = \hat{\beta}_1$$

Por lo que la dosis óptima estimada es:

$$K = \frac{1}{\hat{\beta}_1}$$

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De acuerdo con el análisis de varianza, en hawaiana variedad rosa, la fertilización tuvo efecto sobre el número de tallos florales con flor abierta ( $F_{15}= 1.89$ ,  $p=0.05$ ), así como en la longitud de flor comercial ( $F_{15}=1.89$ ,  $p=0.05$ ) y diámetro de flor ( $F_{15}= 2.07$ ,  $p=0.04$ ). Para hawaiana roja, la fertilización (NPK) tuvo efecto sobre el diámetro del tallo floral basal ( $F_{15}= 1.94$ ,  $p= 0.05$ ), diámetro de flor ( $F_{15}= 2.34$ ,  $p= 0.02$ ), peso húmedo de la biomasa no comercial ( $F_{15}= 2.89$ ,  $p= 0.006$ ), peso seco de la biomasa comercial ( $F_{15}= 2.38$ ,  $p= 0.02$ ) y biomasa total ( $F_{15}= 8.49$ ,  $p= 0.0001$ ), lo que indica que al menos uno de los tratamientos probados es mejor.

La fertilización con los nutrientes evaluados no mostró efecto en hawaiana variedad rosa y roja sobre las variables: número de tallos florales totales, número de tallos florales con flor cerrada, número de tallos con flor comercial, área de cepa, diámetro medio del tallo floral, diámetro final del tallo floral, longitud de hoja apical, peso húmedo de la biomasa comercial y peso seco de la biomasa no comercial.

### **4.1. Efecto de la fertilización NPK en hawaiana rosa**

#### **Número de tallos con flor abierta**

El mayor número de tallos florales con flor abierta (2.67) se obtuvo con la aplicación de los tratamientos 10 y 16, que corresponden a las dosis más altas de N y K. El menor número (1.00) lo presentó el tratamiento 3 que no contenía N y K (Figura 13).

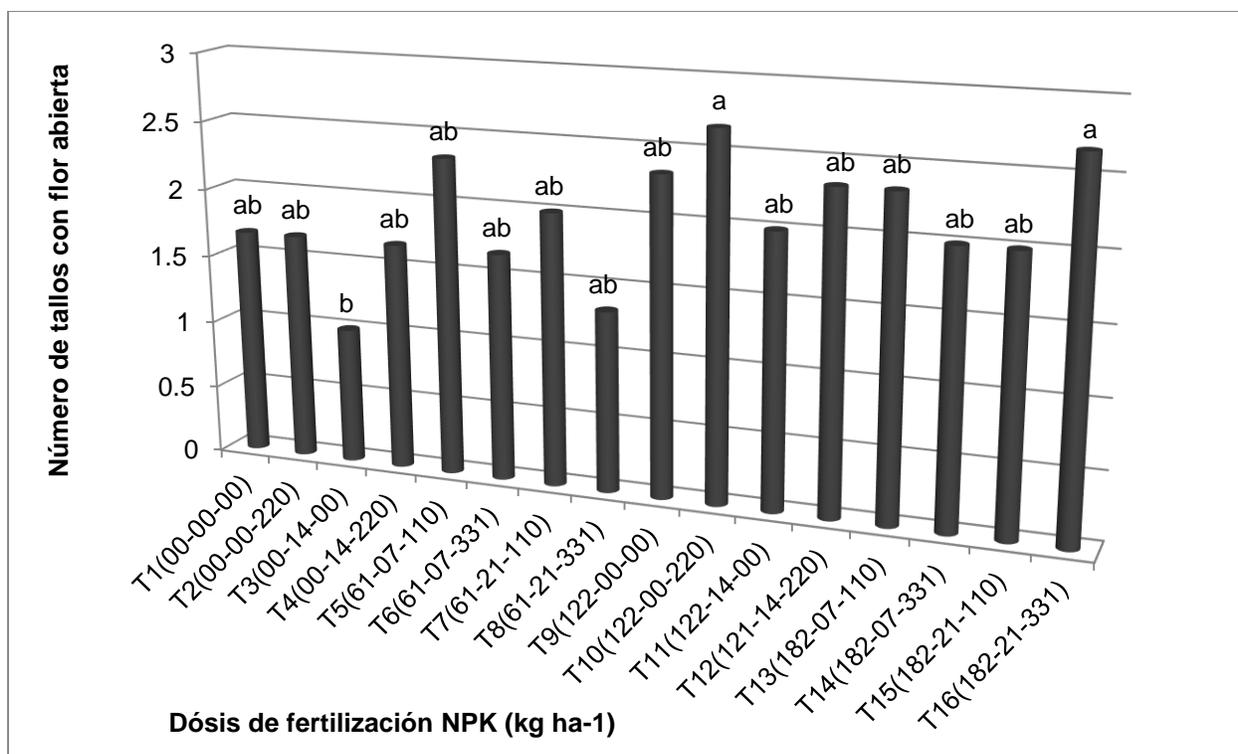


Figura 13. Efecto de diferentes dosis de NPK en el número de tallos florales con flor abierta de hawaiana (*A. purpurata*) variedad rosa.

Cada barra representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que con las dosis de fertilización que contenían 122-00-220 y 182-21-331 kg ha<sup>-1</sup> de NPK se alcanzó el mismo número de tallos (2.67) con flores abiertas. Además, se pudo observar que a medida que se incrementó la dosis de fertilización no se incrementó el número de tallos. Por otro lado, autores como Lamas (2004) recomienda para hawaiana una fertilización con 200-300 g/planta con la fórmula (15:15:15) aplicado cada tres meses. El mismo autor en (2004) sugiere dosis de fertilización de 350-400, 200-250, 300-350 kg ha<sup>-1</sup> de NPK para plantaciones de más de 13 meses de edad, dosis superiores a las evaluadas en este estudio.

Otros autores como Loges *et al.* (2009) estudiaron la producción de tallos florales de hawaiana rosa, obteniendo 16.5 tallos con flores por cepa por trimestre, con una

proporción de NPK de 20:10:20; mientras que, en esta investigación se empleó una relación 3:3:3, valores inferiores a los utilizados por estos autores y con resultados similares en cuanto al número de tallos florales.

Lo anterior puede atribuirse a que el N cumple funciones vitales en las plantas, encontrándose en formas orgánicas e inorgánicas. Este nutriente juega un rol esencial en el crecimiento, ya que es constituyente de la clorofila, aminoácidos esenciales, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, hormonas, trifosfato de adenosina (ATP) e interviene en muchos procesos metabólicos. Por tal motivo, las plantas requieren el N en muy altas cantidades, solo comparables a las de K (Azcón y Talón, 2000; Salisbury y Ross, 2000).

Los resultados alcanzados en este estudio son diferentes a los obtenidos por Atto y Osedeke (2009), quienes trabajando en jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe) planta que pertenece a la familia Zingiberaceae; obtuvieron 6.0 y 9.4 tallos con la aplicación de 200-160-100 y 200-80-50 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, respectivamente y se observó que al disminuir la cantidad de P y K se incrementó el número de tallos. Por otra parte, Carvalho *et al.* (2012) obtuvieron 2.6 inflorescencias por mes con una fertilización de 272.72 kg ha<sup>-1</sup> de fertiligran® (nitrógeno, sulfato de amonio y urea) en *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata*, cv. Golden Torch, resultados inferiores a los mostrados en este estudio.

Los resultados del análisis vegetal realizado a las hojas de hawaiana rosa, mostraron que el contenido (%) de NPK presente fue de 1.78, 0.20, 1.79 y 1.89, 0.19 y 1.87 para los tratamientos 10 y 16 respectivamente; mientras que para el tratamiento 3 fue de 1.82, 0.22 y 1.70. Estos resultados son similares a los indicados por Bertsch (2003) de 1.95, 0.20 y 1.86 % de NPK, respectivamente, y Kobayashi *et al.* (2007) indica contenidos de NPK para hoja de 2.0, 1.06 y 1.8 %, respectivamente para la misma variedad de hawaiana.

El número de tallos con flor abierta correlacionó positivamente con el contenido de NPK en un 100, 93 y 80 % en tallo y flor, respectivamente (Anexo 6). Dicha relación puede

atribuirse a que el N es considerado el más importante de los macroelementos después del carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), se encuentra en proporción de 1 a 3 % con respecto a la materia seca y presenta una rápida absorción y translocación vía xilema (Cárdenas *et al.*, 2004).

El P se redistribuye fácilmente en la mayoría de las plantas de un órgano a otro, acumulándose en las hojas jóvenes, en las flores y en las semillas (Azcón y Talón, 2000). Arzuaga *et al.* (2005) y Fassbender (1994), indican que el P total se encuentra en mayores cantidades en suelos con textura fina, y en suelos tropicales parece estar ligado a la materia orgánica (MO). El P orgánico tiende a ser adsorbido sobre las arcillas de donde pasa a la solución del suelo. El tipo de suelo en el sitio de estudio es fluvisol eútrico, uno de los más ricos en nutrientes; con una textura migajón-arcilloso-limoso (Palma *et al.*, 2006) y 3.49 % de MO (Anexo 1), lo que podría indicar que el suelo está aportando las cantidades requeridas por el cultivo de hawaiana.

Por otro parte, el K es esencial para el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la demanda de este elemento es mayor que la mayoría de elementos a excepción del N, posee una movilidad excepcional en el suelo y en los tejidos vegetales. Esta movilidad trae como consecuencia que se puede perder de los suelos, sobre todo en zonas tropicales con alta precipitación (López, 1990).

### **Diámetro de flor comercial**

Para hawaiana rosa, en el diámetro de la flor se observó que los tratamientos 2 y 12 con valores de 5.20 y 5.17 cm, respectivamente fueron estadísticamente iguales entre si y diferentes al tratamiento 16 con un valor de 6.47 cm (Figura 14).

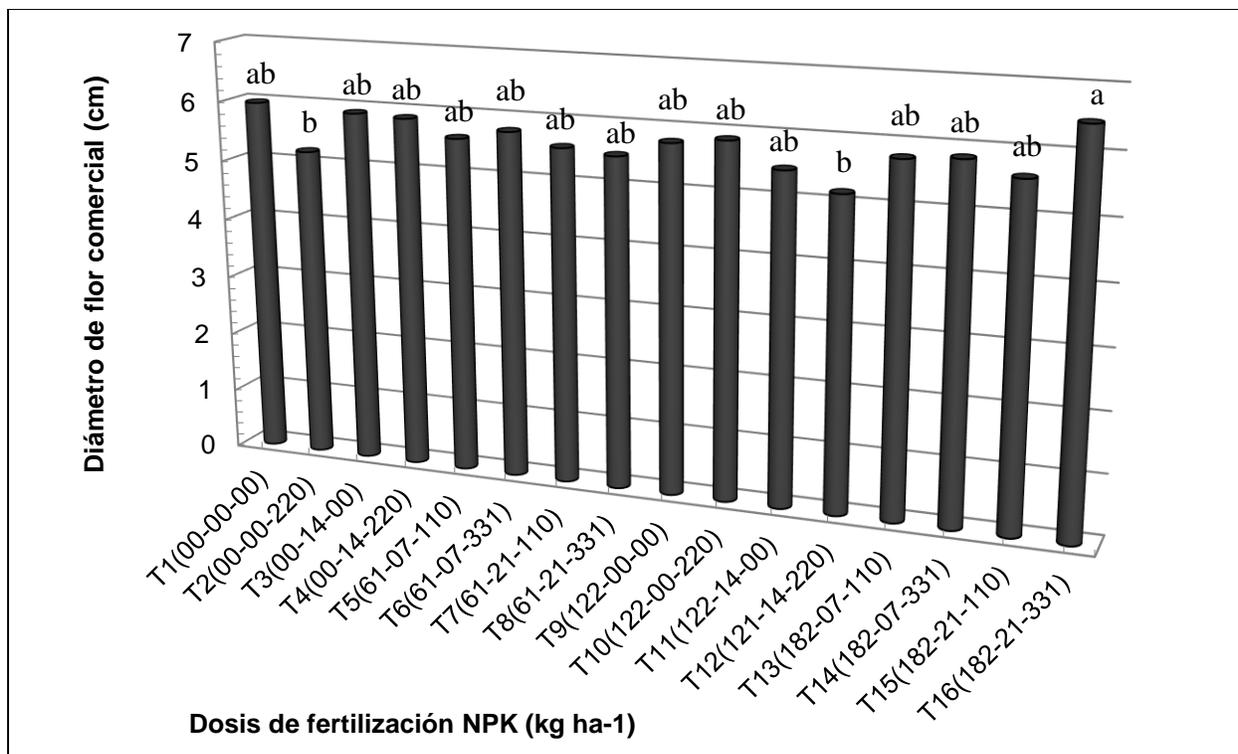


Figura 14. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro de la flor comercial de hawaiana (*A. purpurata*) variedad rosa.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Este mayor diámetro de flor comercial se alcanzó con una aplicación de 182 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultado que difiere del obtenido por González y Mogollón (2001) en *Alpinia purpurata* Jungle King de 8 meses de edad, quienes con una dosis de fertilización de 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, obtuvieron un diámetro de 5.15 cm. Por otra parte, Ferraz y Loges (2008), caracterizando diferentes variedades de hawaiana encontraron un diámetro de 8.63 cm en inflorescencias totalmente expandidas (43 días de emergencia) cuando aplicaron una dosis de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N, resultados que difieren a los obtenidos en este estudio.

El contenido (%) de NPK que presentó la hoja de hawaiana rosa para el tratamiento 16 fue de 1.89, 0.19 y 1.87; mientras que, en los tratamientos 2 y 12 fue de 1.88, 0.29, 1.67 y 1.83, 0.20 y 1.56, respectivamente. Los tratamientos probados, presentaron

contenidos de P similares a los logrados por Bertsch (2003) quien indica 0.20 % de P en hawaiana. Sin embargo, para el N y K los valores fueron bajos en este estudio a los alcanzados por este autor, quien presenta valores de 1.95 y 2.72 %, respectivamente.

Por otra parte Rahardjo (2012) en *Zingiber officinale* con la aplicación de 300 kg ha<sup>-1</sup> de KCl, encontró en la hoja contenidos de 2.13 % de N, 0.24 % de P y 5.19 % de K, valores superiores a los alcanzados en este estudio para N y K y que coinciden con los valores obtenidos para P.

Esto puede atribuirse a que el K es un elemento que se requiere en altas cantidades para optimizar el rendimiento en Zingiberaceas; ya que es indispensable para la síntesis de carbohidratos, constituyente de los esqueletos de carbono (materia prima para la elaboración de los demás compuestos químicos de la planta), determinando fuertemente el rendimiento y la calidad (Yáñez, 2002; Nwaogu y Ukpabi, 2010).

El diámetro de flor presentó una relación positiva de 99, 97 y 77 % con el contenido de N en flor y tallo y K en flor, respectivamente (Anexo 6). Esta estrecha relación con el N en la flor y tallo, pudo deberse a que el N está presente en muchos compuestos esenciales, por lo que el crecimiento de los diferentes órganos de la planta es lento si no se añade este elemento (Salisbury y Ross, 2000).

El nitrato y los aminoácidos son las principales formas en las cuales el N es translocado en el sistema vascular a las partes superiores de las plantas. Generalmente, en la savia del xilema del 70 al 80 % están presentes aminoácidos ricos en N. Se cree que la función de estas moléculas ricas en N (glutamina y asparagina) es transportar el N con un mínimo de C (Marschner, 2002).

De Castro *et al.* (2007) indican que las zingiberaceas cultivadas con una solución completa (N, P, K, Ca, Mg y S), exhibieron el doble de contenido de carbohidratos en el tallo floral que en las hojas, lo que sugiere la exportación de grandes cantidades de hidratos de carbono en el proceso de floración.

Según Druege (2001), las etapas de floración y fructificación precisan de energía y se espera que se produzca la acumulación de hidratos de carbono en órganos como son las inflorescencias.

En *Heliconia caribea*, Yee y Tissue (2005) también observaron menores concentraciones de azúcares solubles en las hojas que en las estructuras florales. El contenido de almidón sin embargo, fue similar en las hojas y las estructuras florales cuando se refieren al período de la floración y el almidón apenas varió; mientras que, el contenido de hidratos de carbono solubles disminuyó, lo que indica que la floración se mantiene principalmente por la fotosíntesis que se produce durante esta fase fenológica.

### **Longitud de flor comercial**

La respuesta de hawaiana rosa a la aplicación de NPK mostró que el menor (17.73 cm) y el mayor valor (23.53 cm) en la longitud de la flor se presentaron en los tratamientos 8 y 16, respectivamente. Estos últimos con diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Figura 15).

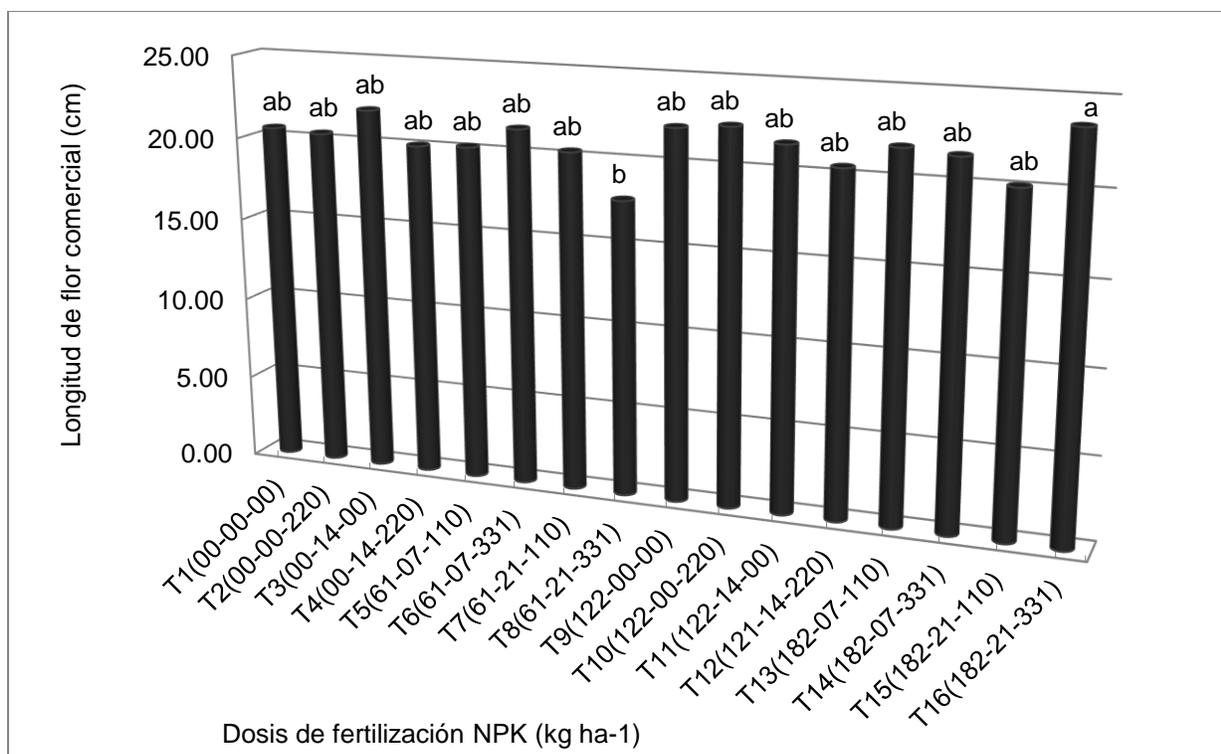


Figura 15. Efecto de diferentes dosis de NPK en la longitud de la flor comercial de hawaiana (*A. purpurata*) variedad rosa.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados de la investigación difieren de los obtenidos por González y Mogollón (2000) quienes, consiguieron en *A. purpurata* "Jungle King" una longitud de flor de 9.34 cm con la aplicación de 150 kg ha<sup>-1</sup> año de N. Estos mismos autores en 2001, trabajando con la misma variedad consiguieron una longitud de flor de 5.18 cm y 5.63 cm con las dosis de fertilización 150 y 300 kg ha<sup>-1</sup> año de N, respectivamente. Mientras que, Ferraz y Loges (2008) en un trabajo sobre la caracterización de cultivares de hawaiana, obtuvieron diámetros de 21.75 y 21.00 cm en hawaiana Jungle Queen y hawaiana Jungle King, respectivamente, con la aplicación de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N. Salisbury y Ross (2000) mencionan que las diferencias encontradas en las cantidades de elementos en las plantas se deben a que algunas especies absorben solutos en cantidades variables, especialmente cuando crecen en suelos diferentes.

Por otra parte, Bittencourt y Oliveira (2003), trabajaron en *Heliconia psittacorum* L. f. x *H. sathocircinata* Aristeguieta “Golden Torch” y lograron una longitud de la flor de 17.2 cm con una dosis de fertilización de 600-160-160 kg ha<sup>-1</sup> de NPK; mientras que, en *H. psittacorum* L. f. “St. Vicent Red” la mayor longitud de la flor fue de 17.1 cm con una dosis de fertilización de 400-240-160. Los autores señalan que las especies responden de forma diferente a las aplicaciones de fertilizantes.

Loges *et al.* (2005) y Ferraz y Loges (2008) refieren que las hawaianas son clasificadas para su comercialización en cuanto al tamaño de la inflorescencia en pequeña de 15 a 17 cm, media de 18 a 20 cm y grande más de 20 cm. De acuerdo con esta clasificación los resultados obtenidos en esta investigación para las inflorescencias se ubican en la clasificación por su tamaño en “grande”. Únicamente, el testigo presentó una media inferior a los 20 cm, por lo que se situó dentro de la clasificación de “media”.

El contenido (%) de NPK que presentó la flor de hawaiana rosa para el tratamiento 8 fue de 0.95, 0.20 y 1.92 y para el tratamiento 16 fue de 0.86, 0.22 y 2.10. Berstch (2003) indica que el contenido de NPK en la flor de hawaiana debe ser 1.95, 0.14 y 1.86 %, respectivamente. De acuerdo con este autor los resultados obtenidos en este estudio para N son bajos; mientras que para el P y el K fueron altos. Esto puede atribuirse a que el N es tomado por las raíces y translocado vía xilema hacia las partes superiores de la planta, es de rápida movilidad en la planta y es exportado de los órganos senescentes hacia las regiones en estado de crecimiento activo (Cárdenas *et al.*, 2004). Generalmente, el contenido de P de las células de la raíz y savia del xilema es cerca de 100 a 1000 veces más alto que en la solución del suelo (Marschner, 2002).

Según Nwaogu y Ukpabi (2010) una adecuada nutrición con K ha mostrado un incremento en el rendimiento, resistencia a enfermedades en raíces y tubérculos. Estos autores mencionan que en *Zingiber officinale* Roscoe, la nutrición óptima con K incrementó el número de hojas formadas por planta. Es conocido que las hojas fotosintetizan moléculas de monosacáridos de glucosa que pueden ser transformadas y translocado hacia las partes superiores de la planta e intervenir en la formación de

flores. Además de que el ión  $K^+$  se redistribuye fácilmente desde los órganos maduros hacia los jóvenes (Salisbury y Ross, 2000).

La longitud de la flor mostró una correlación positiva de 99 % con el contenido de P en la misma. Esto pudo ser debido, a que el fósforo se redistribuye en forma de fosfato con facilidad en la mayor parte de las plantas de un órgano a otro y se pierde en las hojas viejas, acumulándose en hojas jóvenes, en flores y en semillas en desarrollo. El fósforo es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos (Salisbury y Ross, 2000; Azcón y Talón, 2000). Por otra parte, Bittencourt y Oliveira (2003) trabajaron en *Zingiber officinale* Roscoe y refieren que una aplicación de P incrementa la longitud de la inflorescencia y el diámetro del pedúnculo floral.

### 4.3. Determinación de la dosis óptima

El análisis de varianza para los coeficientes de regresión mostraron significancia estadística únicamente para la las dosis de fertilización de K (Anexo 11 y Figura 16); el coeficiente de determinación del análisis de regresión lineal simple explicó el 99 % de la varianza del rendimiento. La dosis óptima fisiológica fue estimada mediante el modelo:

$$\hat{Y}_i = 0.00426 + 17.72094K$$

Donde:

$\hat{Y}_i$  = Rendimiento estimado (# de tallos totales)

$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1$  = Coeficientes de regresión

$K$  = Dosis de fertilización de potasio ( $kg\ ha^{-1}$ ).

La dosis óptima fue:

$$K = \frac{1}{0.00426} = 2.38$$

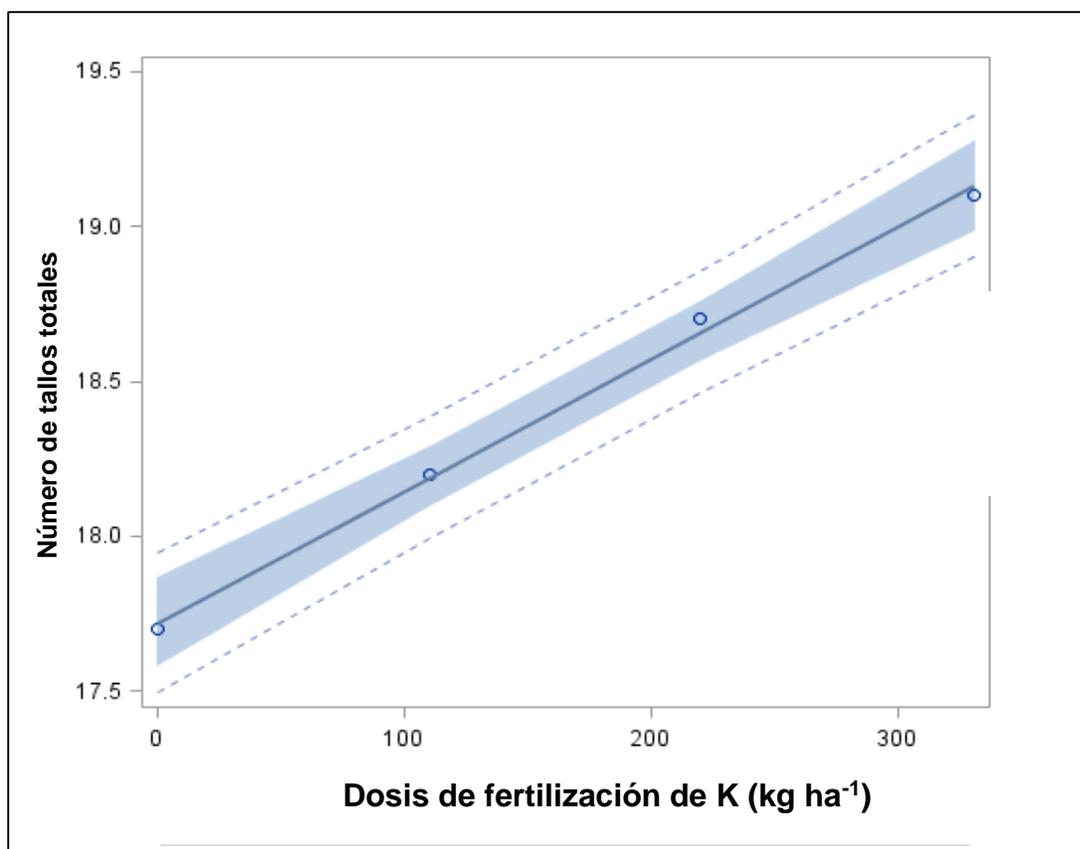


Figura 16. Regresión lineal simple como respuesta de la aplicación de las diferentes dosis de fertilización de K sobre el rendimiento (número de tallos totales) en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

Los resultados indicaron que es necesario la aplicación de 2.38 kg ha<sup>-1</sup> de potasio (Figura 16) para incrementar un tallo floral por cepa. Esta respuesta de hawaiana (*Alpinia purpurata*) a la aplicación de las diferentes dosis de K, pudo deberse a que estas especies tienen aspectos nutricionales parecidos a las musáceas, donde el potasio (K) juega un papel importante en el crecimiento y desarrollo de la plantación comercial. El intenso crecimiento de esta especie y la alta producción de masa verde de la misma, denotan un alto nivel de utilización de nutrientes que pueden ser suministrados a través de fertilizantes. Se recomienda aplicarles 46, 50 y 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, respectivamente, en las siguientes épocas de aplicación: uno, cuatro y cinco meses después de plantadas (Sosa, 2012).

Según González-Eguiarte *et al.* (1991) la absorción del K por las plantas es proporcional a su contenido en forma aprovechable en el suelo, aun a concentraciones muy superiores a las requeridas para el máximo rendimiento, lo que en este último caso origina su acumulación en los tejidos, fenómeno conocido como “consumo superfluo”. La máxima acumulación de K en un cultivo anual ocurre durante la floración. Después puede ocurrir un retorno de cantidades importantes de potasio de la planta al suelo

Los suelos pueden ser naturalmente deficientes en nutrientes, o pueden llegar a ser deficientes debido a la extracción de los nutrientes por los cultivos a lo largo de los años, o cuando se utilizan variedades de rendimiento alto, las cuales son más demandantes en nutrientes que las variedades locales. No obstante, existen algunos aspectos de la planta relacionados con la absorción, transporte y utilización de los nutrimentos que tienen un control genético. Algunos genotipos de una misma especie pueden variar en la tasa de absorción y translocación de los nutrimentos, eficiencia en la utilización de éstos en el metabolismo y tolerancia a altas concentraciones de iones, entre otros aspectos (Havlin *et al.*, 1999).

El transporte de nutrientes es a través de solutos a larga distancia y se presenta en el desarrollo de la planta, está controlado por señales generadas por hormonas que en forma indirecta o directa, dirigen una multitud de procesos. Las señales a larga distancia involucran el control de la relación fuente-demanda, senescencia, floración, nodulación y absorción nutrimental entre otros (Hannah *et al.*, 2000).

El K es activador de muchas enzimas esenciales para la fotosíntesis y la respiración y activa enzimas que son necesarias para formar almidón y proteínas. Este elemento es tan abundante que es uno de los contribuyentes más importantes al potencial osmótico de las células y por consiguiente a su presión de turgencia (Salisbury y Ross, 2000). El K que suple del 1 al 4% del extracto seco de la planta tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la

planta y aumenta su tolerancia a la sequía heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos enfermedades (Núñez, 2007).

#### 4.2. Efecto de la fertilización NPK en hawaiana roja

##### Diámetro del tallo comercial a la base

Los resultados mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. En cuanto al diámetro del tallo a la base, el mayor valor (2.17 cm) se obtuvo con el tratamiento 9 y el menor valor (1.67 cm) con el tratamiento 10 (Figura 17).

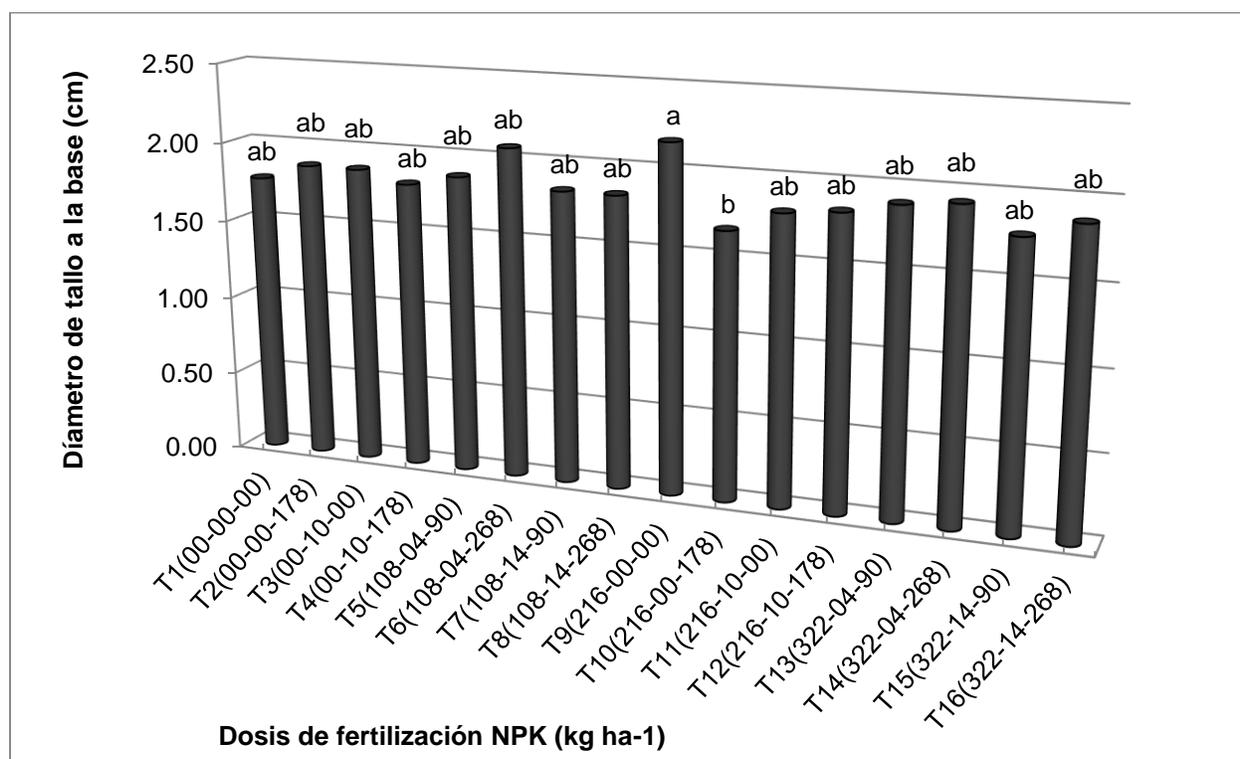


Figura 17. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo a la base de hawaiana (*A. purpurata*) variedad roja.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Estos resultados (Figura 17) difieren con los alcanzados por Bittencourt y Oliveira (2003) quienes aplicaron dosis de fertilización de 400-240-160 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, logrando diámetros del tallo floral de 0.57 y 0.43 cm en *Heliconia Golden Torch* y *H. St. Vincent Red*, respectivamente. Ferraz y Loges (2008) con una fertilización de 50 kg ha<sup>-1</sup> de N encontró un diámetro de 2.02 cm en hawaiana roja.

Autores como, Li *et al.* (2004), quienes trabajaron con *Zingiber officinale* encontraron que el mayor diámetro fue de 3.4 cm con una dosis de fertilización de 375, 90 y 450 kg ha<sup>-1</sup> de NPK, respectivamente.

Azcón y Talón (2000), mencionan que muchas de las características de las plantas están determinadas genéticamente. Por otro lado, Lamas (2004) y Baptista *et al.* (2005) refieren que la homogeneidad del diámetro de los tallos puede deberse a que durante el desarrollo del cultivo se realizan prácticas culturales (poda de tallos muy delgados) para obtener tallos comerciales más uniformes y homogéneos.

Ferraz y Loges (2008), clasifican los tallos de hawaiana para su comercialización en dos tipos A y B, donde el tipo A debe presentar diámetros de tallo arriba de un centímetro y el tipo B puede tener diámetros menores de un centímetro. Por tanto los tallos obtenidos en el presente trabajo se clasifican como tallos tipo A.

Los resultados del análisis foliar del tallo de hawaiana roja indicaron que el contenido (%) de NPK fue de 0.46, 0.23 y 1.57 para el tratamiento 9 y de 0.47, 0.31 y 1.82 para el tratamiento 10 (Anexo 3). Mientras que, en hawaiana rosa fue de 0.35, 0.29 y 1.73 para el tratamiento 3 y de 0.32, 0.33 y 1.77 para el tratamiento 1 (Anexo 4). En este estudio los resultados alcanzados fueron inferiores a los determinados por Bertsch (2003), quién refiere que los contenidos en el análisis vegetal de tallo deben estar en 1.95 % de N. El contenido de N en el tallo de hawaiana roja fue muy bajo con respecto al contenido de N encontrado en hoja. Esto puede deberse a que existe una mayor demanda de N en las hojas, debido a que es el órgano en el que se realiza la fotosíntesis. Este mismo autor señala que el contenido de P y K debe estar presente de

0.10 y 1.74 %, respectivamente; resultados similares a los obtenidos en esta investigación.

En la matriz de correlación, el diámetro basal presentó una relación con el contenido de NPK de 91, 95 y 79 % en rizoma, flor y hoja, respectivamente (Anexo 5). Esto puede deberse a que las Zingiberaceas son plantas que crecen rápidamente y tienen en sus rizomas una gran cantidad de carbohidratos y transfieren un gran porcentaje de biomasa de la parte subterránea hacia las hojas (Castro *et al.*, 2011). Los rizomas son utilizados para la propagación vegetativa y almacenan nutrientes y agua; lo cual ofrece más resistencia para condiciones adversas para las plantas que tienen este tipo de órganos de almacenamiento (Rundell *et al.*, 1998).

Así mismo, el N es fácilmente translocado hacia las hojas nuevas, como consecuencia de la alta movilidad que presenta en el floema (Marschner, 2002). En muchas especies el P y N interactúan de forma estrecha al efectuar la madurez; el P se redistribuye con facilidad en la mayor parte de las plantas de un órgano a otro, y se pierde en las hojas viejas, acumulándose en hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo. Por otro lado, el K es un elemento activador de muchas enzimas esenciales en la fotosíntesis, respiración, formación de proteínas y almidón, y contribuye de manera importante en la osmosis de las células (Salisbury y Ross, 2000).

### **Diámetro de flor comercial**

El diámetro de flor comercial presentó diferencias estadísticas significativas en los tratamientos 5, 10 y 15 con valores de 5.27, 5.07 y 5.30 cm, respectivamente. El tratamiento en el cual se obtuvo el mayor valor fue el 9 con 6.33 cm (Figura 18).

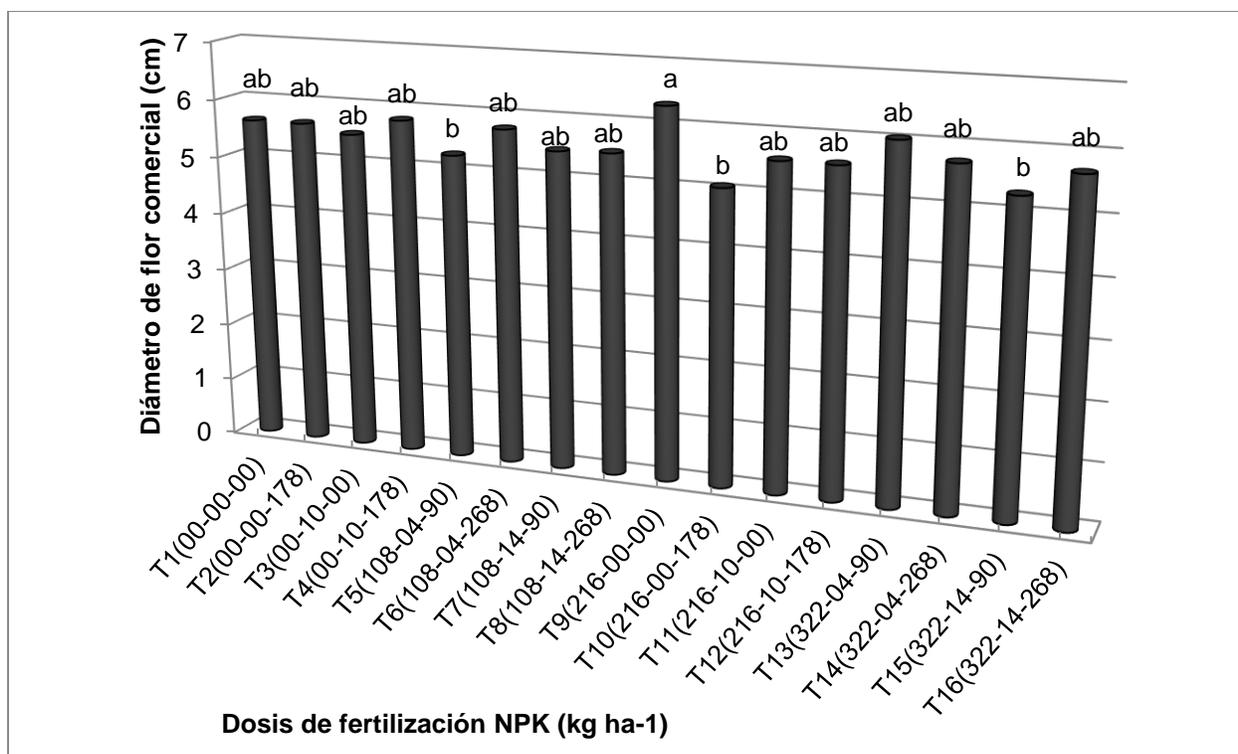


Figura 18. Efecto de diferentes dosis de NPK en el diámetro de la flor comercial de hawaiana (*A. purpurata*) variedad roja.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren de los alcanzados por Ferraz y Loges (2008), quienes hallaron en hawaiana roja un valor de 8.63 cm de diámetro en inflorescencias totalmente expandidas (43 días de emergencia).

El contenido (%) de NPK que mostraron los tratamientos 5, 10 y 15 fue de 2.00, 0.19, 1.61; 2.23, 0.25, 1.65 y 1.94, 0.21 y 1.81, respectivamente. Mientras que en el tratamiento 9 fue de 1.94, 0.20 y 1.67. Los tratamientos evaluados, presentaron contenidos de N y P similares a los presentados Rahardjo (2012) en *Zingiber officinale* especie de la familia Zingiberaceae; mientras que los valores para el K fueron mayores. Esto puede atribuirse a que el K es un elemento indispensable para la síntesis de carbohidratos los cuales, constituyen la materia prima básica (esqueletos de carbono)

para la elaboración de los demás compuestos químicos de la planta, por tal motivo determina fuertemente el rendimiento y la calidad de la misma (Yáñez, 2002).

El diámetro de flor presentó una relación de 82 % con el contenido de N en tallo (Anexo 5). Esta relación con el contenido de N en el tallo, pudo deberse a que el nitrato y los aminoácidos son las principales formas en las cuales el N es translocado en el sistema vascular a las partes superiores de las plantas. Generalmente, en la savia del xilema del 70 al 80 % están presentes aminoácidos ricos en N, con una relación N/C mayor de 0.4. Se cree que la función de estas moléculas ricas en N (glutamina y asparagina) es transporte de N con un mínimo C (Marschner, 2002).

### **Peso húmedo de la biomasa no comercial**

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticas significativas en los tratamientos evaluados. Para la variable peso húmedo de la biomasa no comercial fue de 235.56 g para el tratamiento 1 y de 383.29 g para el tratamiento 13 (Cuadro 6). De los tratamientos evaluados, el que mostró el menor peso de la biomasa no comercial (235.56 g) fue el tratamiento testigo (00-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK) (Figura 19).

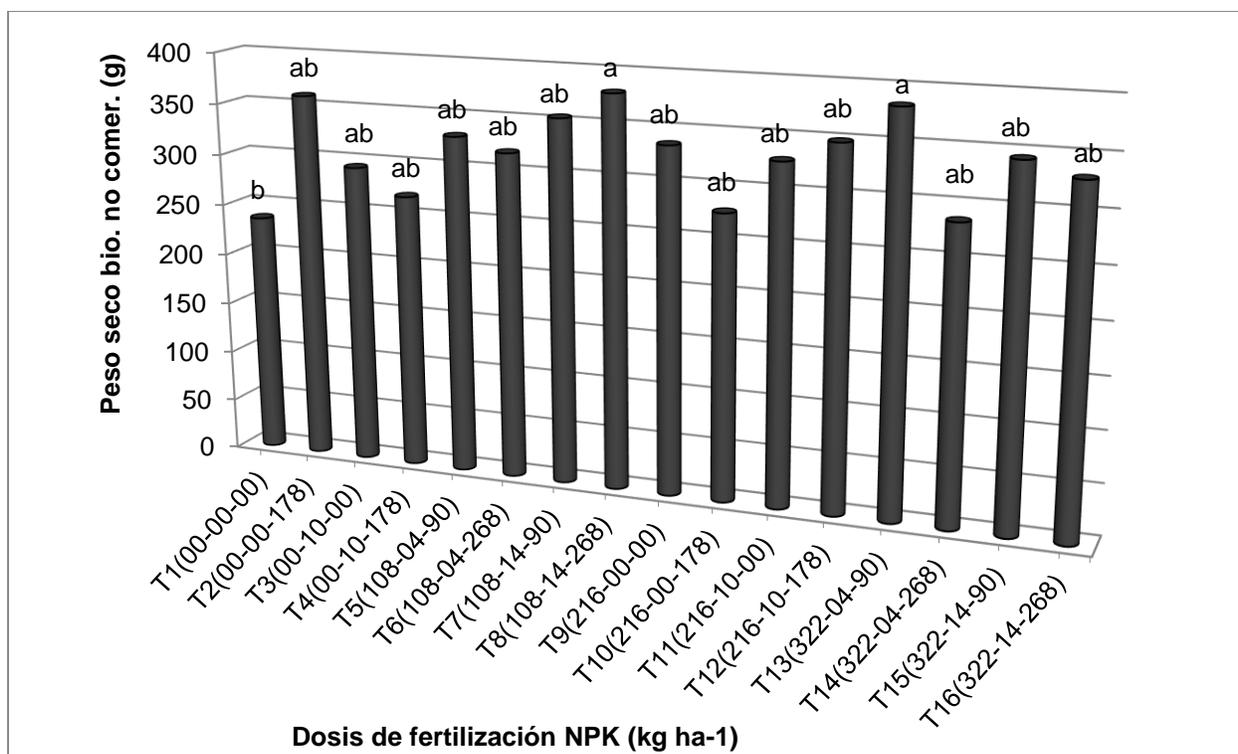


Figura 19. Efecto de diferentes dosis de NPK en el peso húmedo de la biomasa no comercial de hawaiana (*A. purpurata*) variedad roja.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Estos resultados puede atribuirse a en el tratamiento testigo no se realizó la aplicación de los macroelementos NPK, elementos que son esenciales en la síntesis de moléculas para el crecimiento, como ácidos nucleicos, aminoácidos, proteínas, clorofilas y alcaloides.

Por otro lado, el mayor valor se obtuvo con la dosis de fertilización 322-04-90 kg h<sup>-1</sup> de NPK. Lo que se puede observar en el cuadro 6 es que a medida que se incrementaron los niveles de NPK no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados de esta investigación difieren por los alcanzados por De Castro *et al.* (2007) quienes trabajaron en zingiberaceas y la materia seca de los tallos florales fue de 4.91 g. Estos autores mencionan que el N fue el elemento que más influyó y que redujo en un 67 % cuando se compararon las plantas que habían tenido una aplicación completa

de macronutrientes. Por otro lado, Morais *et al.* (2010) refieren que el N es constituyente de muchos componentes de la célula vegetal incluyendo aminoácidos y ácidos nucleicos.

Azcón y Talón (2000) y Cárdenas *et al.* (2004) indican que el N es un elemento generalmente deficiente en terrenos agrícolas y es necesario suministrarlo a través de la aplicación de fertilizantes, ya que de forma natural la única fuente es la materia orgánica. De la misma manera, De Castro *et al.* (2007) señalan que la omisión de macronutrientes afecta la producción de tallos florales a partir de la segunda sección y que la mayor acumulación de carbohidratos en las raíces y el rizoma proporcionan mayor materia seca en los tallos de las flores.

Así mismo, el peso húmedo de la biomasa no comercial presentó una correlación positiva de 84 % con la concentración (%) de N en hoja. Esto pudo ser debido a que el N es un mineral requerido por las plantas y es un componente importante de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, reguladores de crecimiento y formación de clorofila. Cárdenas *et al.* (2004) menciona que el N además de tener una función fundamental en el crecimiento, es un importante osmoregulador permitiendo retener el agua en las vacuolas.

### **Peso seco de la biomasa comercial**

Para la variable peso seco de la biomasa comercial el menor valor fue de 20.64 g y el mayor valor fue de 28.89 g, obtenido con los tratamientos 4 y 9, respectivamente (Figura 20).

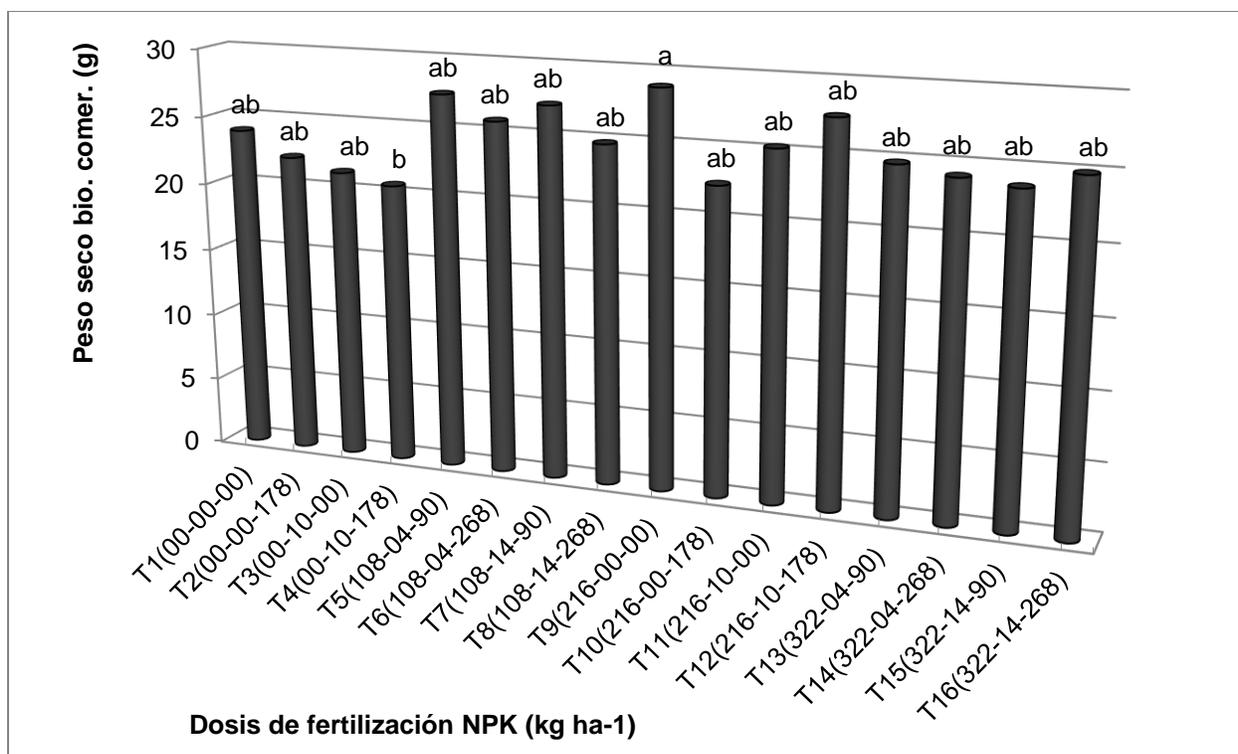


Figura 20. Efecto de diferentes dosis de NPK en el peso seco de la biomasa comercial de hawaiana (*A. purpurata*) variedad roja.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barras con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Éstos resultados difieren de los obtenidos por Bertsch (2003) quién logró valores de 49.8 g de materia seca comercial para hawaiana. En otros especies de zingiberales (*Zingiber officinale* Roscoe), Rahardjo (2012) encontró valores de materia seca de 27.46 g cuando aplicó 350 kg h<sup>-1</sup> de KCl. No obstante, Yáñez (2002), indica que un adecuado nivel de N en los tejidos se traduce en plantas vigorosas de buen tamaño, con una buena coloración verde y flores bien desarrolladas. De acuerdo con los análisis vegetales previos de suelo y planta, y los análisis posteriores a la aplicación de los tratamientos de planta (Anexo1, 2, 3 y 4 respectivamente), la cantidad de N es inferior a la requerida por la planta (Bertsch, 2003).

El peso seco de la biomasa comercial mostró una correlación positiva de 85 y 83 % con el contenido de P en tallo y flor, respectivamente. El P desempeña un papel clave en la

fotosíntesis formando enlaces anhídridos ricos en energía como el ATP y ADP, en la respiración y en todo el metabolismo de la planta (Azcón y Talón, 2000; Salisbury y Ross, 2000). De Castro *et al.* (2007) señalan que la omisión de P disminuye la exportación de carbono de las hojas (fuente), que es cuatro veces menor a cuando existe un adecuado suministro de P en las hojas. La acumulación de hidratos de carbono, es un factor limitante en la fotosíntesis de las plantas bajo deficiencia de P. Existe evidencia de que las plantas utilizan los hidratos de carbono como fuente de energía durante el período reproductivo y la asignación de hidratos de carbono pueden variar considerablemente entre especies.

### **Biomasa total**

El tratamiento 12 con el mayor valor de biomasa total (228.78 g) fue estadísticamente igual a los tratamientos 9, 10 y 14 y diferente del resto de tratamientos; mientras que, el tratamiento 2 mostró el menor valor (94.05 g) (Figura 21).

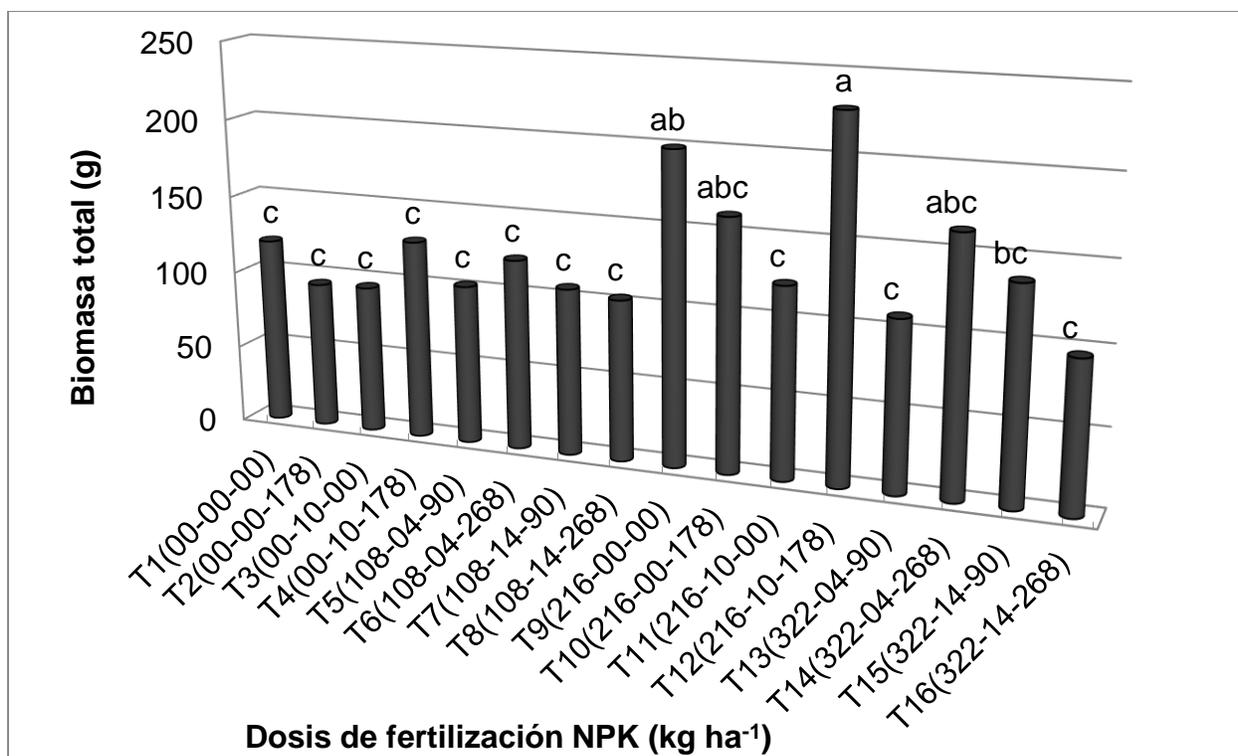


Figura 21. Efecto de diferentes dosis de NPK en la biomasa total de hawaiana (*A. purpurata*) variedad roja.

Cada punto representa el promedio de 72 muestras. Barra con una misma letra no presentan diferencia significativa, según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los resultados alcanzados en esta investigación fueron superiores a los obtenidos por Bertsch (2003) quien en un estudio con hawaiana encontró valores de biomasa total de 206 g. Por otro lado, Morais *et al.* (2010) trabajando con *Etilingera eliator* Jack, encontraron valores de biomasa total de 311.57 g resultados que difieren con los de este estudio.

El peso seco de la biomasa comercial mostró una correlación positiva de 91 y 97 % con el contenido de N en tallo y rizoma, respectivamente. Esta correlación positiva entre estas variables indica que una mayor acumulación de hidratos de carbono en tallos y rizomas proporciona a los tallos de las flores mayor contenido de materia seca y en consecuencia, mayor durabilidad poscosecha.

## 5. CONCLUSIONES

### Hawaiana variedad rosa

La mayor cantidad de tallos con flor abierta 2.67 se obtuvo con las dosis 122-00-220 y 182-21-331 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

El diámetro de flor comercial 6.47 cm se logró con la dosis de 182-21-331 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

La mayor longitud de flor comercial 23.53 cm se alcanzó con la dosis 182-21-331 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

La aportación de N y K influyeron de forma positiva en el rendimiento y calidad de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

### Hawaiana variedad roja

El mayor diámetro del tallo a la base 2.17 se obtuvo con la dosis de fertilización 216-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

El diámetro de flor comercial 6.33 cm se logró con la dosis de 216-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

El mayor peso húmedo de la biomasa no comercial 383.2 g lo presentó la dosis de fertilización de 322-04-90 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

El mayor peso seco de la biomasa comercial 28.89 g se alcanzó con la dosis de fertilización de 216-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

El mayor peso de la biomasa total se obtuvo con la dosis de fertilización 216-00-00 kg ha<sup>-1</sup> de NPK.

Los contenidos de NPK encontrados en las muestras de hoja, tallo, flor y rizoma muestran que cumplen con los requerimientos de estas variedades para PK; no así para N.

## **6. RECOMENDACIONES**

Se recomienda volver a establecer el mismo experimento, adicionando las dosis de fertilización de N en forma fraccionada cada cuatro meses durante el año.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atto, E. E. y Osodeke, V. E. 2009. Effects of NPK on growth and yield of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) in soils of contrasting parent materials of cross river state. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 8(11): 1261-1268.
- Arzuaga, S. A., Fernández, L. C., Dalurzo, H. C. y Vázquez, S. 2005. Fósforo total, fósforo orgánico y fosfatasa ácida, en entisoles, alfisoles y vertisoles de corrientes con diferentes usos agrícolas. *Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Resumen: A-066.*
- Alcántar, G. G. y Trejo, T. L. 2007. *Nutrición de cultivos*. Mundi-Prensa, S. A de C. V. México, D. F. 438 p.
- Azcón, B. J. y Talón, M. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Edicions Universitat de Barcelona. España. 522 p.
- Baptista, D. L. P., Aparecida, A. E. F., Duarte, O. P. P. e Rocha, R. T. 2005. Cultivo de flores tropicais. Informe agropecuario. Departamento de Agricultura de la Universidad Federal de Lavras. EPAMIG, Río de Janeiro, Brazil, 26:62-72.
- Berry, F. and Kress, W. J. 1991. *Heliconia: An Identification Guide*. Ed. Smithsonian Institution Press. Washington DC. 334 p.
- Bertsch, H. F. 2003. *Absorción de nutrimentos por los cultivos*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica, 307 p.

- Bittencourt, F. L. e Oliveira, S. A. 2003. Estudo de doses de NPK nas variáveis de crescimento e produtividade de inflorescências de *Heliconia* sp. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 9(2): 121-127.
- Buainaim, A. M. e Batalha, M. O. 2007. Cadeia produtiva de flores e mel. Brasília. D.F.: IICA. MAPA/SPA. Agronegócios. 9 p.
- Byrnes, B. H. and Bumb, B. L. 1998. Population growth, food production and nutrient requirements. Rengel, Z. Food Products Press. Binghamton, USA. In: Nutrient Use in Crop Production. Pp. 1-27
- Camova. 2013. El negocio lucrativo de las flores. Consultado el 25 de mayo de 2013. Disponible en: [www.camova.lacoctelera.net/post/2009/02/14/el-negocio-lucrativo-las-flores](http://www.camova.lacoctelera.net/post/2009/02/14/el-negocio-lucrativo-las-flores)
- Cárdenas, N. R., Sánchez, Y. J. M., Farías, R. R. y Peña, C. J. J. 2004. Los aportes de nitrógeno en la agricultura. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 10(2): 173-178.
- Carvalho, J. B. S., Martins, J. D. L., Ulises, C. e Silva, W. L. 2012. Adubação organânica, mineral e organomineral e sue influencia no crecimiento da helicônia em Garanhuns-PE. *Horticultura Brasileira*, 30: 579-583.
- Castro, A. C. R.; Aragao, F. A. S.; Loges, V.; Costa, A. S.; Willadino, L. G. and Castro, M. F. A. 2011. Macronutrients contents in two development phases of *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* Golden Torch. Proc. X<sup>th</sup> IS on Flowers Bulbs and Herbaceous Perennials. Eds.: J.E. van den Ende *et al.* *Acta Horticulturae* 886: 283-286.
- Castro, C. E. F. 1995. Inter-relações das famílias das Zingiberales. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, Campinas, 1(1): 2-11.

- Chalate, M. H., San Juan, H. R., Diego, L. G. y Pérez, H. P. 2008. Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el estado de Veracruz. Funprover-Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 105 p.
- Claridades agropecuarias. 2006. La floricultura Mexicana el Gigante que esta despertando. Pp. 1-38.
- Criley, R. A. 1989. Development of heliconia and alpinia in Hawaii: cultivar selection and culture. *Acta Horticulturae*, 246: 247-258.
- De castro, A. C. R.; Loges, V.; Santos, C. A.; Arruda, C. M. F. A.; Souza, de A. F. A. e Gomes, W. L. 2007. Hastes florais de helicônia sob deficiência de macronutrientes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 42(9): 1299-1306.
- Domínguez, L. J. e Vieira, F. M. 2008. Cuidados na colheita e na pós-coleita das flores tropicais. *Palestra. Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, 14(1): 29-34.
- Druege, U. 2001. Postharvest responses of different ornamental products to preharvest nitrogen supply: role of carbohydrates, photosynthesis and plants hormones. *Acta Horticulturae*, 543: 97-105.
- Fassbender, H. W. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2a. ed. IICA. San José, Costa Rica. 1175 p.
- Ferraz, T. M. C y Loges, V. 2008. Alpinia cultivo y comercialización. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental. Jornada Nacional sobre el cultivo de flores tropicales*, 14(1): 9-14.

- García, E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) "Climas (Clasificación de Koppen, modificado por García). Escala 1:1 000 000. México. 826 p.
- Garzón, G. L. H. 2007. Actividad rural competitiva. Flores tropicales para exportación. USAID. Bolivia. 48 p.
- González, E. D. S., Alcalde, B. A., Castillo, M. y Ortiz, C. 1991. Análisis de la dinámica de producción de materia seca y extracción de N, P y K en trigo bajo diferentes ambientes. *Agrociencia Serie Agua-Suelo-Clima* 2(1): 107-131.
- González, T. M. y Mogollón, J. N. 2000. Calidad de la flor cortada de *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. CV. Jungle King considerando la edad de la planta y dosis de fertilidad nitrogenada. Resúmenes de la 46° Reunión Anual de la Sociedad Internacional de Horticultura Tropical. Miami, Florida, USA. 17 p.
- González, T. M. y Mogollón, J. N. 2001. Fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y desarrollo de la inflorescencia en plantas de *Alpinia purpurata* (Vieill.) K. Schum. 'Jungle King' provenientes de cultivo *in vitro* y de sección de rizoma. *Revista Facultad Agronomía (LUZ)*, 18: 124-134.
- Hannah, M. A., M. J. Iqbal y F. E. Sanders. 2000. The DL system in common bean a possible mechanism for control of root-shoot partitioning. *New Phytologist*, 147:487-491.
- Haque, M. M., Rahman A. K. M. M., Ahmed, M., Masud, M. M. and Sarker, M. M. R. 2007. Effect of nitrogen and potassium on the yield and quality of turmeric in hill Slope. *International Journal Sustainable Crop Production*, 2(6): 10-14.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton., S. L. Tisdale y W. L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers*. 6ª. Edición. Prentice Hall. New Jersey. 499 p.

- Info Rural. 2012. La floricultura en México. Info Rural Noticias Agrarias. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. Gobierno de la Republica. México. Consultado el 20 mayo 2013. Disponible en: [www.Inforural.com.mx/splp.php?article101252](http://www.Inforural.com.mx/splp.php?article101252).
- Kobayashi, D. K., McEwen, J. and Kaufman, J. A. 2007. Ornamental ginger, red and pink. In: *Ornamentals and Flowers*. UH-CTHR. Cooperative Extension Service. University of Hawai'i at Manoa, Honolulu, Hawai'i. 8 p.
- Kress, W. J., Betancur, J. y Echeverry, B. 1999. *Heliconias –Llamaradas de la Selva Colombiana*. Cristina Uribe Editores. Bogotá, Colombia. 191 p.
- Kress, W. J. and Specht, C. D. 2005. Between Cancer and Capricorn: Phylogeny, evolution and ecology of the primarily tropical Zingiberales. *Biological Skr.* 55: 459-478.
- Kuehl, R. O. 2001. *Diseño de Experimentos. Principios de Diseño y Análisis de Investigación*. Traducido al español por GONZÁLEZ, O. M. 2ª Ed. Thomson Editores, S. A. de C. V. D. F., México. 666 p.
- Lamas, D. A. 2002. *Plantas Ornamentais Tropicais e Floricultura Tropical. Curso Técnicas de cultivo*. Editado pelo Instituto Frutal, Fortaleza/CE. Brasil. 58 p.
- Lamas, D. A. 2004. *Floricultura tropical: tecnologia de produção. Curso: Floricultura Tropical. Técnicas de cultivo*. Brasil. 65 p.
- Loges, V., Ferraz, M. C., F., Castro, A. C. R. e Costa, A. S. 2005. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. *Horticultura Brasília*, 23(3): 699-702.

- Loges, V., Pereira, L. K, Ramos, G. W. N., Santos, C. A., Gomes, R. J., RiBeiro, C. A. C. y Arruda, C. M. F. 2009. Florecimiento de variedades de *Alpinia purpurata* en Pernambuco. *Magistra*, Cruz das Almas-BA, 21(4): 300-304.
- López, J. G. 2009. Heliconias de Colombia. Ministerio de Comunicaciones. República de Colombia. Boletín 09.
- López, N. U. 1990. El estudio del potasio como nutriente en los suelos del estado de Tabasco. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Villahermosa, Tabasco (ITVT). Villahermosa, Tabasco. 114 p.
- Marschner, H. 2002. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>a</sup> Ed. London: Academic Press. New York, USA. 850 p.
- Martínez, G. A. 1987. Aspectos económicos del diseño y análisis de experimentos. Editorial Limusa S. A. de C. V. México, D.F. 125 p.
- Morais, F. J. E.; Guedes, de C. J.; de Pinho, J.; Portela, O. N.; Toledo, C. V. A. e de Melo, S. C. 2010. Deficiência nutricional em bastão-do-imperador (*Etilingera elatior* (Jack) R. M. Smith): Efeito na produção de matéria seca e índices biométricos. *Ciencia Agrotecnica*, Lavras, 34(2): 294-299.
- Núñez, E. R. 2007. El suelo como medio natural en la nutrición de los cultivos. En: *Nutrición de cultivos*. (Coord.) Gabriel Alcántar González y Libia I. Trejo Téllez. Ed. Mundi Prensa México S. A de C. V. México, D. F. Pp. 94-149.
- Nwaogu, E. N. and Ukpabi, U. J. 2010. Potassium fertilization effects on the field performances and post-harvest characteristics of imported Indian ginger cultivars in Abia State, Nigeria. *Agricultural Journal*, 5(1): 31-36

- Orozco, H. M. E. y Mendoza, M. M. 2003. Competitividad local de la agricultura ornamental en México. *Ciencia Ergo Sum*, 10(1): 29-42.
- Palma, L. D. J., Cisneros, D. J., Moreno, C. E. y Rincón, R. J. A. 2006. Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. 3ª. Ed. Fundación Produce Tabasco-Colegio de Postgraduados. Tabasco, México. 196 p.
- Rahardjo, M. 2012. Pengaruh pupuk K terhadap pertumbuhan, hasil dan mutu rimpang jahe muda (*Zingiber officinale* Rocs.). *Jurnal Littri*, 18(1): 10-16.
- Rezende, E. M., Jasmim, M. J., De Sousa, F. E., Lima, T. J. T., Cordeiro, C. A. J. e Maciel, P. M. 2006. Crescimento, florescimento e teores foliares de NPK em alpínia: influencia da adubação e irrigação. *Revista Ceres*, 53(310): 569-578.
- Rundell, P. W.; Sharifi, M. R.; Gibson, A. C. and Esler, K. J. 1998. Structural and physiological adaptation to light environmental in Neotropical *Heliconia* (Heliconiaceae). *Journal Tropical Ecology*, 4: 789-801.
- Salisbury, F. B. y Ross, W. C. 2000. Fisiología de las plantas. Células: agua, soluciones y superficies. Thomson editores Spain. México. 305 p.
- Sirirugsa, P. 1998. Thai Zingiberaceae: species diversity and their uses. International conference on biodiversity and bioresources. Conservation and utilization, Thailand *Pure Pure and applied Chemistry* 70(11): 1-4.
- Taíz, L. and Zeiger, E. 2010. *Plant Physiology*. Fifth Ed. International edition. Sinauer Association Inc. Publishers Sunderland, Massachusetts. USA and Canada. Pp. 782.

- Terao, D., Carvalho, A. C. P. P. e Barroso, T. C. S. F. 2005. Flores tropicais: tropical flowers. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica. 225 p.
- Vovides, A. P. 1993. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 18. Familia Zingiberaceae. Ed. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro Michoacán, México. 14 p.
- Yáñez, R. J. N. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. Tecnología, comercio y servicios agrícolas mundiales Saltillo. Saltillo, México. 21 p.
- Yee, D. and Tissue, D. T. 2005. Relationships between nonstructural carbohydrate concentration and flowering in a subtropical herb, *Heliconia caribaea* (Heliconaceae). *Caribbea Journal of Science*, 41: 243-249.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de suelo del sitio de estudio predio “Sak’ya”, Comalcalco, Tabasco.

Profundidad	pH (H <sub>2</sub> O)	CE	MO	N total	P Olsen	K	Ca	Mg	CIC	Fe	Zn	Arcilla	Limo	Arena	Clase textural
	Rel. 1:2	ds m <sup>-1</sup>	%	mg kg <sup>-1</sup>	Cmol(+) kg <sup>-1</sup>				%						
0-15 cm	6.84	0.01	3.49	0.17	12.67	0.27	15.70	3.34	12.64	45.37	2.13	38	44	18	Migajón arcilloso-limoso

Métodos: los análisis se realizaron de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos.

Anexo 2. Resultados de los análisis de planta correspondientes a la biomasa comercial y no comercial, realizados previamente a la aplicación de las dosis de fertilización para hawaiana (*Alpinia purpurata* Vieill), variedad roja y rosa.

Material	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	S-SO <sub>4</sub>
	%						mg kg <sup>-1</sup>				
Hawaiana roja biomasa comercial	0.68	0.27	1.39	0.61	0.20	0.09	70.46	4.76	76.00	20.32	0.24
Hawaiana roja biomasa no comercial	1.36	0.24	1.57	0.83	0.31	0.05	99.0	4.88	40.72	26.50	0.74
Hawaiana rosa biomasa comercial	0.85	0.28	1.32	0.73	0.27	0.15	87.6	4.84	89.68	28.26	0.18
Hawaiana rosa biomasa no comercial	1.02	0.23	1.84	0.73	0.25	0.19	82.1	4.0	35.80	92.84	0.37

Métodos: N semimicro Kjeldahl, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn y Mn por digestión con HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>

Anexo 3. Contenido (%) de NPK en inflorescencia, hoja, tallo y rizoma de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa 12 meses después de la fertilización.

Dosis de fertilización NPK (Kg ha <sup>-1</sup> )	Flor			Hoja			Tallo			Rizoma		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
T1 (00-00-00)	0.93 B	0.23 A	1.77 B	1.82 B	0.20 O	1.62 B	0.32 B	0.33 A	1.77 A	0.29 B	0.27 A	1.51 B
T2 (00-00-220)	0.84 B	0.29 A	1.74 B	1.88 B	0.29 A	1.67 B	0.35 B	0.44 A	1.76 A	0.29 B	0.43 A	1.53 B
T3 (00-14-00)	0.90 B	0.25 A	1.73 B	1.82 B	0.22 A	1.70 B	0.35 B	0.29 A	1.73 B	0.29 B	0.22 A	1.77 A
T4 (00-14-220)	0.77 B	0.28 A	1.66 B	1.84 B	0.23 A	1.75 B	0.31 B	0.40 A	1.71 B	0.29 B	0.41 A	1.61 B
T5 (61-07-110)	0.86 B	0.23 A	1.94 A	1.86 B	0.21 A	1.82 A	0.34 B	0.32 A	1.89 A	0.29 B	0.28 A	1.77 A
T6 (61-07-331)	0.75 B	0.28 A	2.15 A	1.75 B	0.24 A	2.10 A	0.37 B	0.42 A	1.95 A	0.31 B	0.39 A	1.71 B
T7 (61-21-110)	1.03 B	0.25 A	3.36 A	1.78 B	0.21 A	2.33 A	0.31 B	0.34 A	3.08 A	0.31 B	0.33 A	2.85 A
T8 (61-21-331)	0.95 B	0.20 A	1.92 A	1.95 O	0.20 O	1.91 A	0.46 B	0.32 A	1.96 A	0.34 B	0.25 A	1.93 A
T9 (122-00-00)	0.93 B	0.22 A	1.76 B	1.79 B	0.18 B	1.71 B	0.38 B	0.30 A	1.72 B	0.38 B	0.32 A	1.59 B
T10 (122-00-220)	0.80 B	0.23 A	1.71 B	1.78 B	0.20 O	1.79 B	0.31 B	0.29 A	1.80 A	0.29 B	0.23 A	1.69 B
T11 (122-14-00)	0.73 B	0.23 A	1.76 B	1.90 B	0.21 A	1.75 B	0.32 B	0.34 A	1.73 B	0.29 B	0.29 A	1.60 B
T12 (122-14-220)	0.83 B	0.23 A	1.63 B	1.83 B	0.20 O	1.56 B	0.37 B	0.33 A	1.49 B	0.26 B	0.29 A	1.32 B
T13 (182-07-110)	0.82 B	0.24 A	2.71 A	1.79 B	0.21 A	2.36 A	0.37 B	0.28 A	2.18 A	0.26 B	0.28 A	2.22 A
T14 (182-07-331)	0.92 B	0.23 A	1.99 A	1.95 O	0.18 B	1.98 A	0.43 B	0.23 A	2.14 A	0.57 B	0.23 A	2.02 A
T15 (182-21-110)	1.06 B	0.22 A	1.98 A	1.95 O	0.19 B	1.90 A	0.38 B	0.24 A	1.95 A	0.34 B	0.27 A	1.87 A
T16 (182-21-331)	0.86 B	0.22 A	2.10 A	1.89 B	0.19 B	1.87 A	0.39 B	0.27 A	2.01 A	0.34 B	0.25 A	1.76 A

Porcentaje de NPK: A (alto), B (bajo) y O (óptimo) con referencia a las cantidades determinadas por Bertsch (2003)

Métodos: N semimicro Kjeldahl, P y K por digestión con HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>.

Anexo 4. Contenido (%) de NPK en inflorescencia, hoja, tallo y rizoma de hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja 12 meses después de la fertilización.

Dosis de fertilización NPK (Kg ha <sup>-1</sup> )	Flor			Hoja			Tallo			Rizoma														
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K												
T1(00-00-00)	0.93	B	0.24	A	1.45	B	1.91	B	0.21	A	1.52	B	0.35	B	0.30	A	1.58	B	0.32	B	0.32	A	1.32	B
T2(00-00-178)	0.96	B	0.21	A	1.77	B	1.97	A	0.19	B	1.85	A	0.38	B	0.26	A	1.86	A	0.35	B	0.25	A	1.69	B
T3(00-10-00)	0.93	B	0.21	A	1.61	B	1.88	B	0.20	O	1.55	B	0.38	B	0.25	A	1.61	B	0.35	B	0.26	A	1.26	B
T4(00-10-178)	0.93	B	0.29	A	2.22	A	2.00	A	0.25	A	2.05	A	0.38	B	0.34	A	2.45	A	0.33	B	0.38	A	1.55	B
T5(108-04-90)	0.92	B	0.19	A	1.85	B	2.00	A	0.19	B	1.61	B	0.40	B	0.25	A	1.85	A	0.49	B	0.26	A	1.65	B
T6(108-04-268)	0.90	B	0.23	A	1.67	B	1.87	B	0.19	B	1.63	B	0.46	B	0.29	A	1.66	B	0.43	B	0.36	A	1.57	B
T7(108-14-90)	0.99	B	0.22	A	1.63	B	2.00	A	0.19	B	1.58	B	0.41	B	0.32	A	1.64	B	0.43	B	0.41	A	1.50	B
T8(108-14-268)	0.95	B	0.22	A	1.77	B	1.93	B	0.21	A	1.79	B	0.43	B	0.30	A	1.63	B	0.40	B	0.31	A	1.58	B
T9(216-00-00)	0.96	B	0.24	A	2.11	A	1.94	B	0.20	O	1.67	B	0.46	B	0.23	A	1.57	B	0.35	B	0.23	A	1.46	B
T10(216-00-178)	1.04	B	0.23	A	1.88	A	2.23	A	0.25	A	1.65	B	0.47	B	0.31	A	1.82	A	0.35	B	0.39	A	1.78	A
T11(216-10-00)	1.07	B	0.23	A	1.77	B	2.00	A	0.22	A	1.66	B	0.61	B	0.30	A	1.71	B	0.58	B	0.31	A	1.67	B
T12(216-10-178)	0.99	B	0.23	A	1.96	A	1.94	B	0.20	O	1.69	B	0.40	B	0.27	A	1.97	A	0.46	B	0.25	A	1.73	B
T13(322-04-90)	1.02	B	0.22	A	1.79	B	1.88	B	0.21	A	1.74	B	0.49	B	0.30	A	1.62	B	0.35	B	0.27	A	1.67	B
T14(322-04-268)	0.98	B	0.24	A	1.81	B	1.70	B	0.21	A	1.65	B	0.37	B	0.33	A	1.76	A	0.33	B	0.32	A	1.54	B
T15(322-14-90)	1.03	B	0.24	A	1.92	A	1.94	B	0.21	A	1.81	A	0.46	B	0.29	A	1.95	A	0.34	B	0.34	A	1.66	B
T16(322-14-268)	0.99	B	0.25	A	1.75	B	1.88	B	0.21	A	1.75	B	0.46	B	0.28	A	1.76	A	0.41	B	0.34	A	1.49	B

Porcentaje de NPK: A (alto), B (bajo) y O (óptimo) con referencia a las cantidades determinadas por Bertsch (2003)

Métodos: N semimicro Kjeldahl, P y K por digestión con HNO<sub>3</sub>-HClO<sub>4</sub>.

Anexo 5. Matriz de correlación de las variables de calidad y productivas evaluadas y concentración (%) de NPK en flor, hoja, tallo y rizoma, como respuesta a la aplicación de las 16 dosis de fertilización probadas en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

		Tallos florales			Diám. Cepa	Diám. tallo comer.			Longitud			Diá. Flor	Peso húmedo		Peso seco		Bio. Total	Nitrógeno				Fósforo				Potasio				
		Total	Abierta	Cerrada		Comer.	Basal	Medio	Sup.	Tallo	Flor		Hoja	Comer. n/comer.	Comer. n/comer.	Flor		Hoja	Riz.	Tallo	Flor	Hoja	Riz.	Tallo	Flor	Hoja	Riz.	Tallo		
Tallos	Total	1	0.49	0.98	0.83	0.03	0.9	0.64	0.69	0.99	0.18	0.33	0.61	0.94	0.82	0.37	0.88	0.35	0.22	0.99	0.38	0.45	0.79	0.56	0.91	0.45	0.1	0.62	0.1	0.05
	Abierta	0.19	1	0.01	0.11	0.2	0.09	0.05	0.42	0.13	0.72	0.06	0.63	0.5	0.59	0.33	0.6	0.65	0.35	0.92	0.81	1	0.81	0.84	0.75	0.93	0.8	0.42	0.75	0.72
	Cerrada	-0.01	0.61	1	0.00	0.85	0.01	0.23	0.95	0.07	0.36	0.07	0.63	0.67	0.01	0.82	0.08	0.05	0.18	0.66	0.79	0.46	0.28	0.5	0.68	0.8	0.84	0.91	0.66	0.91
	Comer.	0.06	0.41	0.78	1	0.54	0.35	0.93	0.11	0.63	0.22	0.13	0.32	0.63	0.12	0.75	0.44	0.27	0.09	0.85	0.33	0.4	0.33	0.56	0.22	0.35	0.78	0.55	0.94	0.96
Diám. de cepa	0.54	0.34	0.05	-0.17	1	0.9	0.51	0.99	0.85	0.16	0.38	0.5	0.34	0.73	0.87	0.6	0.75	0.53	0.18	0.02	0.1	0.53	0.29	0.89	0.19	0.15	0.34	0.28	0.3	
Diám. tallo comer.	Basal	-0.03	-0.44	-0.63	-0.25	-0.03	1	0.01	0.3	0.00	0.58	0.64	0.77	0.96	0.01	0.22	0.05	0.06	0.08	0.73	0.62	0.43	0.97	0.82	0.31	0.3	0.65	0.71	0.24	0.57
	Medio	-0.13	-0.5	-0.32	-0.02	-0.18	0.6	1	0.17	0.00	0.19	0.53	0.68	0.39	0.02	0.39	0.03	0.02	0.48	0.06	0.94	0.94	0.74	0.8	0.27	0.37	0.37	0.39	0.94	0.5
	Superior	0.11	-0.22	0.02	0.42	0.004	0.27	0.36	1	0.04	0.1	0.88	0.18	0.56	0.58	0.38	0.41	0.46	0.45	0.4	0.31	0.47	0.58	0.44	0.08	0.07	0.72	0.45	0.57	0.84
Longitud	Tallo	0.005	-0.39	-0.46	-0.13	0.05	0.76	0.77	0.52	1	0.57	0.52	0.46	0.58	0.00	0.32	0.00	0.00	0.39	0.1	0.26	0.24	0.53	0.91	0.15	0.17	0.55	0.81	0.8	0.69
	Flor	0.35	0.1	0.24	0.32	0.37	-0.15	-0.35	0.43	-0.15	1	0.54	0.07	0.45	0.09	0.14	0.09	0.16	0.22	0.24	0.69	0.44	0.94	0.44	0.44	0.38	0.53	0.44	0.31	0.46
Diám. de flor	Hoja	-0.26	-0.48	-0.47	-0.4	-0.23	0.13	0.17	0.04	0.18	-0.16	1	0.24	0.94	0.39	0.75	0.31	0.75	0.29	0.47	0.61	0.38	0.29	0.82	0.68	0.86	0.24	0.26	0.19	0.16
	Tallo	0.14	-0.13	0.13	0.26	0.18	-0.08	-0.11	0.35	-0.2	0.47	0.31	1	0.08	0.12	0.31	0.23	0.19	0.99	0.52	0.5	0.97	0.6	0.15	0.23	0.17	0.77	0.6	0.75	0.7
Peso húmedo	Comer	0.02	0.18	-0.12	-0.13	-0.26	-0.01	-0.23	-0.16	-0.15	-0.2	0.02	-0.45	1	0.53	0.01	0.4	0.77	0.24	0.47	0.27	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.3	0.18	0.47	0.38
	n/comer	-0.06	-0.14	-0.61	-0.41	-0.09	0.61	0.56	0.15	0.75	-0.44	0.23	-0.4	0.17	1	0.67	0	0.00	0.57	0.41	0.47	0.44	0.77	0.64	0.72	0.86	0.9	0.77	0.42	0.90
Peso seco	Comer.	0.24	0.26	0.06	-0.09	0.04	-0.33	-0.23	-0.23	-0.27	-0.38	0.09	-0.27	0.61	-0.12	1	0.96	0.99	0.7	0.58	0.93	0.59	0.12	0.13	0.03	0.22	0.4	0.11	0.69	0.55
	n/comer	0.04	-0.14	-0.45	-0.21	-0.14	0.49	0.53	0.22	0.74	-0.43	0.27	-0.31	0.23	0.9	-0.01	1	0.00	0.76	0.5	0.71	0.54	0.67	0.48	0.96	0.84	0.7	0.69	0.71	0.75
Biomasa	Total	0.25	-0.12	-0.51	-0.29	0.09	0.48	0.59	0.2	0.76	-0.37	0.09	-0.35	0.08	0.88	0.004	0.9	1	0.79	0.19	0.46	0.19	0.85	0.59	0.69	0.83	0.1	0.63	0.58	0.19
	Flor	-0.32	-0.25	-0.35	-0.44	0.17	0.45	0.19	-0.21	0.23	-0.32	0.28	0.004	-0.31	0.15	-0.1	-0.08	-0.07	1	0.26	0.21	0.27	0.10	0.13	0.24	0.06	0.2	0.50	0.05	0.06
Nitrógeno	Hoja	-0	-0.03	0.12	-0.05	0.35	0.09	0.48	0.23	0.42	-0.31	-	-0.17	-0.19	0.22	0.15	0.18	0.34	0.3	1	0.06	0.03	0.12	0.49	0.29	0.18	0.3	0.47	0.78	0.67
	Riz.	0.24	0.06	-0.07	-0.26	0.58	0.13	0.02	0.27	0.3	0.11	0.14	0.18	-0.29	0.19	0.02	0.1	0.2	0.33	0.47	1	0.02	0.34	0.10	0.31	0.06	1.0	0.65	0.49	0.47
	Tallo	0.2	0	-0.2	-0.22	0.43	0.21	0.02	0.19	0.31	-0.21	-	-0.01	-0.22	0.21	0.15	0.17	0.34	0.29	0.56	0.58	1	0.08	0.23	0.24	0.14	0.8	0.63	0.89	0.92
Fósforo	Flor	0.07	-0.06	-0.29	-0.26	-0.17	-0.01	-0.09	-0.15	-0.17	0.02	0.28	-0.14	0.74	0.08	0.4	0.12	0.05	-0.42	-0.41	-0.25	-0.46	1	0.00	0.00	0.00	0.9	0.82	0.84	0.96
	Hoja	-0.16	-0.06	-0.18	-0.16	-0.28	0.06	0.07	-0.21	-0.03	-0.21	0.06	-0.38	0.75	0.13	0.39	0.19	0.15	-0.39	-0.19	-0.43	-0.32	0.85	1	0.00	0.00	0.8	0.8	0.57	0.71
	Riz.	-0.03	0.08	-0.11	-0.33	-0.04	-0.27	-0.29	-0.46	-0.38	-0.21	0.11	-0.32	0.68	-0.1	0.54	-0.01	-0.11	-0.31	-0.28	-0.27	-0.31	0.80	0.74	1	0.00	0.9	0.96	0.66	0.97
Potasio	Tallo	-0.2	-0.02	-0.07	-0.25	-0.35	-0.28	-0.24	-0.46	-0.36	-0.24	0.05	-0.36	0.67	-0.05	0.33	0.06	-0.06	-0.48	-0.35	-0.47	-0.38	0.77	0.84	0.87	1	0.7	0.59	0.35	0.61
	Flor	-0.43	0.07	-0.06	0.08	-0.38	0.12	-0.24	0.1	-0.16	-0.17	0.31	0.08	0.3	-0.04	0.23	-0.12	-0.38	0.36	-0.27	-0.00	-0.06	0.05	-0.06	0.05	-0.09	1	0.00	0.00	0.00
	Hoja	-0.14	0.22	-0.03	0.16	-0.25	0.1	-0.23	0.2	-0.07	-0.21	0.3	0.14	0.35	0.08	0.41	0.11	-0.13	0.18	-0.19	0.12	0.13	0.06	-0.07	0.01	-0.15	0.9	1	0.00	0.00
	Riz.	-0.42	0.09	-0.12	0.02	-0.29	0.31	-0.02	0.15	0.07	-0.27	0.35	0.09	0.2	0.22	0.11	0.1	-0.15	0.49	-0.08	0.19	0.04	-0.05	-0.15	-0.12	-0.25	0.9	0.87	1	0.00
Tallo	-0.49	0.1	-0.03	-0.01	-0.28	0.15	-0.18	0.06	-0.11	-0.2	0.37	0.11	0.23	0.03	0.16	-0.09	-0.35	0.48	-0.12	0.19	-0.03	0.01	-0.10	-0.01	-0.14	1.0	0.83	0.96	1.00	

Comer.: comercial; Diám.: diámetro; Sup.: superior; n/comer.: no comercial; Bio.: biomasa; Riz.: rizoma.

Anexo 6. Matriz de correlación de las variables de calidad y productivas evaluadas y concentración (%) de NPK en flor, hoja, tallo y rizoma, como respuesta a la aplicación de las 16 dosis de fertilización probadas en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja.

		Tallos florales			Diám. Cepa	Diámetro de tallo floral comercial			Longitud			Diám. Flor	Peso húmedo		Peso seco		Bio. Total	Nitrógeno				Fósforo				Potasio				
		Total	Abierta	Cerrada		Comer.	Basal	Medio	Sup.	Tallo	Flor		Hoja	Comer. n/comer.	Comer. n/comer.	Flor		Hoja	Rizoma	Tallo	Flor	Hoja	Rizoma	Tallo	Flor	Hoja	Rizoma	Tallo		
	Total	1	0.21	0.76	0.03	0.05	0.9	0.88	0.5	0.12	0.95	0.49	0.91	0.46	0.2	0.65	0.34	0.07	0.77	0.59	0.99	0.77	0.61	0.25	0.78	0.84	1	0.52	0.64	0.8
Tallos florales	Abierta	0.33	1	0.1	0.25	0.92	0.83	0.02	0.52	0.87	0.29	0.79	0.98	0.98	0.57	0.33	0.77	0.23	0.64	0.67	0.38	0.97	0.53	0.77	0.65	0.51	0.73	0.83	0.68	0.57
	Cerrada	0.08	0.43	1	0.5	0.49	0.11	0.00	0.08	0.53	0.82	0.47	0.61	0.98	0.97	0.68	0.2	0.43	0.37	0.37	0.57	0.52	0.53	0.50	0.32	0.86	0.44	0.91	0.68	0.66
	Comer.	0.53	0.3	-0.18	1	0.02	0.34	0.81	0.41	0.09	0.45	0.17	0.16	0.48	0.46	0.08	0.18	0.01	0.58	0.84	0.70	0.41	0.61	0.59	0.11	0.17	0.77	0.3	0.38	0.55
Diám. de cepa		0.5	0.03	0.19	0.58	1	0.06	0.39	0.27	0.06	0.43	0.17	0.16	0.72	0.3	0.09	0.12	0.86	0.02	0.65	0.5	0.48	0.78	0.24	0.29	0.24	0.4	0.14	0.14	0.25
Diámetro de tallo floral	Basal	-0.03	-0.06	0.41	0.26	0.48	1	0.05	0.002	0.08	0.26	0.003	0.00	0.12	0.46	0.04	0.01	0.51	0.14	0.13	0.91	0.76	0.95	0.06	0.15	0.06	0.51	0.79	0.52	0.25
	Medio	0.04	0.58	0.81	0.07	0.23	0.5	1	0.08	0.75	0.45	0.66	0.23	0.53	0.59	0.27	0.31	0.70	0.55	0.21	0.97	0.79	0.62	0.27	0.9	0.23	0.71	0.86	0.31	0.35
	Sup.	-0.18	0.17	0.45	0.22	0.29	0.71	0.45	1	0.36	0.33	0.03	0.27	0.00	0.2	0.01	0.00	0.39	0.73	0.97	0.12	0.24	0.67	0.03	0.54	0.04	0.58	0.69	0.66	0.58
Longitud	Tallo	0.41	-0.04	0.17	0.44	0.48	0.46	0.09	0.24	1	0.35	0.01	0.04	0.77	0.12	0.95	0.04	0.13	0.13	0.95	0.51	0.65	0.12	0.59	0.99	0.81	0.45	0.94	0.23	1
	Flor	-0.02	0.28	-0.06	0.2	-0.21	0.3	0.2	0.26	0.25	1	0.12	0.2	0.10	0.18	0.39	0.08	0.08	0.41	0.36	0.59	0.6	0.99	0.92	0.24	0.1	0.04	0.63	0.48	0.95
	Hoja	0.19	-0.07	0.19	0.36	0.36	0.69	0.12	0.53	0.64	0.4	1	0.12	0.16	0.89	0.05	0.001	0.03	0.11	0.72	0.98	0.87	0.98	0.37	0.58	0.23	0.29	0.33	0.69	0.56
Diámetro de flor		0.03	0.01	0.14	0.37	0.37	0.74	0.32	0.29	0.51	0.34	0.41	1	0.86	0.56	0.31	0.15	0.41	0.48	0.05	0.42	0.82	0.2	0.54	0.17	0.58	0.32	0.51	0.30	0.56
Peso húmedo	Comer.	-0.2	0.01	0.01	0.19	0.1	0.4	0.17	0.72	-0.08	0.43	0.37	0.05	1	0.04	0.00	0.01	0.39	0.53	0.16	0.23	0.25	0.22	0.13	0.79	0.11	0.44	0.57	0.23	0.42
	n/comer.	-0.34	0.15	0.01	-0.2	-0.28	0.2	0.14	0.34	-0.41	0.35	-0.04	0.16	0.52	1	0.09	0.22	0.72	0.34	0.84	0.22	0.18	0.09	0.06	0.22	0.28	0.71	0.46	0.10	0.44
Peso seco	Comer.	0.12	0.26	0.11	0.44	0.44	0.51	0.29	0.65	0.02	0.23	0.5	0.27	0.75	0.43	1	0.01	0.13	0.93	0.73	0.05	0.38	0.24	0.03	0.31	0.15	0.87	0.11	0.67	0.12
	n/comer.	0.26	0.08	0.34	0.35	0.41	0.63	0.27	0.69	0.53	0.45	0.75	0.38	0.63	0.32	0.64	1	0.19	0.57	0.54	0.35	0.3	0.50	0.19	0.68	0.16	0.83	0.32	0.68	0.14
Biomasa Total		0.46	0.32	-0.21	0.66	0.05	0.18	-0.1	0.23	0.39	0.46	0.53	0.22	0.23	-0.1	0.4	0.35	1	0.44	0.87	0.91	0.97	0.32	0.58	0.47	0.73	0.04	0.87	0.31	0.56
Nitrógeno	Flor	-0.08	0.13	-0.24	-0.15	-0.57	-0.39	-0.16	-0.09	-0.4	0.22	-0.41	-0.19	0.17	0.26	0.03	-0.15	0.21	1	0.25	0.36	0.004	0.88	0.17	0.58	0.37	0.65	0.86	0.04	0.92
	Hoja	0.14	-0.12	-0.24	-0.05	-0.12	-0.39	-0.33	-0.01	0.02	0.24	-0.1	-0.5	0.37	-0.06	-0.09	0.17	0.04	0.31	1	0.51	0.32	0.83	0.08	0.28	0.98	0.38	0.72	0.08	0.36
	Rizoma	0.002	0.23	0.15	-0.11	0.18	-0.03	0.01	0.41	-0.18	-0.15	0.01	-0.21	0.32	0.33	0.5	0.25	-0.03	0.24	0.18	1	0.02	0.2	0.37	0.82	0.62	0.76	0.4	0.22	0.73
	Tallo	-0.08	-0.01	0.17	-0.22	-0.19	0.08	0.07	0.31	-0.12	0.14	-0.04	0.06	0.31	0.35	0.23	0.28	0.01	0.68	0.26	0.58	1	0.94	0.49	0.81	0.99	0.7	0.99	0.11	0.45
Fósforo	Flor	0.14	0.17	0.17	0.14	-0.08	-0.02	0.14	-0.12	0.41	-0	-0.01	0.34	-0.32	-0.44	-0.31	-0.18	0.27	0.04	-0.06	-0.34	-0.02	1	0.01	0.08	0.04	0.06	0.02	0.66	0.02
	Hoja	0.31	-0.08	-0.18	-0.14	-0.31	-0.48	-0.3	-0.54	0.14	0.03	-0.24	-0.17	-0.39	-0.47	-0.55	-0.34	0.15	0.36	0.45	-0.24	0.19	0.65	1	0.07	0.02	0.09	0.09	0.42	0.04
	Rizoma	-0.08	-0.12	0.26	-0.41	-0.28	-0.37	-0.03	-0.17	0.00	-0.31	-0.15	-0.36	-0.07	-0.32	-0.27	-0.11	-0.19	0.15	0.29	-0.06	0.07	0.45	0.46	1	0.00	0.73	0.69	0.87	0.36
	Tallo	0.06	-0.18	-0.05	-0.36	-0.31	-0.48	-0.32	-0.52	-0.06	-0.43	-0.32	-0.15	-0.42	-0.29	-0.38	-0.37	-0.09	0.24	0.01	-0.14	0.005	0.52	0.57	0.78	1	0.97	0.30	0.6	0.2
Potasio	Flor	0	0.09	-0.21	0.08	-0.22	0.18	-0.1	0.15	0.2	0.53	0.28	0.26	0.21	0.1	0.04	0.06	0.52	0.12	0.23	-0.08	0.11	0.48	0.43	-0.09	-0.0	1	0.00	0.1	0.0
	Hoja	-0.18	0.06	-0.03	-0.28	-0.39	-0.07	-0.05	-0.11	-0.02	0.13	-0.26	0.18	-0.15	0.2	-0.41	-0.26	-0.04	0.05	0.1	-0.23	0.00	0.56	0.44	0.11	0.28	0.68	1	0.16	0.0
	Rizoma	0.13	0.11	-0.11	-0.23	-0.38	-0.17	-0.27	0.12	-0.32	0.19	-0.11	-0.28	0.32	0.43	0.12	0.11	0.27	0.53	0.44	0.32	0.41	-0.12	0.22	0.05	0.14	0.42	0.37	1	0.17
	Tallo	-0.07	0.16	-0.12	-0.16	-0.31	-0.31	-0.25	-0.15	-0	0.02	-0.16	-0.16	-0.22	-0.21	-0.4	-0.39	0.16	-0.03	0.25	-0.09	-0.2	0.57	0.52	0.24	0.34	0.68	0.76	0.36	1

Comer.: comercial; Diám.: diámetro; Sup.: superior; n/comer.: no comercial; Bio.: biomasa.

Anexo 7. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el número de tallos totales, con flor cerrada (FC), con flor comercial (FCo), en el área de cepa y la longitud del tallo en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

Dosis de fertilización NPK (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de tallos			Área de cepa (m <sup>2</sup> )	Longitud de tallo (cm)
	Total	FC	FCo		
T1 (00-00-00)	15.00 a	1.67 a	2.00 a	1.82 a	151.13 a
T2 (00-00-220)	16.67 a	2.33 a	2.67 a	2.78 a	158.17 a
T3 (00-14-00)	18.67 a	1.67 a	2.00 a	2.23 a	172.57 a
T4 (00-14-220)	19.67 a	1.67 a	1.67 a	2.65 a	146.37 a
T5 (61-07-110)	20.33 a	2.67 a	2.33 a	2.07 a	150.27 a
T6 (61-07-331)	21.33 a	2.00 a	2.00 a	2.41 a	143.63 a
T7 (61-21-110)	11.67 a	2.33 a	2.00 a	1.77 a	147.27 a
T8 (61-21-331)	15.33 a	2.00 a	2.33 a	3.31 a	159.70 a
T9 (122-00-00)	20.00 a	2.33 a	2.67 a	2.82 a	155.83 a
T10 (122-00-220)	19.00 a	3.00 a	3.00 a	2.10 a	147.93 a
T11 (122-14-00)	16.00 a	2.67 a	2.33 a	2.56 a	161.57 a
T12 (122-14-220)	20.00 a	2.33 a	2.33 a	1.95 a	146.03 a
T13 (182-07-110)	19.33 a	2.33 a	3.00 a	3.47 a	159.00 a
T14 (182-07-331)	21.33 a	2.00 a	2.33 a	3.55 a	164.47 a
T15 (182-21-110)	21.33 a	2.00 a	2.67 a	3.27 a	158.67 a
T16 (182-21-331)	18.33 a	2.67 a	3.00 a	33.14 a	144.17 a

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey con ( $P \leq 0.05$ ). n= 72.

Anexo 8. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el número de tallos florales totales, con flor cerrada (FC), con flor abierta (FA), con flor comercial (FCo), en el área de cepa y la longitud del tallo en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad roja.

Dosis de fertilización NPK (kg ha <sup>-1</sup> )	Número de tallos				Área de cepa (m <sup>2</sup> )	Longitud de tallo (cm)
	Total	FC	FA	FCo		
T1(00-00-00)	23.00 a	2.33 a	2.00 a	1.33 a	4.05 a	131.10 a
T2(00-00-178)	17.67 a	2.00 a	1.33 a	1.33 a	2.63 a	127.53 a
T3(00-10-00)	16.67 a	2.33 a	1.67 a	1.33 a	2.41 a	130.20 a
T4(00-10-178)	19.33 a	2.00 a	1.67 a	1.00 a	2.61 a	136.70 a
T5(108-04-90)	18.33 a	2.00 a	2.00 a	1.33 a	3.42 a	116.67 a
T6(108-04-268)	20.33 a	2.67 a	2.33 a	1.33 a	3.28 a	138.43 a
T7(108-14-90)	16.33 a	2.00 a	2.00 a	1.00 a	2.55 a	125.33 a
T8(108-14-268)	21.00 a	2.00 a	2.33 a	1.33 a	2.65 a	124.47 a
T9(216-00-00)	20.33 a	2.33 a	2.33 a	1.33 a	3.52 a	142.73 a
T10(216-00-178)	23.33 a	2.33 a	2.33 a	1.33 a	2.21 a	130.27 a
T11(216-10-00)	19.67 a	2.33 a	2.33 a	1.33 a	2.76 a	126.37 a
T12(216-10-178)	22.67 a	2.00 a	2.67 a	1.67 a	2.79 a	130.00 a
T13(322-04-90)	19.00 a	2.33 a	2.00 a	1.00 a	2.43 a	119.80 a
T14(322-04-268)	19.67 a	2.33 a	2.00 a	1.67 a	2.48 a	127.40 a
T15(322-14-90)	15.00 a	2.00 a	2.00 a	1.00 a	1.65 a	112.90 a
T16(322-14-268)	20.00 a	2.67 a	2.67 a	1.00 a	2.76 a	123.67 a

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey con ( $P \leq 0.05$ ). n= 72.

Anexo 9. Efecto de la aplicación diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo a la base, medio y superior, longitud de la hoja apical (LHA), peso húmedo de la biomasa comercial (Co) y no comercial (N/Co) y el peso seco de la biomasa comercial (Co) y no comercial (N/Co) en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

Dosis de fertilización NPK (kg ha <sup>-1</sup> )	Diámetro del tallo (cm)			LHA (cm)	Peso húmedo (g)		Peso seco (g)	
	Base	Medio	Superior		Co	N/Co	Co	N/Co
T1(00-00-00)	1.83 a	1.37 a	1.03 a	43.83 a	116.69 a	330.34 a	22.52 a	60.97 a
T2(00-00-220)	1.96 a	1.33 a	1.03 a	39.87 a	145.62 a	373.03 a	28.09 a	68.01 a
T3(00-14-00)	2.17 a	1.47 a	1.06 a	41.37 a	130.72 a	429.26 a	17.11 a	78.61 a
T4(00-14-220)	1.93 a	1.40 a	1.07 a	41.33 a	136.63 a	379.85 a	25.98 a	71.02 a
T5(61-07-110)	1.93 a	1.40 a	1.00 a	37.83 a	131.25 a	326.13 a	24.96 a	61.24 a
T6(61-07-331)	1.90 a	1.30 a	1.03 a	41.47 a	151.03 a	344.63 a	30.12 a	68.12 a
T7(61-21-110)	1.96 a	1.37 a	1.03 a	42.10 a	141.29 a	369.76 a	23.61 a	62.66 a
T8(61-21-331)	1.96 a	1.27 a	1.03 a	39.37 a	127.8 a	416.06 a	23.82 a	77.67 a
T9(122-00-00)	1.96 a	1.37 a	1.00 a	39.90 a	119.50 a	354.37 a	20.16 a	66.53 a
T10(122-00-220)	1.93 a	1.40 a	1.10 a	39.53 a	126.60 a	360.01 a	21.18 a	65.30 a
T11(122-14-00)	1.90 a	1.30 a	1.00 a	39.77 a	136.43 a	378.53 a	22.92 a	75.95 a
T12(121-14-220)	1.86 a	1.17 a	1.03 a	37.03 a	131.34 a	349.23 a	23.53 a	57.9 a
T13(182-07-110)	1.96 a	1.37 a	1.03 a	41.00 a	133.03 a	374.73 a	27.66 a	72.16 a
T14(182-07-331)	2.00 a	1.40 a	1.06 a	41.20 a	125.40 a	401.05 a	25.41 a	71.29 a
T15(182-21-110)	2.00 a	1.40 a	1.00 a	41.13 a	132.97 a	371.89 a	28.87 a	67.97 a
T16(182-21-331)	2.00 a	1.27 a	1.03 a	38.90 a	123.54 a	279.47 a	22.61 a	50.16 a

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey con ( $P \leq 0.05$ ).  
n=72.

Anexo 10. Efecto de la aplicación en cajete de diferentes dosis de NPK en el diámetro del tallo medio y superior, la longitud de la hoja apical (LHA), el peso húmedo de la biomasa comercial (Co) y el peso seco de la biomasa no comercial (N/Co) en hawaiana (*Alpinia purpurta*) variedad roja.

Dosis de fertilización NPK (kg ha <sup>-1</sup> )	Diámetro del tallo (cm)		LHA (cm)	Peso húmedo Co (g)	Peso seco N/Co (g)
	Medio	Superior			
T1(00-00-00)	1.30 a	0.87 a	35.17 a	126.49 a <sup>z</sup>	57.12
T2(00-00-178)	1.50 a	1.07 a	34.70 a	134.19 a	59.48 a
T3(00-10-00)	1.30 a	0.87 a	36.50 a	123.12 a	56.52 a
T4(00-10-178)	1.23 a	0.93 a	36.10 a	124.24 a	54.9 a
T5(108-04-90)	1.30 a	1.00 a	36.63 a	142.12 a	59.36 a
T6(108-04-268)	1.23 a	0.87 a	39.07 a	135.99 a	74.98 a
T7(108-14-90)	1.20 a	0.87 a	36.27 a	145.7 a	65.25 a
T8(108-14-268)	1.33 a	1.00 a	35.73 a	132.31 a	61.94 a
T9(216-00-00)	1.33 a	1.00 a	39.27 a	148.71 a	74.19 a
T10(216-00-178)	1.27 a	0.90 a	36.33 a	135.66 a	63.34 a
T11(216-10-00)	1.37 a	0.97 a	35.03 a	133.13 a	59.71 a
T12(216-10-178)	1.47 a	1.10 a	37.20 a	135.9 a	66.39 a
T13(322-04-90)	1.27 a	1.03 a	35.70 a	132.96 a	62.35 a
T14(322-04-268)	1.33 a	0.93 a	36.50 a	123.13 a	52.65 a
T15(322-14-90)	1.30 a	0.9 a	35.17 a	139.79 a	53.73 a
T16(322-14-268)	1.87 a	1.00 a	34.83 a	132.57 a	58.83 a

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente según prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). n= 72.

Anexo 11. Análisis de regresión lineal simple en la variable número de tallos totales como respuesta de la aplicación de las diferentes dosis de K en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

Fuente	G. L.	SC	CM	Valor de F	Pr>F
Regresión	1	1.104	1.104	677.22	0.0015
Error	2	0.003	0.002		

Anexo 12. Variables en la ecuación para la determinación de la ecuación de la dosis óptima fisiológica, como respuesta a la aplicación de las diferentes dosis de fertilización de K en hawaiana (*Alpinia purpurata*) variedad rosa.

Coeficiente de regresión	de	G. L.	Parámetro estimado	E. E.	Valor de t	Pr> t
$\beta_0$		1	17.72094	0.03376	524.94	<0.0001
$\beta_1$		1	0.00426	0.00016372	26.02	0.0015