



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

CAMPUS COSTA GRANDE

FACULTAD EN DESARROLLO SUSTENTABLE

**EFECTO DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE  
NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO, FLORACIÓN  
Y RENDIMIENTO DE CALABAZA**

**TESIS**

PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**LICENCIADO EN INGENIERÍA EN INGENIERÍA EN  
PRODUCCIÓN SUSTENTABLE**

PRESENTA  
**RODRIGO LUCAS GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS  
**M. C. BLANCA LORENA ALEMÁN FIGUEROA**

CO-DIRECTOR  
**DR. VÍCTOR MANUEL ROSAS GUERRERO**

ASESOR  
**DRA. MARÍA DEL SOCORRO FUENTES ANDRADE**

TECPAN DE GALEANA, GUERRERO, JUNIO, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO**

**CAMPUS COSTA GRANDE**

**FACULTAD EN DESARROLLO SUSTENTABLE**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE  
NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO, FLORACIÓN Y  
RENDIMIENTO DE CALABAZA**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL GRADO DE:  
LICENCIADO EN INGENIERÍA EN INGENIERÍA EN  
PRODUCCIÓN SUSTENTABLE**

**PRESENTA  
RODRIGO LUCAS GARCÍA**

**DIRECTOR DE TESIS  
M. C. BLANCA LORENA ALEMÁN FIGUEROA**

**CO-DIRECTOR  
DR. VÍCTOR MANUEL ROSAS GUERRERO**

**ASESOR  
DRA. MARÍA DEL SOCORRO FUENTES ANDRADE**

**TECPAN DE GALEANA, GUERRERO, JUNIO, 2017**



# UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

Coordinación de Administración Escolar | Zona Sur

OFICIO No. 8769/13/06/2017/C.A.E.Z.S.

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE EXAMEN  
PROFESIONAL.

ACAPULCO, GRO., A 13 DE JUNIO DEL 2017.

DR. ROBERTO CARLOS SAYAGO LORENZANA  
DIRECTOR DE LA FACULTAD  
DE DESARROLLO SUSTENTABLE  
DE LA UAGro  
P R E S E N T E.

CON BASE A LO ESTABLECIDO EN EL ARTICULO 82 INCISO a) DEL REGLAMENTO ESCOLAR VIGENTE, SE AUTORIZA LA APLICACIÓN DEL EXAMEN PROFESIONAL BAJO LA OPCIÓN DE ELABORACIÓN Y DEFENSA DE UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN INDIVIDUAL, POR SU COMPLEJIDAD, TITULADO

"EFECTO DE LA APLICACIÓN FRACCIONADA DE NITRÓGENO SOBRE EL CRECIMIENTO, FLORACIÓN Y RENDIMIENTO DE CALABAZA"

AL (LA) C. RODRIGO LUCAS GARCIA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERÍA EN PRODUCCIÓN SUSTENTABLE.

HABIENDO CURSADO SUS ESTUDIOS EN EL PERIODO 2012 - 2016.

EN VIRTUD DE HABER CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS DE REVISIÓN EXIGIDOS POR LA LEY EN ESTOS CASOS.

AGRADECERÉ A USTED, INFORMAR A ESTA COORDINACIÓN EL RESULTADO DEL EXAMEN, A MÁS TARDAR 15 DÍAS HÁBILES DESPUÉS DE EFECTUARLO.

SIN OTRO PARTICULAR, RECIBA UN CORDIAL SALUDO.

Universidad Autónoma de Guerrero



ATENTAMENTE

Administración Escolar  
M.A. CARLOS JESUS BAVEDRA SANCHEZ  
COORDINADOR

C.c.p. Dirección Unidad Académica  
C.c.p. Interesado(a)  
C.c.p. Archivo.  
CJSS/mrar.

Administración 2010-2017  
Niños Héroes #133  
Col. Progreso, CP. 30350  
Tel: (744) 400 5943, (744) 400 0010  
Correo electrónico: admionescolar\_zs@uagro.mx  
Acapulco de Juárez, Guerrero, México



# UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

**Facultad de Desarrollo Sustentable**

*"Universidad de calidad con inclusión social"*

Oficio No. FDS/50/06/2017

Asunto: Autorización de impresión de tesis

Tecpan de Galeana, Gro. 8 de junio de 2017

M.A. Carlos Jesús Saavedra Sánchez  
Coordinador de Admisión Escolar  
Zona Sur de la UAGro  
PRESENTE:

Por este conducto me dirijo a Usted para informarle que autorizo la impresión de la tesis titulada *"Efecto de la aplicación fraccionada de Nitrógeno sobre el crecimiento, floración y rendimiento de calabaza"* del alumno C. Rodrigo Lucas García de la Licenciatura en Ingeniería en Producción Sustentable de la generación 2012-2016 con número de matrícula 09125463.

Sin más por el momento le envío un cordial saludo.

Atentamente

Dr. Roberto Carlos Sayago Lorenzana  
Director



**FACULTAD EN  
DESARROLLO  
SUSTENTABLE**

C.c.p. M. en C. José Ángel Vences Martínez, Coordinador de Titulación de la FDS  
C.c.p. 2 Minutario.



# UAGro UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

## FACULTAD EN DESARROLLO SUSTENTABLE

Tecpan de Galeana, Gro. 22 de Mayo de 2017

C. Dr. Roberto Carlos Sayago Lorenzana

Director de la Facultad en Desarrollo Sustentable


**PRESENTE**

Por este conducto, nos permitimos comunicarle que hemos revisado a satisfacción el trabajo escrito titulado: **"Efecto de la aplicación fraccionada de nitrógeno sobre el crecimiento, floración y rendimiento de calabaza"**, que presentó como requisito para la obtención del grado de **Licenciado en Ingeniería en Producción Sustentable**, el alumno Rodrigo Lucas García con número de matrícula **09125463**.

Por lo anterior, en nuestro carácter de miembros del comité tutorial de la tesis emitimos nuestro **voto aprobatorio** para la autorización de la impresión de la tesis y que el alumno pueda continuar con los trámites correspondientes.

Sin otro particular, agradecemos la atención que sirva prestar a la presente.

ATENTAMENTE

  
M.C. Blanca Lorena Alemán Figueroa  
Directora de Tesis

  
Dr. Victor Manuel Rosas Guerrero  
Co-Director de Tesis

  
Dra. Maria del Socorro Fuentes Andrade  
Asesora de Tesis

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por darme la fuerza necesaria cada día para seguir adelante y por todas las bendiciones que puso en mi camino.

Agradezco a mi madre Patricia Iginio García y a mi padre Francisco Lucas Morales por todo el apoyo incondicional que me brindaron durante todos estos años de estudio.

Agradezco infinitamente a mi director y codirector, M. C. Blanca Lorena Alemán Figueroa y Dr. Víctor Manuel Rosas Guerrero, por haberme enseñado tanto, por su apoyo incondicional, por motivarme a seguir adelante y sobre todo por esa confianza y amistad que me han brindado.

A mi novia Maribel López Atanacio (Flakis) y a mis amigos (camaradas), gracias por todo el apoyo brindado: José Antonio Gama Salgado (Gama), Benjamín Ramos Bravo (Bengy), Ana Hernández López (Yube), Fernando Severiano Galeana (Ferchis), también muchas gracias por su apoyo incondicional en campo, de verdad gracias chamacos.

Al profesor José Ángel Vences Martínez, por su apoyo incondicional, además por todas las facilidades brindadas para realizar el trabajo de campo en su propiedad y sobre todo por su gran amistad, muchas gracias profesor.

A Onésimo López Salas y Margarita Atanacio Ramírez, por todo el apoyo brindado antes y durante mi carrera.

A los compañeros que me apoyaron en campo: Cuate, Karen, Dora, muchas gracias.

A la Dra. María del Socorro Fuentes Andrade y al Dr. Rogelio Cruz Reyes por tomarse el tiempo de leer el presente trabajo y por los comentarios hechos al respecto.

A mi preciada Universidad Autónoma de Guerrero, en especial a la Facultad en Desarrollo Sustentable por ser la institución donde lleve a cabo mi formación profesional.

## **DEDICATORIA**

A usted mamá por su amor, sacrificio, por apoyarme incondicionalmente, por todos esos días que se levantó de madrugada para tener listo el café y por ser un gran ejemplo siempre.

A ti abuelita, Dolores Morales Zavala, por su infinito cariño, atenciones y por siempre ayudarme.

A ti Flakis por tu gran cariño y apoyo en todo momento desde que inicié hasta que finalicé, por todos esos momentos felices que me has regalado al ser parte de mi vida, espero que te sientas orgullosa de mí como yo me siento de ti (te amo).

A ustedes familia López Atanacio por ser mi familia también, por apoyarme y por creer en mí.

Gracias a todos sin ustedes no hubiera llegado a ser lo que soy.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA .....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT .....	2
3. INTRODUCCIÓN .....	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1. Origen e importancia de la calabacita.....	5
4.1.1. Origen.....	5
4.1.2. Importancia.....	5
4.2. Generalidades del cultivo.....	6
4.2.1. Clasificación taxonómica .....	6
4.2.2. Morfología.....	6
4.2.3. Requerimientos edafo-climáticos .....	8
4.2.4. Fertilización.....	9
4.3. El nitrógeno en la planta .....	10
4.3.1. Funciones del nitrógeno en la planta.....	10
4.4. Eficiencia de la fertilización nitrogenada .....	10
4.4.1. Curvas de absorción .....	11
4.4.2. Fertilización fraccionada .....	11
4.4.3. Antecedentes de aplicación fraccionada .....	12
5. JUSTIFICACIÓN.....	13
6. OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	15
6.1. Objetivo general.....	15
6.2. Objetivos específicos .....	15
6.3. Hipótesis .....	15
7. MATERIALES Y MÉTODOS .....	16
7.1 Área de estudio .....	16
7.2 Especie de estudio.....	17

7.3	Diseño experimental .....	17
7.4	Crecimiento vegetativo .....	21
7.5	Fenología floral y proporción de sexo en las flores .....	22
7.6	Tasa de fructificación y número de frutos por planta .....	23
7.7	Análisis estadístico .....	24
8.	RESULTADOS .....	26
8.1.	Crecimiento vegetativo .....	26
8.2.	Fenología floral y número de flores .....	26
8.3.	Tasa de fructificación y número de frutos por planta .....	30
9.	DISCUSIÓN .....	32
10.	CONCLUSIÓN .....	35
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Planta de calabaza.....	7
Figura 2.- Flor hembra de calabaza .....	8
Figura 3.- Ubicación geográfica del sitio experimental .....	16
Figura 4.- Aplicación del fertilizante nitrogenado.....	18
Figura 5.- Plántulas de calabaza cinco días después de la germinación.....	19
Figura 6.- Trasplante de plantas de calabaza con dos hojas verdaderas.....	20
Figura 7.- Control manual de malezas.....	21
Figura 8.- Medición de la longitud de la guía principal .....	22
Figura 9.- Conteo y registro del número de flores hembra y flores macho.....	23
Figura 10.- Cosecha y registro del número de frutos por planta .....	24
Figura 11.- Fenología de la floración femenina (A) y masculina (B), muestran el número de flores por planta por día en cada uno de los tratamientos, desde la primera flor que abrió hasta la última. ....	27
Figura 12.- Media del número de flores masculinas (A) y femeninas (B) por planta. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Líneas verticales muestran el error estándar. ....	29
Figura 13.- Media de flores que se convirtieron frutos por tratamiento. Líneas verticales muestran error estándar, ns = no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). ....	30
Figura 14.- Media de número de frutos por planta en cada tratamiento. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Líneas verticales muestran desviación estándar. ....	31

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Desarrollo vegetativo de <i>Cucurbita pepo</i> bajos los diferentes tratamientos, los datos muestran la media ( $\pm$ error estándar), n=32 para todos los tratamientos, letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). ....	26
Tabla 2. Media del número de flores macho y hembra por planta de <i>Cucurbita pepo</i> . Entre paréntesis se muestra el error estándar. Se muestran los valores del índice de Pianka y los valores de p asociados a estos índices. ....	28

## 1. RESUMEN

El nitrógeno es considerado el nutrimento más importante para el crecimiento y productividad de las plantas tanto silvestres como cultivadas. Sin embargo, su uso excesivo puede provocar un aumento en los costos de producción y contaminación en suelo y agua. Por lo tanto, es imprescindible un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada. Aunque diversos estudios indican que las dosis y aplicaciones inadecuadas de fertilizantes nitrogenados reducen el rendimiento de diversos cultivos, no existe algún estudio que haya evaluado la eficiencia de la aplicación fraccionada de nitrógeno en algún cultivo hortícola. En este estudio se evaluó el efecto de la aplicación fraccionada de nitrógeno sobre el crecimiento, floración y rendimiento de calabaza (*Cucurbita pepo*) a través de cuatro tratamientos: (1) aplicación del 100% del nitrógeno al momento del trasplante; (2) 50% al momento del trasplante y 50% cuando las plantas presentaban botones florales; (3) 18% al momento del trasplante, 38% cuando las plantas presentaban botones florales y 44% al inicio de la fructificación; y (4) sin aplicación de nitrógeno. Los resultados indican que no existieron diferencias significativas en el crecimiento, floración o rendimiento entre los tratamientos con aplicación de nitrógeno fraccionado. Sin embargo, las plantas con aplicación de nitrógeno produjeron significativamente mayor cantidad de guías secundarias, flores macho y hembra y frutos por planta que las plantas sin aplicación de nitrógeno. Asimismo, las plantas con aplicación de nitrógeno florecieron significativamente antes que las plantas sin aplicación de nitrógeno. Finalmente, se encontró que la aplicación de nitrógeno aumenta la producción de caracteres vegetativos y reproductivos, sin embargo no existe evidencia de que la aplicación fraccionada de nitrógeno mejore el desarrollo y producción de frutos en el cultivo de calabaza.

## 2. ABSTRACT

Nitrogen is considered the most important nutrient for the growth and productivity of both wild and cultivated plants. However, excessive use can lead to increased costs of production and contamination in soil and water. Therefore, efficient management of nitrogen fertilization is essential. Although several studies indicate that inadequate doses and applications of nitrogen fertilizers reduce the yield of various crops, there is no study that has evaluated the efficiency of fractional nitrogen application in some horticultural crops. This study evaluated the effect of nitrogen application on growth, flowering and pumpkin yield (*Cucurbita pepo*) through four treatments: (1) application of 100% nitrogen at the time of transplantation; (2) 50% at the time of the transplant and 50% when the plants presented flower buds; (3) 18% at the time of transplantation, 38% when plants presented floral buds and 44% at the beginning of fruiting; And (4) without application of nitrogen. The results indicate that there were no significant differences in growth, flowering or yield between treatments with application of fractionated nitrogen. However, plants with nitrogen application produced significantly more secondary guides, male and female flowers and fruits per plant than plants without nitrogen application. Also, plants with nitrogen application flourished significantly before plants without nitrogen application. In conclusion, although it was found that the application of nitrogen increases the production of vegetative and reproductive traits, there is no evidence that the fractional application of nitrogen improves the development and production of fruits in the pumpkin crop.

### 3. INTRODUCCIÓN

El cultivo de calabaza como verdura cobra cada vez mayor importancia en México tanto para el consumo nacional, como para exportación (Sedano-Castro et al., 2005; Orozco et al., 2016). La nutrición en el cultivo de calabaza constituye un factor muy importante para obtener altos rendimientos y una mejor calidad, por esta razón es importante que los nutrimentos se encuentren en suficiente cantidad, de forma apropiada y en la etapa de crecimiento con mayor demanda (Coraspe et al., 2009; Rodas-Gaitán et al., 2012). Entre estos nutrimentos, el nitrógeno es el macronutriente más importante para el crecimiento y la productividad de las plantas, ya que desempeña un papel muy importante en sus procesos fisiológicos (Xu et al., 2012), como la fotosíntesis, la respiración, el desarrollo radicular, el crecimiento y la diferenciación celular (Maller et al., 2015). En la calabaza, la fertilización con nitrógeno promueve el crecimiento en etapas tempranas de desarrollo (Higuti et al., 2010), lo cual aumenta el área foliar y mayor producción de fotoasimilados, dando como resultado una mayor productividad (Moradi et al., 2014).

Aunque la aplicación de dosis elevadas de nitrógeno en los cultivos puede estimular el desarrollo vegetativo debido a la absorción excesiva por la planta, también a menudo reduce el desarrollo de los frutos (Domis y Papadopoulos, 2002), además el exceso también conduce a una acumulación de nitratos en los vegetales por encima de los límites permisibles (Musa et al., 2010), lo cual puede ser peligroso para la salud del consumidor, llegando a provocar cáncer gástrico (Santamaria, 2006). Además, diversos autores sostienen que la fertilización nitrogenada tiene un gran impacto económico (Shrawat et al., 2008; Campillo et al., 2010), lo cual aunado a las grandes dosis comúnmente aplicadas (Torres et al., 2016), impactan en su rentabilidad, ya que aumentan los costos de producción. Además se incrementa el riesgo de contaminación del suelo y del agua por el nitrógeno que la planta no absorbe (Delgado y Follett, 2011), provocando eutrofización, lo que conduce a un desequilibrio entre nitrógeno (N), fósforo (P) y silicio (Si), esto trae como resultado un crecimiento de organismos planctónicos y puede provocar la proliferación de algas nocivas, lo que eventualmente es perjudicial para la pesca de mariscos y peces (Passy et al., 2016). Por lo anterior, resulta imprescindible un manejo eficiente de la fertilización nitrogenada en la producción (Fallah y Tadayyon, 2010; Cueto-Wong et al., 2013), tomando en cuenta la demanda nutrimental del

cultivo y suplementar dicha demanda con los nutrimentos necesarios (Arregui y Quemada, 2008).

Una de las herramientas utilizadas para conocer la cantidad adecuada de fertilizantes es el uso de las curvas de absorción de nutrimentos en función de la edad de la planta, ya que permite conocer los momentos de máxima absorción de nutrimentos en la planta a lo largo de su ciclo de vida, pudiendo así ajustar un programa de fertilización eficiente que considere la cantidad del nutrimento y la etapa de crecimiento más ideal para la aplicación del nutrimento (Coraspe et al., 2009; Villalobos y Camacho, 2012), que asegure una mayor calidad del producto (Barrantes-Infante y Bertsch, 2012). Por lo tanto, la aplicación fraccionada de nitrógeno es una estrategia esencial para aumentar la absorción de los fertilizantes nitrogenados a lo largo de la temporada de crecimiento (Esmaeilzade-Moridani et al., 2013) y reducir las pérdidas por lixiviación y volatilización (Muthukumar et al., 2007; Morojele y Kilian, 2015).

Sin embargo no existe algún estudio que haya evaluado la eficiencia de la aplicación fraccionada de nitrógeno en algún cultivo hortícola por lo que en este estudio se prueba la hipótesis de que la aplicación fraccionada mejora la absorción de nitrógeno por las plantas, y que esto permite un mejor aprovechamiento del nutrimento y asegura una mejor producción.

## **4. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **4.1. Origen e importancia de la calabaza**

#### **4.1.1. Origen**

Se tiene conocimiento que la familia Cucurbitaceae comprende alrededor de 750 especies, mientras que de estas el género *Cucurbita* agrupa a 27 especies (Cerón et al., 2010), que son originarias del continente americano, siendo *Cucurbita pepo*, *C. ficifolia*, *C. moschata*, *C. máxima* y *C. argyrosperma*, las cinco especies domesticadas (Cerón et al., 2010). *Cucurbita pepo* se considera que fue la primera en ser domesticada hace aproximadamente siete mil años en América (McClung, 2001).

#### **4.1.2. Importancia**

*Cucurbita pepo* es una planta anual originaria de México y de América del Norte (Orozco et al., 2016). Es una hortaliza cultivada en todo el mundo, siendo muy importante económicamente para muchos países (Taylor y Brant, 2002), ya que es uno de los cultivos hortícolas con una creciente demanda en todo el mundo (Mercado-Ruiz y Martínez-Téllez, 2010), debido a que es utilizada para consumo humano, además en la medicina tradicional (Caili et al., 2006), también como planta fitorremediadora (Ciura et al., 2005), siendo incluso utilizada para fines decorativos (Srbinska et al., 2012). México es uno de los principales países productores de este vegetal (Orozco et al., 2016), ya que actualmente se cultiva en todas las entidades federativas del país (Basurto-Peña et al., 2015), siendo reportado para 2012 un rendimiento de hasta 16.6 ton/ha (FAOSTAT, 2014). Alcanzando una producción total de casi medio millón de toneladas, con un valor de más de dos mil trescientos millones de pesos (Basurto-Peña et al., 2015).

## **4.2. Generalidades del cultivo**

### **4.2.1. Clasificación taxonómica**

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Violales
Familia:	Cucurbitaceae
Género:	<i>Cucurbita</i> L., 1753
Especie:	<i>pepo</i> L., 1753

### **4.2.2. Morfología**

Tanto especies silvestres como cultivadas del genero *Cucurbita* son plantas herbáceas, anuales, monoicas (con flores masculinas y femeninas separadas), estas también son rastreras, trepadoras o subarbustivas y arbustivas (Cerón, 2010), los tallos son angulares, cubierto de vellos, mientras que las hojas se sostienen de largos pecioloos que son huecos (Monares, 2011), (Figura 1).



*Figura 1.- Planta de calabaza*

Presentan flores con corolas muy vistosas, el color va de amarillo a naranja brillante (Figura 2), estas abren muy temprano y permanecen abiertas hasta aproximadamente medio día, presentando polinización entomófila, cuando comienza la floración, las flores masculinas son las primeras en aparecer (Cerón, 2010). Los frutos presentan una gran diversidad de tamaños, formas y colores (Lira-Saade, 1995; Villanueva, 2007).



*Figura 2.- Flor hembra de calabaza*

#### **4.2.3. Requerimientos edafo-climáticos**

Las calabazas son hortalizas preferentemente de clima cálido, aunque hay variedades capaces de tolerar climas más templados, no está bien establecida la temperatura óptima para la germinación, aunque se sugiere temperaturas mayores a 15° C, se considera que para un buen desarrollo del cultivo la temperatura debe oscilar entre los 18 a 35° C. las calabazas prefieren suelos profundos y ricos en materia orgánica para un óptimo desarrollo, aunque es posible que prosperen en cualquier tipo de suelo. Además puede ser reportado que puede ser moderadamente tolerante a la acidez, desarrollándose en pH que van desde 5.5 hasta 6.8, además puede ser catalogada como medianamente tolerante a la salinidad (Valadéz, 1997).

#### **4.2.4. Fertilización**

La fertilización consiste en compensar las extracciones de elementos minerales que las plantas extraen del suelo para llevar a cabo su desarrollo; además para suplir los nutrimentos ausentes en el suelo. Esto consiste en incrementar la fertilidad natural del suelo para aumentar la producción y la calidad de los productos de las plantas cultivadas (Rojas-Pérez, 2013).

##### **4.2.4.1. Fertilizantes químicos**

Los fertilizantes químicos son productos industriales que expresan el contenido de los nutrimentos específicos, de acuerdo a un tipo determinado de fertilizante, expresando un porcentaje determinado de la cantidad de un nutrimento, siendo éste quien determina la calidad de un fertilizante (Domínguez, 1997; Ávila, 2002).

##### **4.2.4.2. Características de fertilizantes**

Los fertilizantes pueden ser tanto líquidos como sólidos dependiendo de su consistencia. Los sólidos suelen ser en polvo o en gránulos, siendo una característica desfavorable de estos, es que se aterronan durante su almacenaje, dificultando su distribución posterior. Los fertilizantes granulados no se aterronan aunque se hayan almacenado por largos periodos de tiempo, siendo fáciles de aplicar a mano. Mientras que los fertilizantes líquidos requieren equipos especiales para su aplicación. Pero siendo líquidos o sólidos el porcentaje de nutrimentos que contienen es diferente, estos pueden ir desde un solo nutrimento (simples) o compuestos, cuando son un combinado de nutrimentos en el mismo (Ávila, 2002).

##### **4.2.4.3. Fertilizantes nitrogenados**

Los fertilizantes nitrogenados son sustancias nutritivas, cuya composición química contiene nitrógeno en forma asimilable para la planta, por lo que generalmente los cultivos responden a la aplicación, ya que a medida que la dosis de fertilizante crece, también aumenta la producción, sin embargo cuando hay un exceso en la cantidad de nitrógeno aplicado puede generar un incremento en la lixiviación de nitratos (Andreu et al., 2006).

Es necesario que la aplicación de fertilizantes nitrogenados se haga al inicio del crecimiento fisiológico de la planta. La cantidad que se tiene que aplicar al cultivo va a depender de la especie y de las condiciones edafo-climáticas, además del tipo de fertilizante nitrogenado.

### **4.3. El nitrógeno en la planta**

El nitrógeno es un nutrimento muy importante en las plantas, ya que es uno de los 17 elementos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por su participación en un gran número de compuestos orgánicos, como son los aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, clorofila, etc. las formas inorgánicas de nitrógeno que la planta absorbe son el nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). El nitrato es fácilmente transportado por el xilema de las raíces a los órganos de almacenamiento como tallos y hojas, para su posterior asimilación mientras que el amonio es absorbido cuando está incorporado en compuestos orgánicos en las raíces (Marschner, 2011).

#### **4.3.1. Funciones del nitrógeno en la planta**

El nitrógeno es un elemento constituyente de biomoléculas, presente en coenzimas, nucleótidos, amidas, ureidos y en la molécula de la clorofila, siendo un importante componente de aminoácidos y proteínas, por lo que participa en todas las reacciones enzimáticas y en el metabolismo (González y Trejo, 2007). Mientras que también interviene en aspectos fisiológicos como la señalización de procesos celulares y en el equilibrio osmótico (Stitt et al., 2002). Por otra parte se sabe que una baja disponibilidad de nitrógeno en el suelo no pone en riesgo la sobrevivencia de la planta, sin embargo se limita su crecimiento y desarrollo (Van Oijen and Levy, 2004).

### **4.4. Eficiencia de la fertilización nitrogenada**

El principal método utilizado hoy en día para aumentar el rendimiento en los cultivos es la aplicación de nutrimentos minerales como el nitrógeno, debido a que es particularmente soluble, de fácil absorción y asimilación por las plantas, ha sido muy utilizado en fertilizantes comerciales. Además de que fácilmente se puede aplicar cuando las plantas más lo necesitan (Hirel et al., 2011). Pero en los últimos 40 años, la cantidad de

fertilizantes nitrogenados aplicados a cultivos agrícolas ha aumentado 7.4 veces, sin embargo el rendimiento en los cultivos a nivel mundial solo ha aumentado 2.4 veces (Tilman et al., 2002).

Si la eficiencia en el uso del nitrógeno, puede definirse como el rendimiento que se obtiene por unidad de nitrógeno disponible en el suelo o suministrado por un fertilizante inorgánico, lo que significa la eficiencia se ha reducido drásticamente (Hirel et al., 2007). Por lo que el uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados ha ganado recientemente más atención debido a la preocupación por el impacto ambiental causado por uso indiscriminado de los mismos (Stewart, 2007). Entonces mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados es una labor muy valiosa, debido a esto es de suma importancia precisar cómo, cuándo y cuánto se pueden aplicar para mejorar la eficiencia (Stewart, 2007).

#### **4.4.1. Curvas de absorción**

Una de las herramientas utilizadas para mejorar la eficiencia en el uso del nitrógeno son las curvas de absorción de nutrimentos en función de la edad de la planta, que permiten conocer los momentos de máxima absorción de nutrimentos a lo largo de su ciclo de vida, además de la cantidad adecuada para aplicar, lo que permite ajustar un programa de fertilización eficiente que considere la cantidad del nutrimento y la etapa de crecimiento más ideal para la aplicación (Coraspe et al., 2009; Villalobos y Camacho, 2012), que asegure un mayor rendimiento y calidad del producto (Barrantes-Infante y Bertsch, 2012).

#### **4.4.2. Fertilización fraccionada**

Una estrategia para incrementar la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados es suministrar el nitrógeno de acuerdo a las necesidades del cultivo (Verhulst et al., 2015). Esto es posible lograrlo a través de aplicar la dosis de nitrógeno en forma fraccionada en dos o más partes considerando la demanda del nutrimento y el nitrógeno disponible en el suelo (Cueto-Wong et al., 2013). Siendo una práctica que incrementa la eficiencia en el uso del nitrógeno, en comparación con una sola aplicación del nitrógeno al momento de la siembra (Jokela y Randall, 1997) debido probablemente a que una sola aplicación en la siembra presenta mayor

exposición a factores como la lixiviación y volatilización causando pérdidas en la cantidad de nitrógeno aplicado (Cueto-Wong et al., 2013).

#### **4.4.3. Antecedentes de aplicación fraccionada**

Algunos estudios han probado la eficiencia de la aplicación fraccionada de nitrógeno en distintos cultivos. Por ejemplo, se ha encontrado que la aplicación de nitrógeno fraccionada mejora el rendimiento de rastrojo, el número de macollos, el peso del grano y la altura de la planta en el cultivo de arroz (Esmaeilzade-Moridani et al., 2013; Kamruzzaman et al., 2014; Deng et al., 2015). Asimismo, Sitthaphanit (2010) demostró que la aplicación fraccionada de nitrógeno mejora el rendimiento del maíz, aumentando las ganancias económicas. En contraste, Drake et al. (2002) no encontraron diferencias en el rendimiento de manzana al fraccionar la aplicación de nitrógeno. Aunque diversos estudios indican que las dosis y aplicaciones inadecuadas de fertilizantes nitrogenados reducen el rendimiento de diversas hortalizas como el tomate, pepino, melón y calabaza (Erel et al., 2008; Cabello et al., 2009; Stefanelli et al., 2010); no existe algún estudio que haya evaluado la eficiencia de la aplicación fraccionada de nitrógeno en algún cultivo hortícola.

## **5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para lograr altos rendimientos en los sistemas de producción agrícola modernos se requiere la utilización de elevadas cantidades de insumos de origen químico como nitrógeno, fósforo y potasio entre otros (González et al., 2007); lo que ha provocado un deterioro cada vez mayor en la calidad física, química y biológica del suelo (Gaiak, 2007).

Siendo el nitrógeno el nutrimento con mayor impacto sobre el rendimiento en los cultivos hortícolas (Aruani et al., 2008), ha generado que los precios de los fertilizantes nitrogenados se eleven, trayendo así un incremento en los costos de producción (Rodríguez-Dimas et al., 2007), provocando que cada vez sea menos rentable producir con fertilizantes nitrogenados (Longoria, 2000). Además que del nitrógeno mineral aplicado al suelo solo un 40-50% suele ser absorbido y más del 50 % se pierde por lixiviación, provocando contaminación de aguas, causando eutrofización (González et al., 2007; Crewsa y Peoples, 2004). Sumado a esto, los fertilizantes nitrogenados sintéticos han sido identificados como el factor principal de emisiones de gases de efecto invernadero (Snyder et al., 2007).

## **6. JUSTIFICACIÓN**

El sector agrícola no solo necesita maximizar la productividad, sino que debe optimizarla desde un punto de vista productivo, ambiental y de desarrollo para la satisfacción del consumo de alimentos (Pretty, 2008). Por lo que es necesario la diseminación de formas más eficientes y sostenibles de producción agrícola para garantizar seguridad alimentaria (NRC, 2010), ya que la agricultura moderna demanda una gran variedad de insumos de composición química, lo que ha impactado de forma desfavorable sobre el ambiente y la calidad de los alimentos generados (Moreno-Reséndez et al., 2014). Por tanto el mayor reto en la producción agrícola, consiste en elevar la producción de alimentos y a su vez minimizar los impactos negativos sobre la ambiente (Pretty et al., 2011), por esta razón es importante que los nutrimentos se encuentren en suficiente cantidad, de forma apropiada y en la etapa fenológica en que la disponibilidad de nutrimentos es crítica, para que el crecimiento y los rendimientos sean óptimos (Pretty et al., 2011); para garantizar la seguridad alimentaria es necesario elevar la producción de alimentos de calidad, mediante formas eficientes de producción (Chirinos et al., 2006). Por tanto esta investigación pretende generar conocimientos sobre el potencial de la aplicación fraccionada de fertilizantes nitrogenados sobre el crecimiento, floración y rendimiento de calabaza.

## **7. OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **7.1. Objetivo general**

Comparar el efecto de la aplicación fraccionada de nitrógeno en el crecimiento, floración y rendimiento de calabaza para determinar la mejor forma de aplicación

### **7.2. Objetivos específicos**

- Determinar si la aplicación fraccionada de nitrógeno afecta el crecimiento de plantas de calabaza.
- Evaluar el efecto de la aplicación fraccionada sobre la fenología floral y número de flores
- Determinar si la tasa de fructificación, número de frutos y peso de frutos se incrementa con la aplicación fraccionada de nitrógeno.

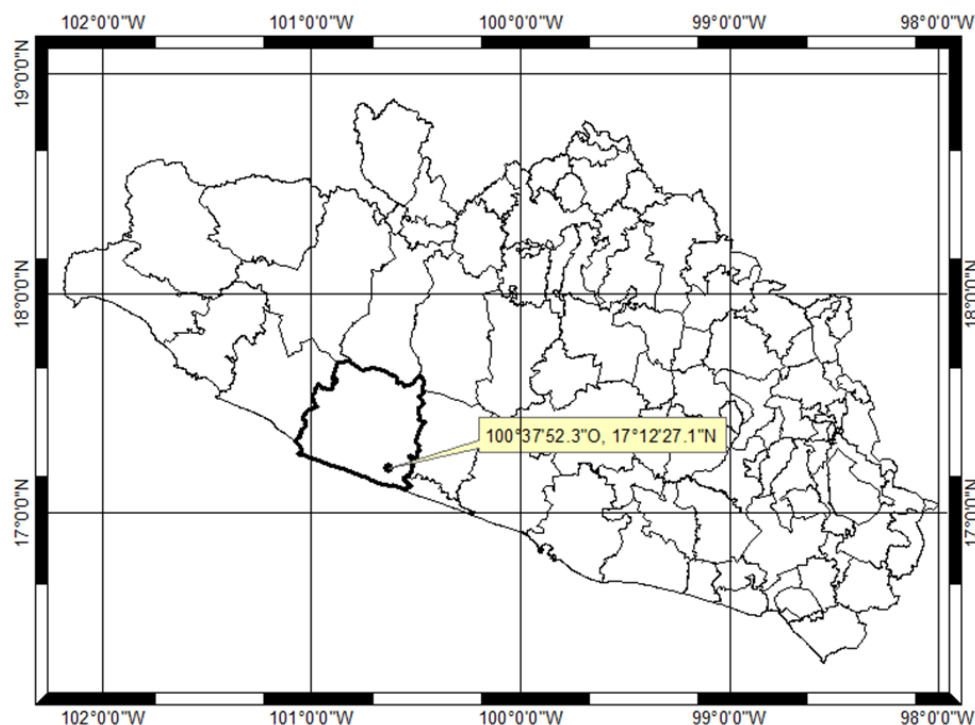
### **7.3. Hipótesis**

- La aplicación fraccionada mejora la absorción de nitrógeno por las plantas, lo que asegura un mejor aprovechamiento del nutrimento y asegura una mejor producción.

## 8. MATERIALES Y MÉTODOS

### 8.1 Área de estudio

La presente investigación se realizó en el campo experimental de la Facultad en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Guerrero (100° 37' 52.3'' O, 17° 12' 27.1'' N) ubicado en el municipio de Tecpan de Galeana, Guerrero, México, a una altitud de 50 msnm. El municipio de Tecpan de Galeana, limita al norte Coyuca Catalán y Ajuchitlán Progreso al este con Atoyac de Álvarez y Benito Juárez, al sur con el Océano Pacífico y al oeste con Petatlán (Olivares-Pérez et al., 2011) (Figura 3).



*Figura 3.- Ubicación geográfica del sitio experimental. Fuente: Geoportal CONABIO 2013.*

El clima es cálido subhúmedo (Aw), con precipitación media anual de 1100 mm y temperatura media anual de 26.6 °C con máximas de 28°C en el verano y mínimas de 14°C en el invierno (CONABIO, 2010).

## 8.2 Especie de estudio

Se utilizaron plantas de calabaza, (*Cucurbita pepo*, L.) (Cucurbitaceae), una variedad criolla de Costa Grande, Guerrero. La calabaza es una planta rastrera, monoica con flores con antesis diurna, las cuales pueden durar abiertas hasta el mediodía (Campbell et al., 2013; Rani et al., 2016). Depende totalmente de la polinización por insectos y es visitada frecuentemente por *Apis mellifera* (Shuler et al., 2005). Para la formación de frutos comercializables es necesario la deposición de gran cantidad de granos de polen en la flor hembra (Rani et al., 2016), de lo contrario se presentarían frutos deformes y pequeños (Hodges y Baxendale, 1991). *Cucurbita pepo* es cultivada alrededor del mundo en climas templados, tropicales y subtropicales (Kathiravan et al., 2006).

## 8.3 Diseño experimental

Para determinar la cantidad óptima de aplicaciones de nitrógeno que requiere la calabacita para obtener un mayor rendimiento, se aplicaron los siguientes tratamientos, 1) nitrógeno en una aplicación (N1): donde se administró 100% del nitrógeno al momento del trasplante; 2) nitrógeno en dos aplicaciones (N2): donde se administró 50% de nitrógeno al momento del trasplante y 50% cuando las plantas presentaban botones florales (15 días después del trasplante); 3) nitrógeno en tres aplicaciones (N3): donde se administró 18% de nitrógeno al momento del trasplante, 38% cuando las plantas presentaban botones florales y 44% al inicio de la fructificación (35 días después del trasplante); y 4) control (SN): donde no se administró nitrógeno. Se utilizó la dosis recomendada por Rodas-Gaitán et al. (2012) de 6.75 gramos de nitrógeno por planta (14.67 gramos de urea - 46% de N), siendo el equivalente a 60 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno. El fertilizante se aplicó a una distancia de 10 cm de la planta para evitar el contacto directo de la urea con la raíz y se cubrió con una capa de suelo para evitar la volatilización (Figura 4). Para determinar los momentos de aplicación adecuados, se consideró la curva de absorción de nitrógeno en plantas de *Cucurbita pepo* (Rodas-Gaitán et al., 2012).



*Figura 4.- Aplicación del fertilizante nitrogenado.*

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones, para obtener un total de 16 unidades experimentales. Cada unidad experimental tenía veinte plantas sembradas a doble hilera y en zigzag. La distancia entre cada unidad experimental fue de 2.5 m, así como de 0.60 m entre hileras y de 0.90 m entre plantas, obteniendo una densidad de siembra de 8,889 plantas por hectárea.

Los semilleros se prepararon el 25 del mes de julio del 2016 en el campo experimental de la Facultad de Desarrollo Sustentable, las semillas de calabacita se colocaron en contenedores de forma cónica con 38 cavidades, el sustrato que se utilizó para germinación fue tierra de monte, colocando dos semillas por cavidad del contenedor. Las semillas germinaron en promedio cinco días después de la siembra (Figura 5).



*Figura 5.- Plántulas de calabaza cinco días después de la germinación*

Los semilleros se regaron una vez al día hasta el momento del trasplante. Una pasada de rastra de 30 cm de profundidad se utilizó para la preparación del suelo. Los surcos se realizaron con un arado manual jalado por un caballo. El trasplante se realizó cuando las plántulas presentaban la segunda hoja verdadera (Figura 6).



*Figura 6.- Trasplante de plantas de calabaza con dos hojas verdaderas*

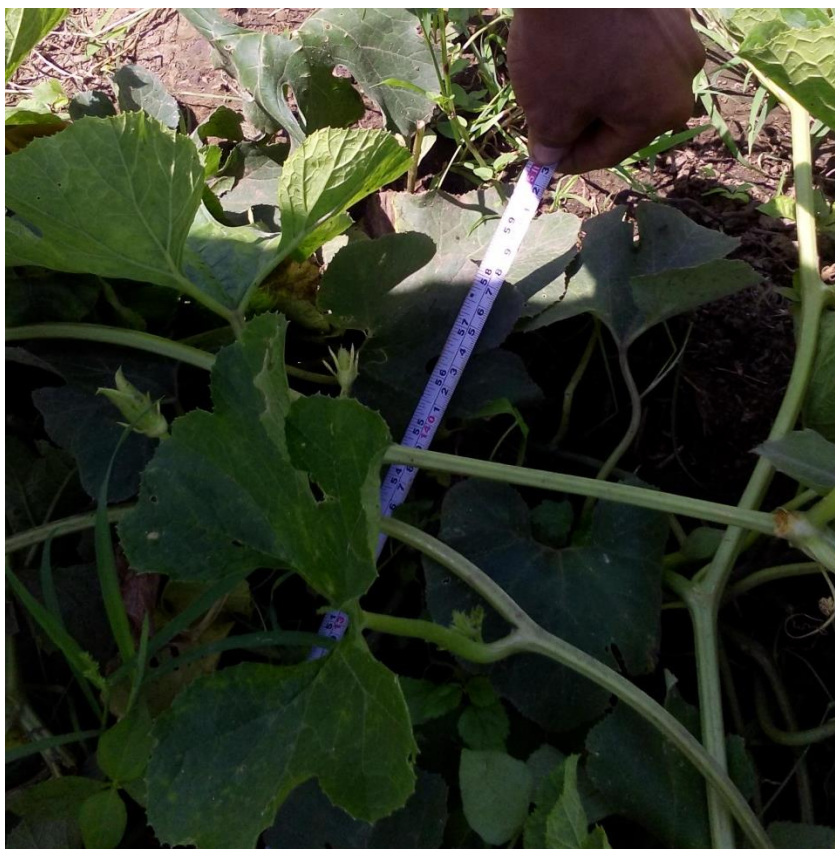
Diez días después del trasplante se realizó el raleo a una sola planta por mata. El control de malezas fue efectuado de forma manual durante todo el ciclo del cultivo (Figura 7). No hubo necesidad de riegos ya que el cultivo se desarrolló en temporada de lluvias. La presencia de plagas se controló con la aplicación de Clorpirifos etil 33.80% + Permetrina 4.80%, con intervalos de aplicación de cuatro días, también se aplicó cada ocho días quintozeno 30% + thiram 30% para prevenir la pudrición radical, las dosis utilizadas fueron las recomendadas por el fabricante.



*Figura 7.- Control manual de malezas*

#### **8.4 Crecimiento vegetativo**

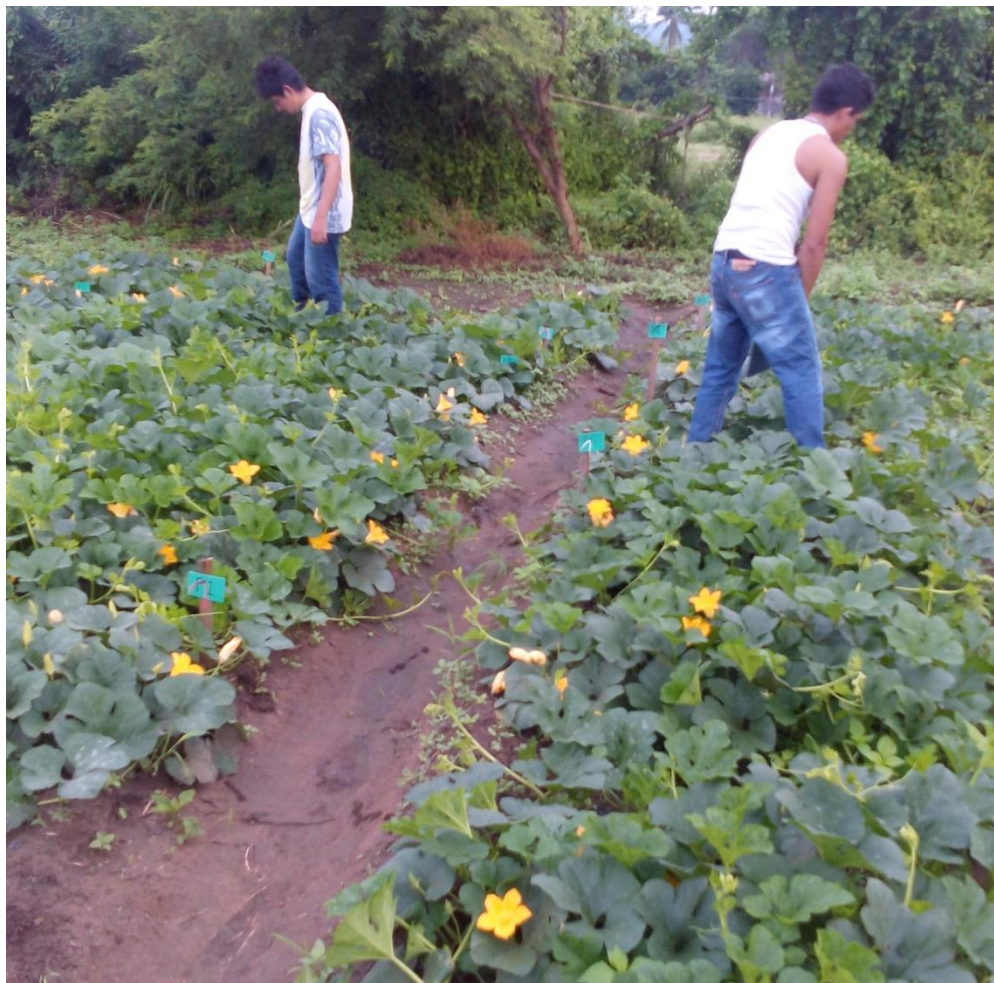
Con el fin de determinar el efecto de la aplicación fraccionada en crecimiento vegetativo de calabaza, se seleccionaron ocho plantas al azar por cada replica de cada tratamiento, a las cuales se midieron los siguientes caracteres: (1) longitud de la guía al primer fruto, esta medición se realizó conforme fueron apareciendo los primeros frutos en cada planta, (2) longitud de la guía principal (Figura 8) y (3) número de guías secundarias, para estas variables la medición se llevó a cabo 15 días después de que se realizó la última aplicación de nitrógeno en el tratamiento N3.



*Figura 8.- Medición de la longitud de la guía principal*

### **8.5 Fenología floral y proporción de sexo en las flores**

Con el propósito de conocer el efecto de la aplicación fraccionada sobre la fenología floral de calabaza, se etiquetaron ocho plantas al azar por repetición en cada tratamiento. En cada planta marcada se registró (1) el número de días que transcurrieron desde el trasplante hasta la aparición de la primera flor femenina y masculina, (2) el número de flores femeninas y masculinas que abrían por día en cada una de las plantas seleccionadas se registró durante todo el periodo de floración (Figura 9) y (3) sincronía entre flores macho y hembra. Además para determinar el efecto de la aplicación fraccionada de nitrógeno en la expresión sexual de las flores se calculó la proporción de flores hembra/macho, producidas durante todo el periodo de floración en las ocho plantas seleccionadas por repetición en cada tratamiento.



*Figura 9.- Cuento y registro del número de flores hembra y flores macho*

### **8.6 Tasa de fructificación y número de frutos por planta**

Para estimar el efecto de la aplicación fraccionada de nitrógeno sobre el rendimiento en calabaza se registraron las siguientes variables: (1) tasa de fructificación, i.e., proporción de flores que desarrollaron frutos; (2) número de frutos producidos por planta; y (3) peso de los frutos. Los frutos fueron cosechados cuando alcanzaron las características requeridas por el mercado local, esto fue cinco días después de que la flor hembra estuviera abierta (Figura 10). El peso de los frutos se registró en campo inmediatamente después de la cosecha con una balanza marca OHAUS, modelo Scout Pro con una precisión de 0.1 gramos.



*Figura 10.- Cosecha y registro del número de frutos por planta*

## 8.7 Análisis estadístico

Para determinar si existían diferencias estadísticas entre los tratamientos con respecto al longitud de la guía principal, longitud de la guía al primer fruto, número de guías secundarias, numero de flores masculinas y número de flores femeninas se realizó un análisis de varianza (ANOVA), sin embargo los datos para estas variables fueron transformados con Logaritmo natural y comparaciones post-hoc con prueba de Tukey. Para los días a la floración femenina y masculina, número de frutos por planta y peso de los frutos se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, debido a que dichas variables no presentaban distribución normal. Para comparar la tasa de fructificación y la proporción de sexos de las flores entre los tratamientos, se utilizó un modelo lineal generalizado con una distribución Poisson y una función log-link. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Statistica, versión 7.0.

Para determinar la sincronía floral entre flores macho y hembra, se comparó la superposición mediante comparaciones por pares de floración masculina y femenina entre los tratamientos,

para esto se calculó el índice de superposición (Pianka, 1973), mediante un análisis de modelo nulo que compara la media del índice de solapamiento con 1000 valores simulados aleatoriamente, los valores simulados fueron generados por muestreo al azar de la intensidad de floración entre las fechas para cada tratamiento, mientras se mantiene la longitud total de la constante de la fecha de floración. Se considera que existe sincronía floral cuando el índice de superposición observado es mayor que 95% de los 1000 valores simulados. Todos los cálculos se realizaron usando el programa EcoSim 700.

## 9. RESULTADOS

### 9.1. Crecimiento vegetativo

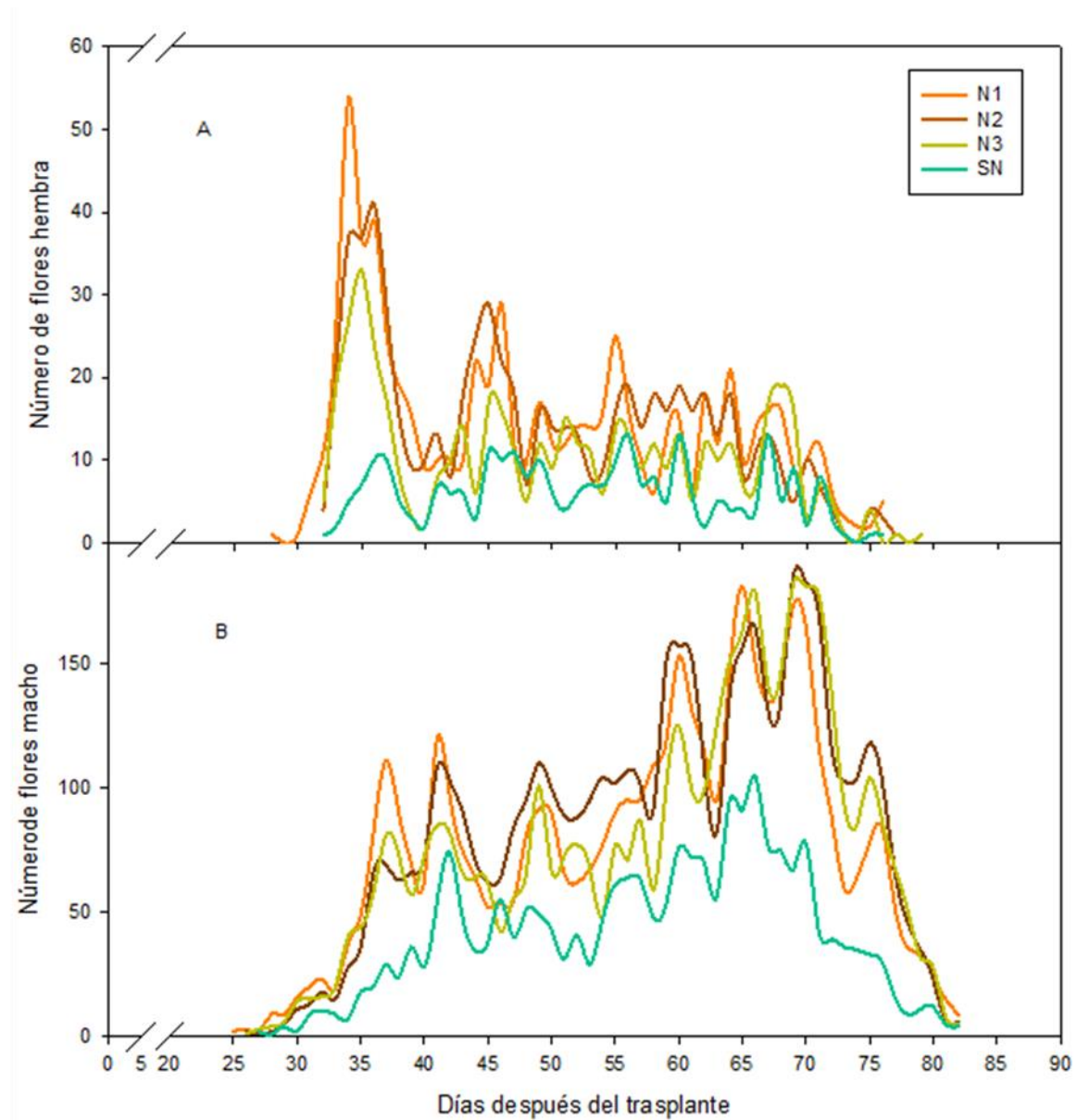
Algunos caracteres vegetativos de la calabaza se vieron afectados por la aplicación de nitrógeno (Tabla 2). No existieron diferencias significativas entre los tratamientos con relación al largo de la guía principal ( $F_{3,124} = 2.24$ ;  $p = 0.08$ ). Con respecto al largo de la guía al primer fruto, solamente el tratamiento N1 difirió estadísticamente con el tratamiento SN ( $F_{3,124} = 3.21$ ;  $p = 0.02$ ), siendo mayor en éste último. La aplicación de nitrógeno incremento la producción de guías secundarias significativamente con relación al tratamiento SN ( $F_{3,124} = 12.56$ ;  $p < 0.001$ ), presentando los tratamientos N1, N2 y N3 mayor número de guías secundarias con respecto al tratamiento SN.

*Tabla 1. Desarrollo vegetativo de Cucurbita pepo bajos los diferentes tratamientos, los datos muestran la media ( $\pm$  error estándar),  $n=32$  para todos los tratamientos, letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ).*

Tratamiento	Largo de la guía principal (cm)	Largo de guía al primer fruto (cm)	Número de guías secundarias
Una aplicación	430.1 ( $\pm 19.66$ ) a	140.0 ( $\pm 6.68$ ) a	9.8 ( $\pm 0.63$ ) a
Dos aplicaciones	450.7 ( $\pm 18.63$ ) a	148.6 ( $\pm 8.52$ ) ab	9.6 ( $\pm 0.72$ ) a
Tres aplicaciones	409.9 ( $\pm 21.39$ ) a	143.4 ( $\pm 6.52$ ) ab	9.0 ( $\pm 0.53$ ) a
Testigo	385.8 ( $\pm 20.93$ ) a	173.1 ( $\pm 9.58$ ) b	6.1 ( $\pm 0.57$ ) b

### 9.2. Fenología floral y número de flores

Se observaron diferencias significativas en el inicio de la floración y número de flores en plantas de calabaza en respuesta a la aplicación de nitrógeno (Figura 11 A, 11 B y Figura 12). Considerando la fenología de flores masculinas, solamente las plantas con los tratamiento N1 y N3 florecieron significativamente antes ( $30.1 \text{ días} \pm \text{SE} = 0.48$  y  $31.3 \text{ d} \pm 0.57$ , respectivamente) que las plantas sin aplicación de nitrógeno ( $36.6 \text{ d} \pm 1.56$ ;  $H_{3,127} = 20.46$ ,  $p < 0.01$ ). Asimismo, el inicio de floración de flores femeninas de plantas adicionadas con nitrógeno fue significativamente anterior ( $32.6 \text{ d} \pm 0.25$ ,  $33.8 \text{ d} \pm 0.23$ , y  $34.0 \text{ d} \pm 0.33$ ; respectivamente para N1, N2 y N3) al de las plantas sin aplicación de nitrógeno ( $41.5 \text{ d} \pm 1.62$ ;  $H_{3,126} = 48.96$ ,  $p < 0.001$  en todas las comparaciones).



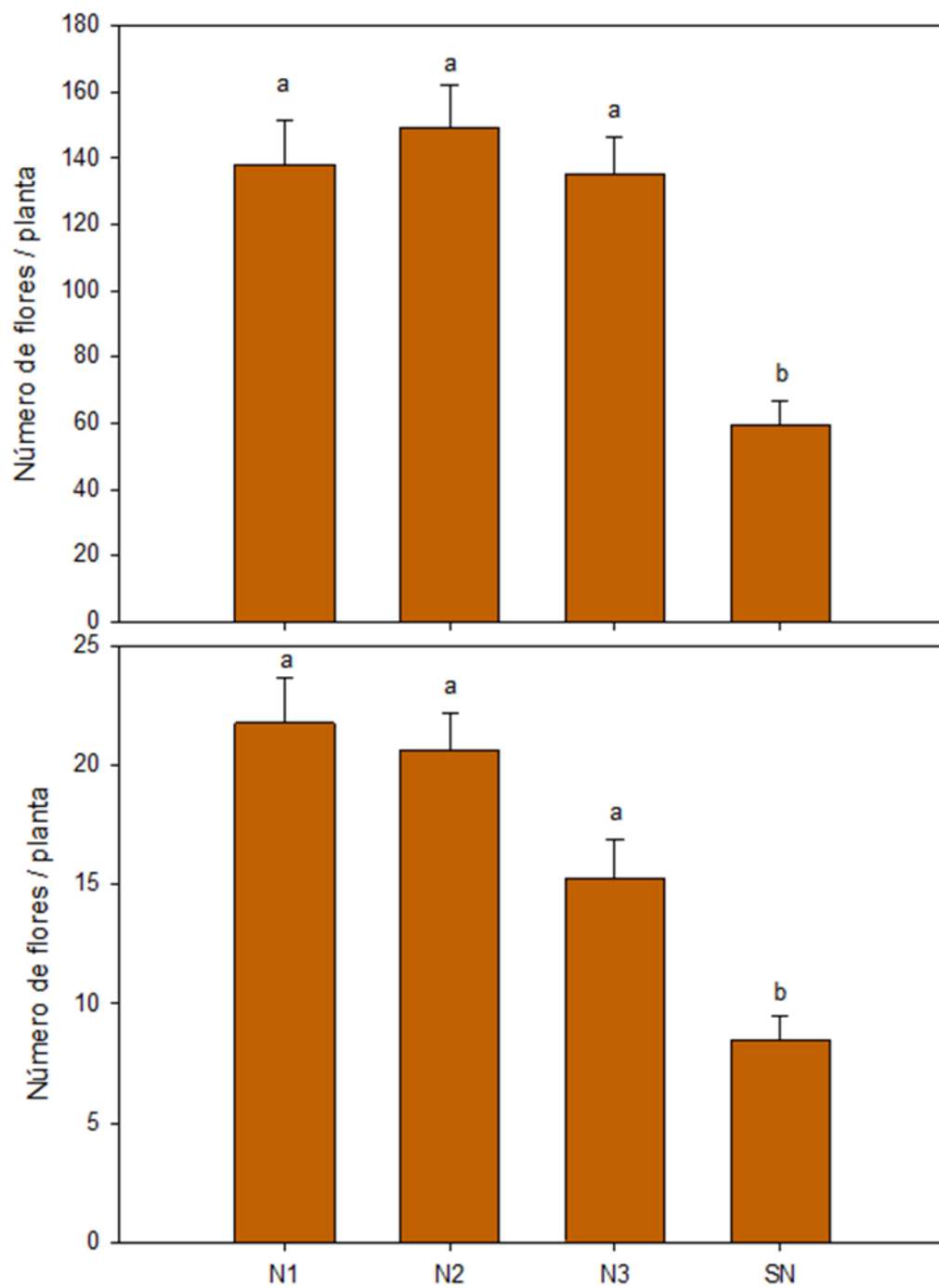
**Figura 11.- Fenología de la floración femenina (A) y masculina (B), muestran el número de flores por planta por día en cada uno de los tratamientos, desde la primera flor que abrió hasta la última.**

Por su parte el índice de traslape de Pianka indicó que la aplicación fraccionada de nitrógeno no afectó la sincronía floral (Tabla 3). Sin embargo las flores masculinas y femeninas se solaparon más frecuentemente en el tratamiento SN (índice de Pianka = 0.823;  $p < 0.001$ ).

**Tabla 2.** Media del número de flores macho y hembra por planta de *Cucurbita pepo*. Entre paréntesis se muestra el error estándar. Se muestran los valores del índice de Pianka y los valores de  $p$  asociados a estos índices.

Tratamiento	Flores macho	Flores hembra	Índice de Pianka	$p$
N1	138.0 ( $\pm 13.47$ )	21.8 ( $\pm 1.92$ )	0.71571	0.046
N2	149.2 ( $\pm 12.84$ )	20.6 ( $\pm 1.60$ )	0.69581	0.123
N3	135.2 ( $\pm 11.22$ )	15.2 ( $\pm 1.64$ )	0.70914	0.044
SN	59.4 ( $\pm 7.23$ )	7.6 ( $\pm 1.03$ )	0.82374	< 0.001

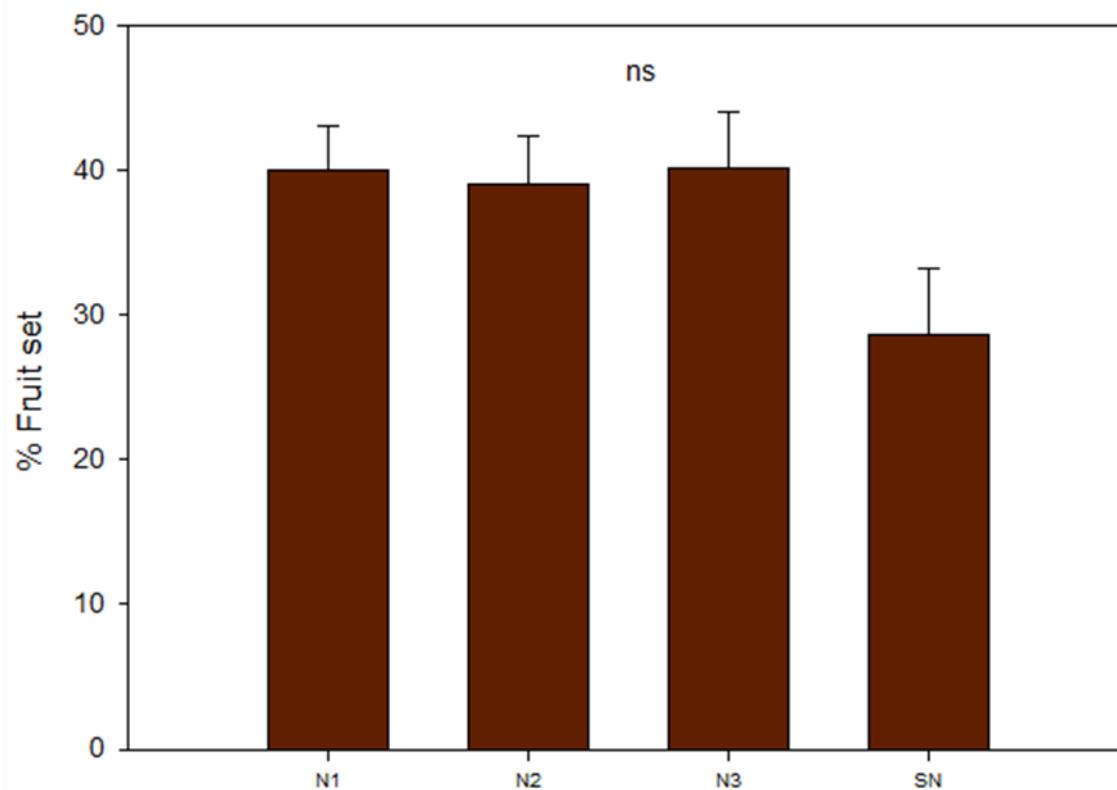
Los tratamientos con aplicación de nitrógeno produjeron significativamente mayor cantidad de flores macho ( $138.0 \pm 13.47$ ,  $149.2 \pm 12.84$ , y  $135.2 \pm 11.22$  para N1, N2 y N3, respectivamente), que las plantas sin aplicación de nitrógeno ( $59.4 \pm 7.23$ ;  $F_{3, 123} = 23.42$ ,  $p < 0.001$  en todas las comparaciones; Figura 2a). Igualmente la mayor cantidad de flores hembras se presentó en los tratamientos con aplicación de nitrógeno ( $21.8 \pm 1.92$ ,  $20.6 \pm 1.60$ , y  $15.2 \pm 1.64$  para N1, N2 y N3, respectivamente) en comparación al tratamiento SN ( $7.6 \pm 1.03$ ;  $F_{3, 123} = 2.24$ ;  $p = 0.001$ , en todas las comparaciones; Figura 2b). La proporción de sexos no se vio afectada por la aplicación fraccionada de nitrógeno en comparación al tratamiento SN (Wald  $X^2 = 0.35$ ,  $p = 0.94$ ).



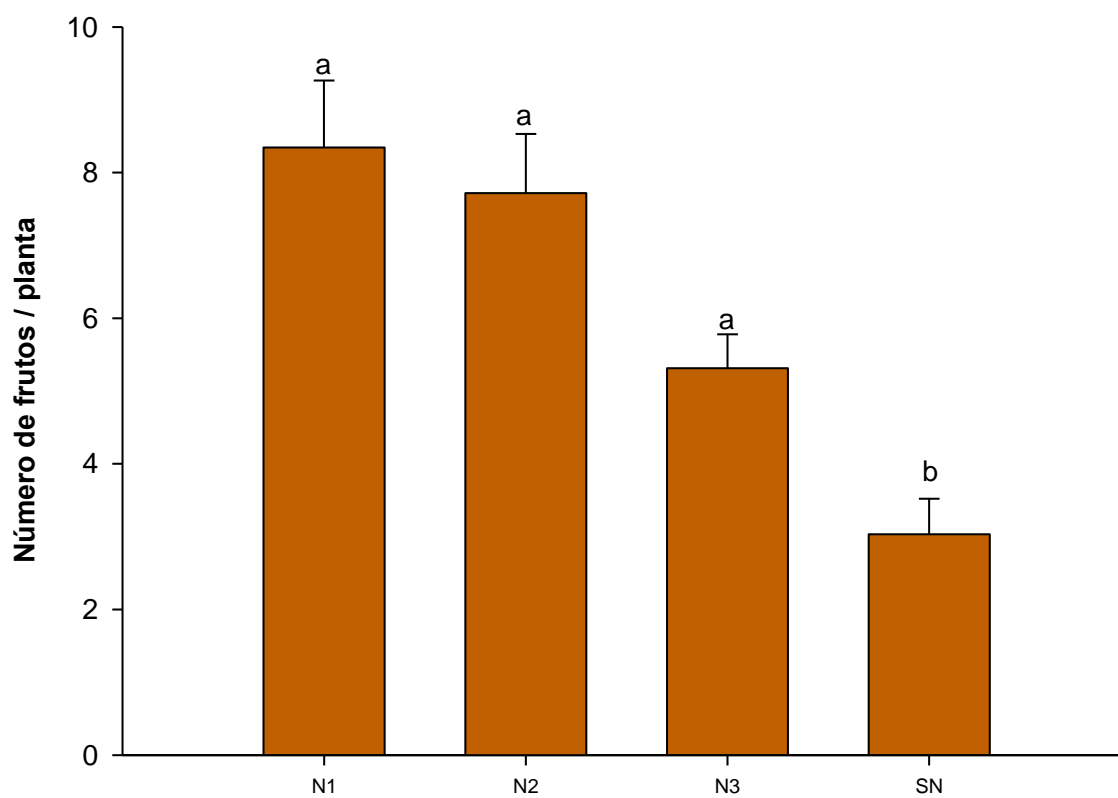
*Figura 12.- Media del número de flores masculinas (A) y femeninas (B) por planta. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Líneas verticales muestran el error estándar.*

### 9.3. Tasa de fructificación y número de frutos por planta

No hubo diferencias significativas en la tasa de fructificación entre los tratamientos (Wald  $X^2 = 6.87$ ,  $p = 0.7$ ; Figura 13). Sin embargo, el número de frutos por planta estuvo influenciado por la aplicación de nitrógeno independientemente del número de aplicaciones, siendo mayor en los tratamientos con N ( $8.3 \pm 0.92$ ,  $7.7 \pm 0.81$  y  $5.3 \pm 0.47$ , para N1, N2 y N3, respectivamente) que en el testigo ( $2.5 \pm 0.49$ ;  $H_{3,126} = 35.77$ ,  $p < 0.001$ ; Figura 14). Por otro lado, la comparación del peso de los frutos entre los distintos tratamientos no presentó diferencias significativas ( $H_{3,119} = 5.40$ ,  $p = 0.14$ ).



*Figura 13.- Media de flores que se convirtieron frutos por tratamiento. Líneas verticales muestran error estándar, ns = no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ).*



**Figura 14.-** Media de número de frutos por planta en cada tratamiento. Letras diferentes muestran diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ). Líneas verticales muestran desviación estándar.

## 10. DISCUSIÓN

El nitrógeno es un nutrimento que estimula la fotosíntesis y, por lo tanto, influye en los procesos involucrados en el crecimiento de las plantas y en la distribución de asimilados hacia los órganos vegetativos (Xia y Wan, 2008; Pôrto et al., 2012; Tafti et al., 2014). La longitud del tallo y ramas son un indicador del crecimiento vegetal de un cultivo en respuesta a la aplicación del nitrógeno (Tafti et al., 2014). En el presente estudio, se encontró que aunque la aplicación fraccionada de nitrógeno no produjo un aumento en la longitud de la guía principal, la longitud de la guía al primer fruto y el número de guías secundarias, estas si fueron afectados significativamente por la aplicación de nitrógeno. De igual manera, algunos estudios reportan un incremento en diversos caracteres vegetativos, incluyendo una longitud mayor de la guía principal en plantas de calabaza (Zarei et al., 2016), un mayor crecimiento en brotes (Wargo et al., 2003), y una mayor altura en plantas de arroz (Rehman et al., 2013). Un mayor número de guías secundarias en calabaza conduce a un mayor índice de área foliar, más absorción de luz, siendo por consiguiente, mayor fotosíntesis y concentración de carbohidratos (Tafti et al., 2014).

En este estudio también se encontró que la aplicación de nitrógeno en la calabaza provocó una floración más temprana de flores hembra y de flores macho, lo cual concuerda por lo encontrado por Ferrante et al. (2012), quienes sugieren que la adición de nitrógeno puede acelerar el desarrollo de los brotes florales, y por tanto el inicio de la floración (Hoover et al., 2012). En contraste, Liu et al. (2017) encontraron que la adición de nitrógeno retrasó la floración en herbáceas. Por otro lado, las plantas sin aplicación de nitrógeno, mostraron menor producción de flores masculinas y femeninas. Algunos estudios muestran que plantas en sitios pobres en nutrimentos invierten sus reservas principalmente en la producción de órganos vegetativos, más que en caracteres reproductivos (Burslem et al., 1996; Poorter y Nagel, 2000). Asimismo, otros autores señalan que las plantas cuando crecen en suelos ricos en nitrógeno asignan más recursos a la floración y reproducción (Tilman y Wedin, 1991; Erel et al., 2008), esto podría explicar la mayor producción de flores de *C. pepo* en las plantas con aplicación de nitrógeno, debido a que el nitrógeno participa en la construcción de carbohidratos, permitiendo mayor acumulación de fotoasimilados y su distribución a órganos vegetativos y reproductivos (Pôrto et al., 2012; Tafti et al., 2014), lo que concuerda con lo

reportado por Swiader et al. (1994) y Orozco-Martínez et al. (2012), quienes encontraron mayor producción de flores de calabaza en plantas sembradas en sustratos adicionados con nitrógeno. Sin embargo, aunque la abundancia de flores de ambos sexos se incrementó con la aplicación de nitrógeno en comparación con plantas sin nitrógeno, hay que señalar que la proporción de sexos fue similar en los tratamientos, pero el número de flores macho superó el de flores hembra por planta en todos los casos (Campbell et al., 2013; Anusree et al., 2015; NeSmith et al., 1994), esto sugiere que puede haber un mayor costo para la planta al producir flores hembras (Campbell et al., 2013). Por otro lado algunos autores señalan que la proporción de sexos se ve afectada por condiciones climáticas, variedad cultivada (NeSmith et al., 1994; Campbell et al., 2013) o por rasgos fisiológicos (Anusree et al., 2015).

Teniendo en cuenta que las plantas monoicas presentan flores de ambos sexos en un mismo individuo, alguna alteración en la sincronía floral puede limitar la tasa de fructificación, sin embargo es un tema poco estudiado (Campbell et al., 2013). Dado que en este estudio la aplicación fraccionada de nitrógeno no tuvo un efecto en la sincronía floral en comparación al tratamiento SN, por lo que se sugiere que puede estar determinada por otros factores abióticos como la temperatura, el fotoperiodo, la disponibilidad de recursos, enriquecimiento de CO<sub>2</sub> y la deposición de nitrógeno (Rathcke y Lacey, 1985; Hoover et al., 2012), aunque no por la humedad (Campbell et al., 2013). Sin embargo el índice de sincronía obtenido en todos los tratamientos, sugiere que hay un solapamiento considerable entre la fenología de flores macho y la de flores hembras (Lobo et al., 2003). Por su parte Winsor et al. (1987) señalan que un mayor solapamiento conduce a una mayor seguridad reproductiva y por tanto una mayor producción de frutos.

El porcentaje de flores que se convirtieron en frutos no fue afectada por la aplicación de nitrógeno, lo cual concuerda por lo reportado por De Grazia et al. (2003) en *Cucurbita maxima* y en *C. moschata*. Sin embargo, se han reportado diferencias muy marcadas en las tasas de fructificación de plantas con aplicación de nitrógeno en guayaba (Kumar et al., 2016) y manzana (Wargo et al., 2003; Milić et al., 2012). Esto sugiere que en *Cucurbita*, la aplicación de nitrógeno no afecta el porcentaje de flores que se convierten en fruto. Por lo tanto, es probable que dependa más de las condiciones climáticas y/o de la polinización que del aporte de nitrógeno (Swiader et al., 1994).

A pesar de que la tasa de fructificación fue similar entre los diferentes tratamientos, se encontró una mayor producción de frutos por planta en los individuos adicionados con nitrógeno. Como se mencionó anteriormente, el nitrógeno participa en la construcción de carbohidratos que después se distribuyen a los órganos reproductivos en este caso los frutos (Tafti et al., 2014), provocando así que el número de frutos por planta se incremente (Queiroga et al., 2007; Ahmed y Hassan, 2012), asociado también a una mejor tasa fotosintética de las plantas (Ibn et al., 2012). Acorde a nuestros resultados Zarei et al. (2016) también obtuvieron mayor número de frutos por planta en los tratamientos adicionados con nitrógeno. Asimismo, Pôrto et al. (2012) reportaron un incremento de 4.3 veces el número de frutos por planta con la aplicación de nitrógeno en comparación al testigo, mientras que Wargo et al. (2003) obtuvieron el mayor número de frutos por árbol de manzana en los tratamientos con aplicación de nitrógeno en comparación al control.

En este estudio el peso de los frutos fue similar entre los tratamientos, sin embargo Wargo et al. (2003) encontraron un peso de frutos similar entre los tratamientos con aplicación de nitrógeno y el testigo al incluir como una co-variable la carga de frutos en arboles de manzana, aunque en este estudio la carga de frutos no se tomó como una co-variable, suponemos que puede estar relacionado, aunque en contraste Pôrto et al. (2012) reportan un incremento de 0.54 veces del peso de frutos de calabaza con una dosis estimada de  $265 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrógeno con respecto al testigo.

## 11. CONCLUSIÓN

En este estudio no se encontró evidencia que sustente la hipótesis de que la aplicación fraccionada de nitrógeno mejore el crecimiento, floración y producción de frutos en el cultivo de calabaza. Sin embargo se demuestra que la aplicación de nitrógeno en *Cucurbita pepo* incrementa significativamente el número de guías secundarias, número de flores masculinas y femeninas, y la cantidad de frutos por planta. No obstante, las plantas adicionadas con nitrógeno en una sola aplicación, mostraron un inicio de floración masculina más temprana y una menor longitud de la guía al primer fruto.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed, H. F. y Hassan, H. M. (2012). Improving of fungal resistance, growth and flowering attributes, marketable characteristics of *Cucurbita pepo* L. fruits by Epibrassinolide. *Egyptian Journal of Biological Pest Control* 22(2): 169.
- Andreu, J., Betrán Aso, J., Delgado Enguita, I., Espada Carbó, J. L., Gil Martínez, M., Gutiérrez López, M., Iguácel Soteras, F., Isla Climente, R., Muñoz Pérez, F. y Orús Pueyo, F. (2006). Fertilización nitrogenada: guía de actualización. (Ed D. d. A. y. A. Gobierno de Aragón).
- Anusree, T., Abhina, C., Lishiba, P., Rasna, T., Varma, S. y Sinu, P. A. (2015). Flower sex expression in cucurbit crops of Kerala: implications for pollination and fruitset. *Current science* 109 (12): 2299-2302.
- Arregui, L. y Quemada, M. (2008). Strategies to improve nitrogen use efficiency in winter cereal crops under rainfed conditions. *Agronomy Journal* 100(2): 277-284.
- Aruani, M. C., Gili, P., y Fernández, L. (2008). Utilización del nitrógeno en diferentes manejos de fertilización en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y su efecto sobre algunas variables biológicas del suelo, Neuquen-Argentina. *Agrosur* 36 (3), 147-157.
- Avila, M., Miguel Angel (2002). Sistema experto para recomendar estrategias de fertilización. (Tesis de Licenciatura): Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Barrantes-Infante, B. L. y Bertsch, F. (2012). Curvas de absorción de nutrimentos para tres variedades de lirios (*lilium* sp.) y afinamiento del programa de fertilización en una finca comercial en Heredia, Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 36(2): 47-60.
- Basurto-Peña, F., Castro-Lara, D., Mera-Ovando, L. y Juárez-Castro, T. (2015). Etnobotánica de las calabazas cultivadas (*Cucurbita spp.*) en valles centrales de Oaxaca, México. *Agroproductividad* 8(1).
- Burslem, D., Grubb, P. y Turner, I. (1996). Responses to simulated drought and elevated nutrient supply among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical forest in Singapore. *Biotropica*: 636-648.
- Cabello, M., Castellanos, M., Romojaro, F., Martinez-Madrid, C. y Ribas, F. (2009). Yield and quality of melon grown under different irrigation and nitrogen rates. *Agricultural water management* 96(5): 866-874.

- Caili, F., Huan, S. y Quanhong, L. (2006). A review on pharmacological activities and utilization technologies of pumpkin. *Plant foods for human nutrition* 61(2): 70-77.
- Campbell, L., Luo, J. y Mercer, K. (2013). Effect of water availability and genetic diversity on flowering phenology, synchrony and reproductive investment in summer squash. *Journal Agricultural Science* 151: 775-786.
- Campillo, R., Jobet, C. y Undurraga, P. (2010). Effects of nitrogen on productivity, grain quality, and optimal nitrogen rates in winter wheat cv. Kumpa-INIA in Andisols of Southern Chile. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70 (1): 122-131.
- Cerón, G., Lourdes (2010). Caracterización de calabazas (*Cucurbita spp.*) mexicanas como fuentes de resistencia al Cucumber mosaic virus (CMV). Tesis Doctoral: Universidad Autónoma Chapingo.
- Cerón, G., Lourdes, Legaria Solano, J. P., Villanueva Verduzco, C. y Sahagún Castellanos, J. (2010). Diversidad genética en cuatro especies mexicanas de calabaza (*Cucurbita spp.*). *Revista fitotecnica mexicana* 33(3): 189-196.
- Chirinos, J., Leal, A., y Montilla, J. (2006). Uso de insumos biológicos como alternativa para la agricultura sostenible en la zona sur del Estado Anzoátegui. *Revista Digital Ceniap Hoy*, (11).
- Ciura, J., Poniedzialek, M., Sekara, A. y Jedrzejczyk, E. (2005). The possibility of using crops as metal phytoremediants. *Polish Journal of Environmental Studies* 14(1): 17-22.
- CONABIO, (2010). Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Coraspe, H. M., Muraoka, T., Franzini, V. I., Piedade, S. M. D. S. y do Prado Granja, N. (2009). Absorción de macronutrientes por plantas de papa (*Solanum tuberosum L.*) en la producción de tubérculo-semilla. *Interciencia* 34(1): 57-63.
- Crews, T.E. y Peoples, M.B. (2004). Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture Ecosystems Environment*. 102(3): 279-297.
- Cueto-Wong, J. A., Reta-Sánchez, D. G., Figueroa-Viramontes, U., Quiroga-Garza, H. M., Ramos-Rodríguez, A. y Peña-Cabriales, J. J. (2013). Recuperación de nitrógeno

aplicado en forma fraccionada en maíz forrajero utilizando 15N. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 5: 11-16.

- De Grazia, J., Tiftonell, P., Perniola, O. S., Caruso, A. y Chiesa, A. (2003). Summer squash (*Cucurbita Maxima* var. Zapallito (Carr.) Millán) earliness and yield as affected by the nitrogen: potassium ratio. *Agricultura Técnica* 63(4): 428-435.
- Delgado, J. A. y Follett, R. F. (2011). Advances in nitrogen management for water quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 66(1): 25A-26A.
- Deng, F., Wang, L., Ren, W.-J., Mei, X.-F. y Li, S.-X. (2015). Optimized nitrogen managements and polyaspartic acid urea improved dry matter production and yield of indica hybrid rice. *Soil and Tillage Research* 145: 1-9.
- Domínguez, V., Alonso (1997). Tratado de fertilización. (Ed M. Mundi-Prensa).
- Domis, M. y Papadopoulos, A. (2002). Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural reviews* 26: 239.
- Drake, S., Raese, J. y Smith, T. (2002). Time of nitrogen application and its influence on golden delicious apple yield and fruit quality. *Journal of plant nutrition* 25(1): 143-157.
- Erel, R., Dag, A., Ben-Gal, A., Schwartz, A. y Yermiyahu, U. (2008). Flowering and fruit set of olive trees in response to nitrogen, phosphorus, and potassium. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 133(5): 639-647.
- Esmailzade-Moridani, M., Alami-Saeid, K. y Eshraghi-Nejad, M. (2013). Study of nitrogen split application on yield and grain quality on native and bred rice varieties. *Scientia* 2(1): 3-10.
- Fallah, S. y Tadayyon, A. (2010). Absorción y eficiencia del nitrógeno en maíz forrajero: efectos del nitrógeno y la densidad de población. *Agrociencia* 44(5): 549-560.
- FAOSTAT (2014). Superficie, producción y rendimiento de calabazas en el mundo. Food and Agriculture Organization. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>
- Ferrante, A., Savin, R. y Slafer, G. A. (2012). Floret development and grain setting differences between modern durum wheats under contrasting nitrogen availability. *Journal of experimental botany*: ers320.

- Gaiak, E. (2007). Fertilizantes de plantas, esterilizantes de suelos. Agricultura y contaminación, Gara, Baigorri Argitaletxea.
- González- Murua, C., J. Estavillo- Aurre, M<sup>a</sup> B. González -Moro y A. González -García. (2007). Fertilización nitrogenada y sostenibilidad: contaminación ambiental frente a producción y calidad. Encuentros Sectoriales Universidad-Empresa. Universidad del País Vasco. pp 01-03.
- González, G. A. y Trejo, T., B (2007). Nutrición de cultivos. In Acceso, absorción y transporte nutrimental. , 160-197 (Ed M. Mundi-Prensa. México DF.).
- Higuti, A. R. O., Salata, A. d. C., Godoy, A. R. y Cardoso, A. I. I. (2010). Produção de mudas de abóbora com diferentes doses de nitrogênio e potássio. *Bragantia* 69 (2): 377-380.
- Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B. y Gallais, A. (2007). The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: towards a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. *Journal of Experimental Botany* 58(9): 2369-2387.
- Hirel, B., Tétu, T., Lea, P. J. y Dubois, F. (2011). Improving nitrogen use efficiency in crops for sustainable agriculture. *Sustainability* 3(9): 1452-1485.
- Hodges, L. y Baxendale, F. (1991). NF91-50 Bee Pollination of Cucurbit Crops. Historical Materials from University of Nebraska-Lincoln Extension: 790.
- Hoover, S. E., Ladley, J. J., Shchepetkina, A. A., Tisch, M., Giese, S. P. y Tylianakis, J. M. (2012). Warming, CO<sub>2</sub>, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism. *Ecology Letters* 15(3): 227-234.
- Jokela, W. E. y Randall, G. W. (1997). Fate of fertilizer nitrogen as affected by time and rate of application on corn. *Soil Science Society of America Journal* 61(6): 1695-1703.
- Kamruzzaman, M., Kayum, M. A., Hasan, M. M., Hasan, M. M. y Da Silva, J. A. T. (2014). Effect of split application of nitrogen fertilizer on yield and yield attributes of transplanted aman rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 38(4): 579-587.
- Kathiravan, K., Vengedesan, G., Singer, S., Steinitz, B., Paris, H. S. y Gaba, V. (2006). Adventitious regeneration in vitro occurs across a wide spectrum of squash (*Cucurbita pepo*) genotypes. *Plant cell, tissue and organ culture* 85(3): 285-295.

- Kumar, P., Tiwari, J. y Kumar, R. (2016). Effect of N, P y K on fruiting, yield and fruit quality in *Guava* cv. Pant Prabhat. *Journal of Horticultural Science* 3(1): 43-47.
- Lira-Saade, R. (1995). Estudios taxonomicos ecogeograficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de importancia economica. Systematic and Ecogeographic on Crop Genepool no. 9. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italia.
- Liu, Y., Miao, R., Chen, A., Miao, Y., Liu, Y. y Wu, X. (2017). Effects of nitrogen addition and mowing on reproductive phenology of three early-flowering forb species in a Tibetan alpine meadow. *Ecological Engineering* 99: 119-125.
- Lobo, J. A., Quesada, M., Stoner, K. E., Fuchs, E. J., Herrerías-Diego, Y., Rojas, J. y Saborío, G. (2003). Factors affecting phenological patterns of bombacaceous trees in seasonal forests in Costa Rica and Mexico. *American Journal of Botany* 90(7): 1054-1063.
- Longoria, G. C. S. (2000). Fertilización orgánica con estiércol bovino en diferentes fechas y dosis de aplicación en maíz blanco hualahuises. Universidad Autónoma de Nuevo León Facultad de Agronomía. Tesis de maestría en ciencias en Producción Agrícola.
- Maller, A., Rezende, R., Lourenço de Freitas, P. S., Takashi Hara, Â. y Monteiro de Oliveira, J. (2015). *Cucurbita pepo* nitrogen fertigation in greenhouse environments. *African Journal of Agricultural Research* 10(43): 4062-4066.
- Marschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press, London.
- McClung, d. T., Emily (2001). Nuevos fechamientos para las plantas domesticadas en el México prehispánico. In *Anales de antropología*, 35: 125-156. Universidad Nacional Autonoma de Mexico, Instituto de Investigaciones Antropologicas.
- Mercado-Ruiz, J. N. y Martínez-Téllez, M. Á. (2010). Características sensoriales de la calabaza zucchini (*Cucurbita Pepo* L.) envasada individualmente y conservada en refrigeración. *Biotecnia* 12(2): 29-39.
- Milić, B., Čabilovski, R., Keserović, Z., Manojlović, M., Magazin, N. y Dorić, M. (2012). Nitrogen fertilization and chemical thinning with 6-benzyladenine affect fruit set and quality of golden delicious apples. *Scientia Horticulturae* 140: 81-86.
- Monares, G., Isidro (2011). Tamaños de partícula y tiempos de aplicación de la harina de pescado (*Plecostomus* spp.) en la producción de calabacita. In Centro Interdisciplinario

- de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (*CIIDIR*), *Michoacan*. Tesis de Maestría: Instituto Politécnico Nacional.
- Moradi, M. E., Banayan, A. M., Rezvani, M. P. y Shabahang, J. (2014). Effects of different amounts of nitrogen and plant density on yield, yield components and seed oil percentage of pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Agroecology* 6(1): 21-30.
- Moreno-Reséndez, A., García-Gutiérrez, L., Cano-Ríos, P., Martínez-Cueto, V., Márquez-Hernández, C., y Rodríguez-Dimas, N. (2014). Desarrollo del cultivo de melón (*Cucumis melo*) con vermicompost bajo condiciones de invernadero. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 1(2): 163-173.
- Morojele, M. y Kilian, W. (2015). Optimization of nitrogen application under irrigated barley production. *European Journal of Agriculture and Forestry Research* 3(5): 8-14.
- Musa, A., Ezenwa, M. I., Oladiran, J. A., Akanya, H. O. y Ogbadoyi, E. O. (2010). Effect of soil nitrogen levels on some micronutrients, antinutrients and toxic substances in *Corchorus olitorius* grown in Minna, Nigeria. *African Journal of Agricultural Research* 5(22): 3075-3081.
- Muthukumar, V., Velayudham, K. y Thavaprakash, N. (2007). Plant growth regulators and split application of nitrogen improves the quality parameters and green cob yield of baby corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agronomy* 6(1): 208.
- National Research Council, (2010). Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century, National Research Council Report. The National Academies Press, Washington, DC.
- NeSmith, D., Hoogenboom, G. y Groff, D. (1994). Staminate and pistillate flower production of summer squash in response to planting date. *HortScience* 29(4): 256-257.
- Olivares-Pérez, J., Rojas-Hernández, S., Valencia-Almazan, M., Gutiérrez-Segura, I. y Míreles-Martínez, E. (2011). Prevalence of resistant strains of *Rhipicephalus microplus* to acaricides in cattle ranch in the tropical region of Tecpan of Galeana, Guerrero, México. *Pakistan Veterinary Journal* 31: 366-368.
- Orozco, V., Galindo, P., Segura, C., Fortis, H., Preciado, R., Yescas, C. y Montemayor, T. (2016). Dynamic growth of squash (*Cucurbita pepo* L.) on a substrate based on

- vermicompost in the greenhouse. *Phyton - International Journal of Experimental Botany* 85: 117-124.
- Orozco-Martínez, R., Del-Val, E., Lindig-Cisneros, R., Paz, H., Quesada, M. y de la Barrera, E. (2012). Evaluation of three organic fertilizers for growing the widely cultivated crop *Cucurbita pepo* L. *African Journal of Agricultural Research* 7(7): 1087-1097.
- Passy, P., Le Gendre, R., Garnier, J., Cugier, P., Callens, J., Paris, F., Billen, G., Riou, P. y Romero, E. (2016). Eutrophication modelling chain for improved management strategies to prevent algal blooms in the Bay of Seine. *Marine Ecology Progress Series* 543: 107-125.
- Pianka, E. R. (1973). The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 4:53-74.
- Poorter, H. y Nagel, O. (2000). The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Functional Plant Biology* 27(12): 1191-1191.
- Pôrto, M. L. A., Puiatti, M., Fontes, P. C. R., Cecon, P. R., Alves, J. y Arruda, J. (2012). Produtividade e acúmulo de nitrato nos frutos de abobrinha em função da adubação nitrogenada. *Bragantia* 71(2): 190-195.
- Pretty, J., (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363: 447-465.
- Queiroga, R., Puiatti, M., Fontes, P. C. R., Cecon, P. R. y Finger, F. L. (2007). Influência de doses de nitrogênio na produtividade e qualidade do melão *Cantalupensis* sob ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 25(4): 550-556.
- Rani, D. D., Yadav, S., Kaushik, H. y Kumar, G. N. (2016). Effect of different modes of pollination on yield parameters of summer squash (*Cucurbita pepo* L.) in India. *Journal of Applied and Natural Science* 8(2): 550-554.
- Rathcke, B. y Lacey, E. P. (1985). Phenological patterns of terrestrial plants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16(1): 179-214.
- Rehman, H. U., Basra, S. M. y Wahid, A. (2013). Optimizing nitrogen-split application time to improve dry matter accumulation and yield in dry direct seeded rice. *International Journal of Agriculture and Biology* 15(1): 41-47.

- Rodas-Gaitán, H. A., Rodríguez-Fuentes, H., Ojeda-Zacarías, M., Vidales-Contreras, J. A. y Luna-Maldonado, A. I. (2012). Curvas de absorción de macronutrientes en calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.). *Revista fitotecnia mexicana* 35(5): 57-60.
- Rodríguez-Dimas, N., Paul-Álvarez, V. de, Moreno-Reséndez, A., Cano-Ríos, P., Favela-Chávez, E., Márquez-Hernández, C., Figueroa-Viramontes, U., Palomo-Gil, A. (2007). Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo serie horticultura* 13(2): 185-192
- Rojas Pérez, H. (2013). Efecto de la fertilización orgánica y sintética en el rendimiento y calidad de fruta de toronja (*Citrus paradisi* macf). In Facultad de Agronomía. Tesis de Maestría: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Santamaria, P. (2006). Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(1): 10-17.
- Sedano-Castro, G., González-Hernández, V., Engleman, E. y Villanueva-Verduzco, C. (2005). Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11(2): 291-297.
- SEMARNAT - Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2002). NOM-021-Semarnat-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial, México, 31 dic. 2002.
- Shrawat, A. K., Carroll, R. T., DePauw, M., Taylor, G. J. y Good, A. G. (2008). Genetic engineering of improved nitrogen use efficiency in rice by the tissue-specific expression of alanine aminotransferase. *Plant biotechnology journal* 6(7): 722-732.
- Shuler, R. E., T'ai, H. R. y Farris, G. E. (2005). Farming practices influence wild pollinator populations on squash and pumpkin. *Journal of Economic Entomology* 98(3): 790-795.
- Sitthaphanit, S., Limpinuntana, V., Toomsan, B., Panchaban, S. y Bell, R. W. (2010). Growth and yield responses in maize to split and delayed fertilizer applications on sandy soils under high rainfall regimes. *Kasetsart Journal (Natural Science)* 44: 991-1003.
- Snyder, C.S., Bruulsema, T.W. y Jensen, T.L. (2007). Greenhouse gas emissions from cropping systems and the influence of fertilizer management -A Literature Review, *International Plant Nutrition Institute*, Norcross, Georgia, E.U.

- Srbinoska, M., Hrabovski, N., Rafajlovska, V. y Sinadinović-Fišer, S. (2012). Characterization of the seed and seed extracts of the pumpkins *Cucurbita maxima* D. and *Cucurbita pepo* L. from Macedonia. *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering* 31(1): 65-78.
- Stefanelli, D., Goodwin, I. y Jones, R. (2010). Minimal nitrogen and water use in horticulture: Effects on quality and content of selected nutrients. *Food Research International* 43(7): 1833-1843.
- Stewart, W. (2007). Consideraciones en el uso eficiente de nutrientes. *Informaciones Agronómicas* 67: 1-7.
- Swiader, J. M., Sipp, S. K. y Brown, R. E. (1994). Pumpkin growth, flowering, and fruiting response to nitrogen and potassium sprinkler fertigation in sandy soil. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(3): 414-419.
- Tafti, A. R. D., Alahdadi, I., Nadjafi, F., Kianmehr, M. H., Bagheri, M., Akbari, G. A. y Sharifi-Rad, J. (2014). Evaluation of different amounts of pelleted manure with urea and micro elements on yield and seed quality of medicinal plant, pumpkin (*Cucurbita pepo* Var. *styriaca*). *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2(10): 2663-2677.
- Taylor, M. y Brant, J. (2002). Trends in world cucurbit production, 1991 to 2001. In *Cucurbitaceae*, Vol. 2002, 373-279: ASHS Press Alexandria, VA.
- Tilman, D. y Wedin, D. (1991). Plant traits and resource reduction for five grasses growing on a nitrogen gradient. *Ecology* 72(2): 685-700.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R. y Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418(6898): 671-677.
- Torres, A. G., Viramontes, U. F., Rangel, P. P., Hernández, G. N., Ortega, J. G. L. y Grijalva, O. A. (2016). Uso eficiente y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero en suelos diferentes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(2): 301-309.
- Valadéz, L. A. (1997). Producción de Hortalizas. Ed. Limusa SA de CV Grupo Noriega Editores. 6ª. Reimpresión. México: 425.
- Verhulst, N., Francois, I., Grahmann, K., Cox, R. y Govaerts, B. (2015). Eficiencia del uso de nitrógeno y optimización de la fertilización nitrogenada en la agricultura de conservación. *CIMMYT. MasAgro. México, DF*. 12 p.

- Villalobos, E. V. V. y Camacho, R. E. S. (2012). Curvas de absorción de nutrientes bajo dos métodos de fertilización en sandía, en Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes* 13(26).
- Villanueva, V. C. (2007). Calabazas cultivadas: identificación de especies, caracterización y descripción varietal. *Chapingo, Méx.* 123 p.
- Wargo, J. M., Merwin, I. A. y Watkins, C. B. (2003). Fruit size, yield, and market value of GoldRush'Apple are affected by amount, timing and method of nitrogen fertilization. *HortTechnology* 13(1): 153-161.
- Winsor, J., Davis, L. y Stephenson, A. (1987). The relationship between pollen load and fruit maturation and the effect of pollen load on offspring vigor in *Cucurbita pepo*. *The American Naturalist* 129(5): 643-656.
- Xia, J. y Wan, S. (2008). Global response patterns of terrestrial plant species to nitrogen addition. *New Phytologist* 179(2): 428-439.
- Xu, G., Fan, X. y Miller, A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual review of plant biology* 63: 153-182.
- Zarei, D., Shabani, G., Chaichi, R. M. y Akbarabadi, A. (2016). Effects of head pruning and different nutritional systems (chemical, biological and integrated) on seed yield and oil content in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *Journal of Agricultural Sciences* 61(1): 103-112.