



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

RESPUESTA DE *Physalis peruviana* L. CON DIFERENTE ORIGEN: REBROTE Y SEMILLA A DIFERENTES FORMAS DE NITRÓGENO

ANTÚNEZ OCAMPO OSCAR MARTÍN

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

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO

2013

La presente tesis titulada: **RESPUESTA DE *Physalis peruviana* L. CON DIFERENTE ORIGEN: REBROTE Y SEMILLA A DIFERENTES FORMAS DE NITRÓGENO**, realizada por el alumno: **Oscar Martín Antúnez Ocampo**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA**

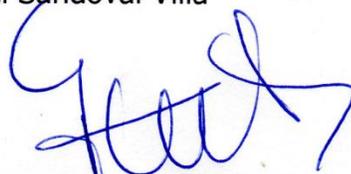
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO



Dr. Manuel Sandoval Villa

ASESOR



Dr. Gabriel Alcántar González

ASESOR



M.C. Martín Solís Martínez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2013

RESPUESTA DE *Physalis peruviana* L. CON DIFERENTE ORIGEN: REBROTE Y SEMILLA A DIFERENTES FORMAS DE NITRÓGENO

Oscar Martín Antúnez Ocampo, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

Con el objetivo de evaluar la respuesta morfológica, rendimiento y calidad de fruto de *Physalis peruviana* L., derivadas de semilla y rebrote a la aplicación simultánea de NO_3^- y NH_4^+ se llevó a cabo un estudio en invernadero del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, estado de México. Se utilizaron plantas propagadas por rebrote de plantas de 2 años de edad y por otra parte se utilizaron plantas nuevas obtenidas de semilla. Los tratamientos consistieron de 3 relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%): 100:0, 75:25 y 50:50, las cuales se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Las plantas de rebrote se clasificaron por vigor: alto, medio y bajo. La unidad experimental consistió en una planta colocada en una bolsa negra de polietileno de 19 L con sustrato (tezontle) e irrigadas por goteo. Como variables respuesta, en ambos casos, se cuantificó el crecimiento y desarrollo de la planta (altura, diámetro de tallo, lecturas SPAD, número de frutos, flores y botones florales por planta), el rendimiento de frutos por planta (número de frutos cosechados, peso de frutos con y sin cáliz) y calidad de frutos (concentración de sólidos solubles totales y vida de anaquel). Los resultados indican que en plantas de rebrote la relación nitrato/amonio tuvo un efecto significativo ($\alpha = 0.05$) sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y sobre el número de frutos cosechados, excepto en el diámetro de tallo, peso con y sin cáliz y calidad de frutos. La altura de planta fue mayor con la adición de 25 y 50% de NH_4^+ . Las lecturas SPAD, el número de frutos, flores y botones florales por planta se incrementaron con la aplicación de 50% de NH_4^+ en la solución nutritiva. El mayor número de frutos cosechados se tuvo con una proporción creciente de NH_4^+ en la solución. Mientras que, el vigor tuvo efecto significativo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y rendimiento de frutos, excepto sobre el peso de frutos con cáliz y la calidad de estos. La altura de planta, diámetro de tallo, lecturas SPAD, número de frutos, flores y botones florales por planta, el número de frutos cosechados y peso de frutos sin cáliz cosechados fueron mayores en plantas con vigor alto y medio. En plantas con origen de semilla la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ tuvo efecto significativo sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, el rendimiento y calidad de frutos, excepto sobre las lecturas SPAD. La altura de planta y diámetro de tallo se incrementó con la adición de 25% de NH_4^+ a la solución nutritiva, mientras que el número de frutos, flores y botones florales por planta fue mayor con una proporción creciente de NH_4^+ en la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. El número de frutos cosechados y peso con y sin cáliz se incrementó con el suministro de 50 y 25% de NH_4^+ . La concentración de sólidos solubles totales ($^\circ\text{Brix}$) y vida de anaquel de frutos fue mayor con fertilización con base en NO_3^- exclusivo y con la incorporación en 50% de NH_4^+ en la solución nutritiva.

Palabras claves: vigor; relación nitrato/amonio; amonio; rendimiento; calidad.

RESPONSE OF *Physalis peruviana* L. WITH ORIGIN OF REGROWTH AND SEED TO NITRATE AND AMMONIUM

Oscar Martín Antúnez Ocampo, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2013

With the objective of evaluating the morphological response, yield and quality of fruit of *Physalis peruviana* L. derived from seed and regrowth to simultaneous application of NO_3^- and NH_4^+ was conducted a study in the greenhouse of the Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, State of Mexico. Plants utilized derived by regrowth of plants with an age of 2 years and on the other hand new plants from seed. Treatments consisted of 3 relationships $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%): 100:0, 75:25 and 50:50, which were distributed in a randomized experimental design. Sprouting plants were classified by vigor: high, medium and low. The experimental unit consisted of a plant placed in a black polythene bag of 19 L with substrate (red porous volcanic rock) and irrigated by drip. As variable response, in both cases, we quantified the growth and development of the plant (height, diameter of stem, SPAD readings, number of fruits, flowers, and buds per plant), fruit yield per plant (number of harvested fruits, weight of fruits with or without calyx) and quality of fruits (total soluble solids concentration and shelf life). The results indicate that nitrate/ammonium relationship had a significant effect in plants of regrowth ($\alpha = 0.05$) on the growth and development of the plant and the number of harvested fruits, except on stem diameter, weight with or without calyx and fruit quality. Plant height was increased with the addition of 25 and 50% of NH_4^+ . SPAD readings, the number of fruits, flowers, and floral buds per plant increased with the application of the 50% of NH_4^+ in the nutrient solution. The largest number of harvested fruits was with an increasing proportion of NH_4^+ in the solution. While the force had significant effect on the growth and development of the plant and fruit yield, except about the weight of fruits with calyx and the quality of these. Plant height, stem diameter, SPAD readings, number of fruits, flowers, and floral buds per plant, the number of harvested fruits and fruit without calyx weight harvested were higher in plants with high and medium vigor. On plants from seed the relationship $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ had a significant effect on the growth and development of the plant, yield and quality of fruits, except on the SPAD readings. The plant height and stem diameter was increased with the addition of 25% of NH_4^+ to the nutrient solution, while the number of fruits, flowers, and floral buds per plant increased with an increasing proportion of NH_4^+ in the of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ relationship. The number of harvested fruits with and without calyx and fruit weight increased with the provision of 50 and 25% of NH_4^+ . The concentration of total soluble solids ($^\circ\text{Brix}$) and shelf life of fruits was greater with fertilization based on NO_3^- exclusive and incorporating in 50% of NH_4^+ in the nutrient solution.

Keys words: vigor; relation nitrate/ammonium; ammonium; yield; quality.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por financiar mis estudios por medio de la beca otorgada durante mi formación académica como Maestro en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados y al programa de Edafología, por brindarme la oportunidad de continuar con mis estudios de postgrado y ofrecerme las facilidades para el desarrollo y conclusión del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Manuel Sandoval Villa, por brindarme su confianza, amistad, sus consejos y por el apoyo continuo durante mi estancia en esta institución y el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Gabriel Alcántar González, por la confianza, su apoyo y acertadas observaciones durante el desarrollo de esta investigación.

Al M.C. Martín Solís Martínez, por su valiosa cooperación, apoyo y disponibilidad brindada en este proyecto.

A la Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza, por su apoyo durante el desarrollo del proyecto de investigación.

A mis amigos y trabajadores del CP: Juan Elías, Armando, Dulce, Eduardo, David, Sr. Juan Carlos, Sra. Laura por su apoyo brindado para concluir con esta meta.

DEDICATORIA

A mis padres:

Silvia Ocampo Soriano y Naú Antúnez Delgado

Por su incondicional apoyo, sus consejos, sus valores, su amor y por la motivación constante que me ha permitido alcanzar mis metas.

A mis hermanos, tíos y primos:

José, Alfredo, Arminda, Blanca, Pedro, Patricia, Yadira, Pedro y Jorge

Por estar conmigo y apoyarme siempre.

A mis Abuelas:

María Soriano García y Benita Delgado Bastian

Por la confianza, consejos y amor brindado en toda mi vida.

A mis sobrinas y sobrino:

Isabel, Carolina, Claudia Silvana y Steven

Para que veas en mí un ejemplo a seguir.

A mi novia:

Antonia Gómez Enríquez

Quien me brindó su amor, cariño, su apoyo constante, comprensión y paciente espera.

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades del Cultivo de Uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.).....	3
2.2 Origen y Distribución.....	4
2.3 Clasificación Taxonómica de la Uchuva.....	4
2.4 Morfología de la Uchuva	5
2.4.1 Planta.....	5
2.4.2 Hojas.....	6
2.4.3 Flores.....	6
2.4.4 Fruto	8
2.4.5 Semilla	9
2.5 Ecotipos de Uchuva	10
2.6 Concentración de Nitrógeno	12
2.6.1 Efectos de las formas de nitrógeno en las plantas.....	13
2.7 Conclusiones de Revisión de Literatura	22
III. OBJETIVOS	23
3.1 Objetivo General	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
IV. HIPÓTESIS.....	24
4.1 Hipótesis General.....	24
4.2 Hipótesis Específicas	24
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1 Localización	25
5.2 Material Vegetal	25
5.3 Diseño de Tratamientos	26
5.4 Establecimiento del Experimento	27
5.5 Solución Nutritiva	29

5.6 Variables de Respuesta	29
5.6.1 Morfológicas	30
5.6.2 Rendimiento.....	31
5.6.3 Calidad de fruto.....	32
5.7 Modelo y Análisis Estadístico.....	32
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
6.1 Morfología de Plantas de Rebrote.....	34
6.1.1 Altura de la planta	34
6.1.2 Diámetro de tallo.....	36
6.1.3 Lecturas SPAD	39
6.1.4 Número de frutos, flores y botones florales	41
6.1.5 Rendimiento.....	48
6.1.6 Calidad de Frutos.....	54
6.2 Morfología de Plantas de Semilla.....	58
6.2.1 Altura de la planta	58
6.2.2 Diámetro de tallo.....	59
6.2.3 Lecturas SPAD	59
6.2.4 Número de frutos, flores y botones florales	60
6.2.5 Rendimiento.....	65
6.2.6 Calidad de frutos.....	69
VII. DISCUSIÓN GENERAL	73
VIII. CONCLUSIONES	81
IX. LITERATURA CITADA.....	82
X. APÉNDICE.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Página

Figura 1. Planta de uchuva en etapa de fructificación (a) y frutos de uchuva maduros (b).....	3
Figura 2. Morfología de la planta de uchuva: a) planta completa con raíz, b) tallo y c) raíz.	6
Figura 3. Hojas (a), botones florales (b) y flor de la planta de uchuva (c).	7
Figura 4. Frutos inmaduros (a) y frutos maduros (b).	8
Figura 5. Fruto maduro con semillas (a) y semillas (b).....	10
Figura 6. Plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote: a) plantas madres, b) plantas sin podar, c) planta podada y d) crecimiento del brote seleccionado.	25
Figura 7. Plántulas y plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla: a) siembra, b) emergencia, c) crecimiento de plántulas y d) planta ya establecida en bolsa negra de polietileno.	26
Figura 8. Distribución de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%) en estudio en plantas con origen de rebrote en invernadero en un diseño completamente al azar.....	27
Figura 9. Distribución de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%) en estudio en plantas con origen de semilla en invernadero en un diseño completamente al azar.....	27
Figura 10. Establecimiento de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote.....	28
Figura 11. Tutorado de las plantas de uchuva con origen de rebrote.	28
Figura 12. Variables del crecimiento: altura de plantas (a), diámetro de tallo (b) y lecturas SPAD (c).....	30
Figura 13. Variables del crecimiento: número de frutos (a), número de flores (b) y número de botones florales (c).....	31
Figura 14. Variables del rendimiento: número de frutos cosechados por planta (a), peso de frutos con cáliz por planta (b) y peso de frutos sin cáliz por planta (c).	31
Figura 15. Variables de la calidad de frutos: a) concentración de sólidos solubles totales (°Brix), b) frutos maduros recién cosechados y c) vida de anaquel.....	32
Figura 16. Efecto del vigor del brote sobre la altura de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	35

Figura 17. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la altura de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	36
Figura 18. Efecto del vigor sobre el diámetro de tallo en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	38
Figura 19. Efecto del vigor sobre las lecturas SPAD tomadas en hojas de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	40
Figura 20. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre las lecturas SPAD tomadas en hojas de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	40
Figura 21. Efecto del vigor sobre el número de frutos por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	42
Figura 22. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	43
Figura 23. Efecto del vigor sobre el número de flores por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	44
Figura 24. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de flores por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	46
Figura 25. Efecto del vigor sobre el número de botones florales por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	47
Figura 26. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de botones florales por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	48
Figura 27. Efecto del vigor sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	50
Figura 28. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	51

Figura 29. Efecto del vigor sobre el peso de frutos sin cáliz (g) por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	53
Figura 30. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	61
Figura 31. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de flores por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	63
Figura 32. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de botones florales por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	64
Figura 33. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$)	66
Figura 34. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el peso de frutos con cáliz por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	67
Figura 35. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el peso de frutos sin cáliz (g) por planta de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	68
Figura 36. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre sólidos solubles totales ($^{\circ}\text{Brix}$) en frutos de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$)..	70
Figura 37. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la vida de anaquel de frutos de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).	72
Figura 38. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la altura final de plantas (cm) con origen de rebrote y con origen de semilla.	73
Figura 39. Efecto de la relación sobre el diámetro final del tallo en plantas con origen de rebrote y con origen de semilla.	74

ÍNDICE DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Contenido nutrimental en 100 g de pulpa fresca de uchuva (Flores <i>et al.</i> , 2000; Fischer 2000a).	9
Cuadro 2. Tratamientos generados de la combinación de vigor y relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en plantas de uchuva con origen de rebrote.	26
Cuadro 3. Cantidad de fertilizante (mg L^{-1}) para preparar las soluciones nutritivas para los tratamientos con $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, a evaluar en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote y semilla.	29
Cuadro 4. Significancia estadística en la altura de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote por la aplicación de nitrato y amonio.	34
Cuadro 5. Significancia estadística sobre el diámetro de tallo en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote por la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	37
Cuadro 6. Significancia estadística en lecturas SPAD en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote con la aplicación de amonio y nitrato.	39
Cuadro 7. Significancia estadística en número de frutos en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	41
Cuadro 8. Significancia estadística en número de flores y botones florales en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	43
Cuadro 9. Significancia estadística en el rendimiento de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	49
Cuadro 10. Significancia estadística en la calidad de frutos en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	55
Cuadro 11. Significancia estadística en el número de frutos en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	61
Cuadro 12. Significancia estadística en el número de flores y botones florales en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	62

Cuadro 13. Significancia estadística en el rendimiento de fruto de plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.	65
Cuadro 14. Significancia estadística sobre sólidos solubles y vida de anaquel de frutos en plantas de uchuva (<i>Physalis peruviana</i> L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.....	69

I. INTRODUCCIÓN

La planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) crece como planta silvestre en las zonas tropicales altas de América, pertenece a la familia de las Solanáceas, de hábito indeterminado. El centro de origen y diversificación se ubica en los Andes Suramericanos, principalmente en Colombia, Perú y Ecuador. Posteriormente se introdujo al África e India, existen hoy más de 80 ecotipos en el mundo.

El incremento en el consumo del fruto fresco de uchuva se debe, en gran parte, a su alto valor nutricional y porque es considerada fruta medicinal al reconstruir y fortificar el nervio óptico, eliminar la albúmina de los riñones, ayudar a la purificación de la sangre, y ser eficaz en el tratamiento de infecciones de garganta y tener un efecto adelgazante. Actualmente, la diversificación y promoción de frutas no tradicionales como la uchuva, ha constituido un incentivo importante para el productor andino, lo que se refleja no solo en un aumento gradual del área cultivada en países andinos y africanos, sino que ha pasado de ser una planta silvestre a constituirse en monocultivo con un manejo agronómico importante.

En la fertilización de cultivos, de los 17 nutrimentos reconocidos como esenciales para las plantas, el nitrógeno (N) es el que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento y desarrollo (Zandstra y Liptay, 1999), al promover la producción de ramas, hojas y frutos. Es absorbido principalmente como nitrato (NO_3^-) y en menor medida en forma de amonio (NH_4^+), las plantas deficientes en nitrógeno presentan un menor crecimiento y rendimiento. Es conocido que muchas especies de plantas tienen la capacidad absorber el nitrógeno en forma de NO_3^- o NH_4^+ , es por esto que en la hidroponía se puede emplear uno u otro en las soluciones nutritivas.

Se ha probado que una combinación de NO_3^- y NH_4^+ incrementa el crecimiento de las plantas, pero solo bajo ciertas circunstancias y este efecto benéfico varía entre cultivos. La relación correcta entre NO_3^- y NH_4^+ depende de la temperatura ambiental, etapa de crecimiento, el pH en la zona de raíces y propiedades del suelo. Estos factores son de gran importancia al elaborar una solución nutritiva, ya que un inadecuado suministro de

la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ tiene efectos negativos en el desarrollo de las plantas (Lara, 1999).

La mayoría de los trabajos que se han realizado sobre formas de N suministradas al sistema radicular, con diversas combinaciones en la proporción y concentración de NO_3^- y NH_4^+ en la solución nutritiva, han sido específicamente en cultivos de jitomate, tomate, chile y especies aromáticas. En México, no existen zonas productoras de *Physalis peruviana* L., ni información sobre la fertilización con NO_3^- y NH_4^+ , y su efecto sobre el rendimiento..

Considerando lo antes mencionado, en la presente investigación se busca conocer el efecto de la aplicación de diferentes formas de N sobre el crecimiento y desarrollo de la planta de uchuva y en la calidad de frutos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del Cultivo de Uchuva (*Physalis peruviana* L.)

La uchuva es una planta perenne, de hábito indeterminado, herbácea, arbustiva y ramificada, con raíz fibrosa, con un tallo quebradizo de color verde, con hojas enteras en forma de corazón con una disposición alterna, toda la planta está cubierta por tricomas, sin tutorado llega alcanzar una altura de 1 a 1.5 m, pero con poda y espaldera llega alcanzar alturas de hasta 2.0 m (Figura 1). Las flores son hermafroditas de color amarillo claro con una mancha morada en la base de los 5 pétalos, éstas crecen en las axilas de las hojas (Fischer y Almanza, 1993a; Fischer, 2000).

El fruto es una baya jugosa y carnosa formada por carpelos soldados entre sí. Este se encuentra envuelto en un cáliz globoso (Figura 1), formado por cinco sépalos que le protege contra insectos, pájaros, patógenos y condiciones climáticas extremas (Fischer y Almanza, 1993). El diámetro del fruto varía de 1 a 2.5 cm, su pulpa jugosa presenta un sabor agridulce y se consume en fresco o en preparados como mermeladas, dulces, almibares, pasas, vinos, confites y yogures; es apreciada por un contenido en vitaminas A y C (Fabara, 1996; Fischer, 2000).



Figura 1. Planta de uchuva en etapa de fructificación (a) y frutos de uchuva maduros (b).

2.2 Origen y Distribución

El nombre genérico “*Physalis*” proviene del vocablo griego que significa vejiga, haciendo referencia a que los frutos están envueltos por los lóbulos de cáliz a manera de farol colgante y el nombre de “peruviana” hace referencia al Perú (Fabara, 1996).

La planta de uchuva tiene su origen y diversificación en América, principalmente en los valles andinos de Perú, Colombia y Ecuador, posteriormente se introdujo al África e India: hoy existen más de 80 ecotipos en el mundo (Medina, 1991).

Su nombre proviene de la palabra indígena ‘ucuba’, que significa fruta redonda; por su amplia distribución es conocida con otros nombres como: ‘uvilla’ en Ecuador, ‘teparee’ y ‘makowi’ en India, ‘chuchuva’ en Venezuela, ‘aguaimanto’ en Perú y ‘cape gooseberry’ en los países de habla inglesa (Lizana y Espina, 1991).

Actualmente, ha conquistado importantes mercados de la Unión Europea y de los Estados Unidos. Sus principales consumidores son Inglaterra y Alemania. Se cultiva principalmente en Perú, Ecuador, Colombia, California, Sudáfrica, Australia, Kenia, India, el Caribe, Asia y Hawái. El fruto se puede consumir de manera fresca, solo o en ensaladas, dándole un toque agridulce a las comidas. En algunos países como Colombia y Perú se procesa el fruto para obtener productos enlatados como mermeladas, yogurt, dulces, helados, conservas enlatadas y licores (Jiménez, 2011).

2.3 Clasificación Taxonómica de la Uchuva

La uchuva forma parte de la familia de las Solanaceae, cuyos frutos se forman y permanecen dentro del cáliz durante todo su desarrollo, y pertenece al género *Physalis* que comprende entre 75 a 90 especies (Whitson y Manos, 2005). Según López (1978) se clasifica de la siguiente manera:

Reino	Vegetal
División	Angiosperma

Subdivisión Fanerógama
Clase Dicotiledónea
Sub-clase Gamopétala
Orden Tubiflorales
Familia Solanácea

Género *Physalis*

Especie *Peruviana*

Nombre común: Uchuva, Uvilla Nombre científico: *Physalis peruviana* (L).

2.4 Morfología de la Uchuva

2.4.1 Planta

Es perenne, herbácea, arbustiva y fuertemente ramificada que crece sin tutorado normalmente hasta una altura de 1 a 1.5 m; pero con poda y espaldera puede alcanzar una altura de 2.0 m o más. Tiene un hábito de crecimiento indeterminado, esto significa que el desarrollo de nuevas ramas, hojas, flores y frutos ocurre simultáneamente (Figura 2). Toda la planta está cubierta de suaves vellosidades llamados tricomas (Almanza, 1993 y Fischer, 2000).

El tallo es herbáceo, quebradizo, cilíndrico y de ramificación dicotómica con entre nudos de 0.05 m. a 0.08 m. de longitud, de color verde y es cubierto en su totalidad por vellosidades suaves llamadas tricomas. Posee una raíz pivotante, ramificada y profundiza hasta 50 cm, donde sobresale el eje principal; en sus primeros estados de vida, es monopódica y luego se ramifica simpódicamente, posee una coloración amarillo-pálido de consistencia suculenta y semi-leñosa (Figura 2), proporcionándole un buen anclaje a la planta (López, 1978; Alsinal, 1980).

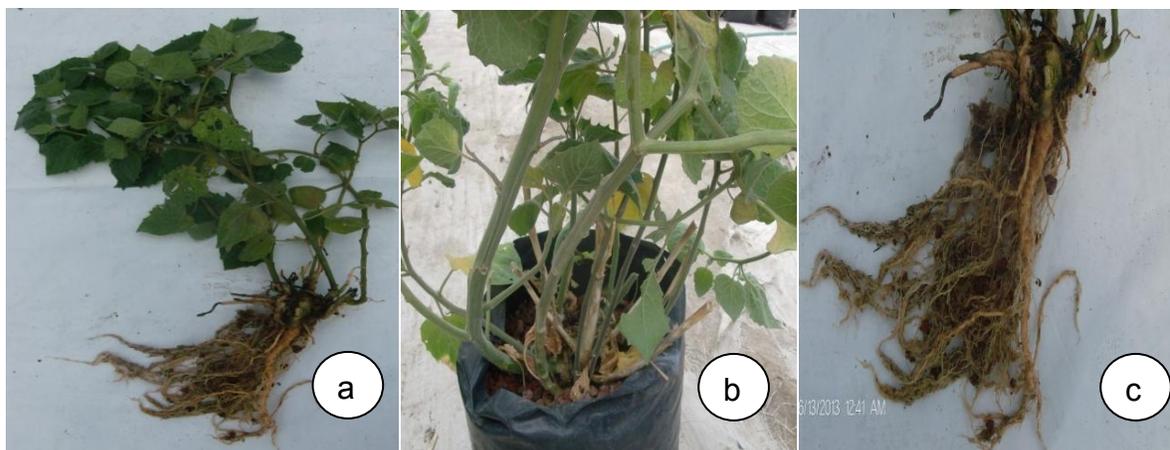


Figura 2. Morfología de la planta de uchuva: a) planta completa con raíz, b) tallo y c) raíz.

2.4.2 Hojas

Son simples, enteras y acorazonadas, dispuestas en forma alterna a la planta, el limbo es entero y presenta vellosidades que lo hacen suave al tacto (López, 1978). Tienen un tamaño entre 5 y 15 cm de largo y 4 a 10 cm de ancho (Figura 3). En el tallo basal se desarrollan solamente una hoja por nudo comparado con dos en la parte reproductiva. En buenas condiciones, Fischer (2000) reporta que una planta llega a desarrollar cerca de 1 000 hojas o más y su área foliar puede llegar a 15 000 cm² por planta y el tamaño de una hoja hasta 25 a 30 cm².

2.4.3 Flores

Estas se desarrollan en las axilas de las hojas, son acampanadas, pedunculares y hermafroditas con cinco pétalos amarillos soldados y puntos morados en su base (Figura 3) (Fischer y Almanza, 1993; Fischer *et al.*, 2011).

El desarrollo del botón floral demora entre 18 a 21 días (Figura 3) (Mazorra *et al.*, 2003). Lagos *et al.* (2008) observaron que la corola abre entre 7:00 a 10:00 h de la mañana y se cierra entre las 16:00 a 18:00 h de la tarde, con una caída de pétalos 5 a 6 días

después de la apertura de la primera flor. La polinización ocurre fácilmente por insectos o el viento (National Research Council, 1989) y autopolinización es común (Gupta y Roy, 1981). Sin embargo, Lagos *et al.* (2008) encontraron que 2 días antes de la apertura floral, el polen maduró y el estigma fue receptivo, un fenómeno que restringe la autopolinización, además estos autores observaron que se presentó polinización mixta con un 54% de polinización cruzada.

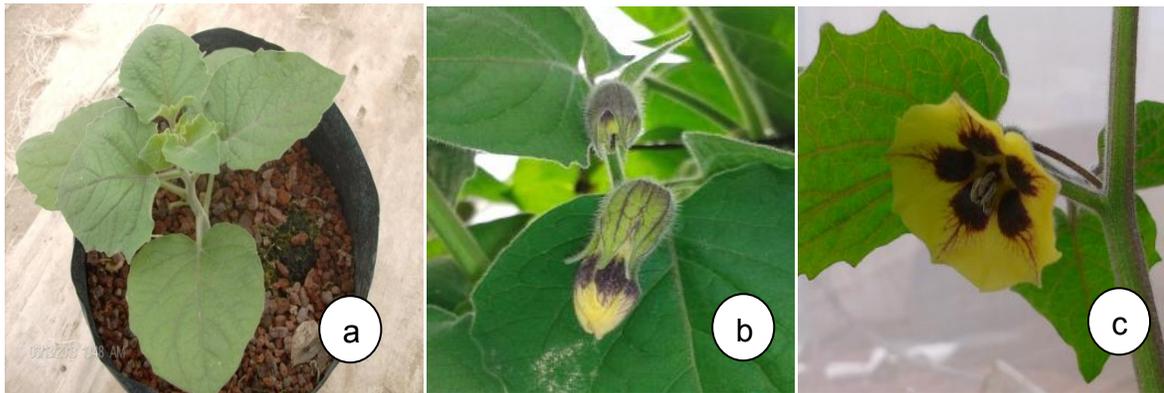


Figura 3. Hojas (a), botones florales (b) y flor de la planta de uchuva (c).

El cáliz que se elonga después de la fecundación del fruto cubriéndolo durante todo su desarrollo, pierde su clorofila a partir de los 40 a 45 días después de su desarrollo. Fischer y Lüdders (1997) encontraron que el cáliz juega un papel importante durante los primeros 20 días del desarrollo del fruto referente a la formación y la translocación de carbohidratos, especialmente sacarosa para el fruto (Figura 4). Además, este órgano protege el fruto contra condiciones climáticas extremas (alta insolación, frío y granizos), daño mecánico, enfermedades, distribuidas por el aire, insectos y pájaros (Fischer *et al.*, 2011). Dentro del cáliz hay una glándula que produce un vitanólido (“Withanolide E y 4 β -hydroxywithanolide E”, según Baumann y Meier, 1993) que tiene un efecto repelente contra insectos.

2.4.4 Fruto

Es una baya jugosa en forma de globo u ovoide, de color amarillo verdoso a amarillo naranja, cuando madura; su piel es delgada y lustrosa con un diámetro entre 1 a 2.5 cm (Figura 4), con un peso de 4 a 10 g que contiene entre 100 a 300 semillas (Figura 5) (López, 1978). Estos necesitan entre 60 a 80 días para madurar y se destacan por un alto contenido en antioxidantes ((ácido ascórbico y provitamina A (beta-caroteno)), fósforo, hierro, proteína y fibra (Fischer *et al.*, 2011). Recientemente se ha incluido a la uchuva en la lista de los “super-frutos” por su alto contenido de vitaminas (Cuadro 1), minerales y fibra (Superfruit, 2011).

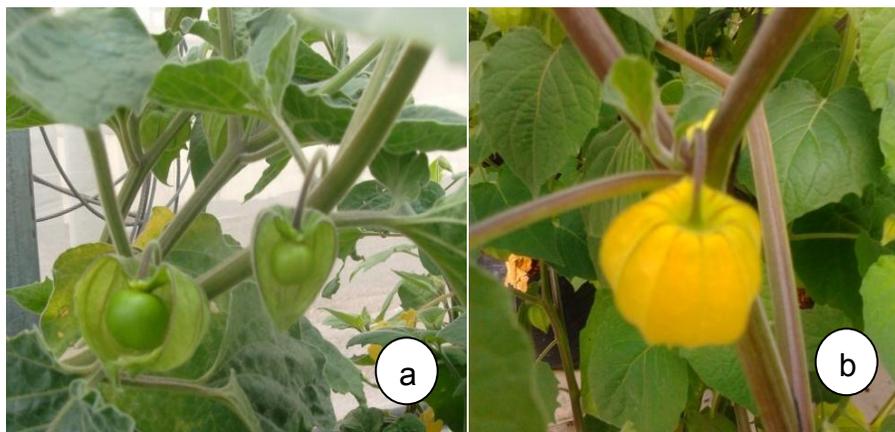


Figura 4. Frutos inmaduros (a) y frutos maduros (b).

Cabe mencionar que durante las labores de cosecha, en algunos ecotipos (Sudáfrica y Kenia) el pedúnculo que une al cáliz, difícilmente se desprende de la planta, lo que obliga a la utilización de tijeras, para evitar la ruptura del capacho y perder calidad en el mercado internacional (Almanza y Espinosa, 1995).

Cuadro 1. Contenido nutrimental en 100 g de pulpa fresca de uchuva (Flores *et al.*, 2000; Fischer 2000a).

Componente	Cantidad
g/100 g de pulpa fresca	
Agua	78.90
Carbohidratos	16.00
Proteína	1.01
Fibra	4.90
Grasa	0.16
Ceniza	0.05
mg/100 g de pulpa fresca	
Ácido ascórbico	43.00
Calcio	8.00
Caroteno	1.61
Fósforo	55.43
Hierro	1.23
Niacina	1.73
Riboflavina	0.03
Calorías	49.00
Vitamina A	1730 UI

UI = Unidad internacional. 1 UI de vitamina A: el equivalente biológico de 0.3 µg de retinol, o de 0.6 µg de beta-caroteno.

2.4.5 Semilla

Las semillas de uchuva son pequeñas, de forma lenticular y están desprovistas de hilos placentarios (Valencia, 1985) y presentan un color blanco cremoso (Figura 5). En diversos estudios (Almanza, 2000; Peña *et al.*, 2010; Fischer *et al.*, 2007) se han encontrado que el peso promedio de 1 000 semillas de uchuva es de 1 g, en tanto que, un fruto de uchuva del ecotipo 'Colombia' llega a producir en promedio de 210 a 240 mg de semillas, que corresponden a 250 a 320 unidades por fruto (Almanza, 2000; Fischer *et al.*, 2007).



Figura 5. Fruto maduro con semillas (a) y semillas (b).

2.5 Ecotipos de Uchuva

En la actualidad aún no se han seleccionado variedades de uchuva, solamente se conocen ecotipos, es decir, plantas procedentes de diferentes regiones o países, que se diferencian por el tamaño, el color y el sabor, la forma del cáliz y el porte de la planta. Actualmente, solo se cultivan tres ecotipos de uchuva originarias de Colombia, Kenia y Sudáfrica (Fisher *et al.*, 2005; Flores *et al.*, 2000).

Keniano

Es un ecotipo que se caracteriza por presentar longitudes en el tallo y en las ramas laterales, en caso del área foliar y tamaño de las hojas son menores a los ecotipos de Sudáfrica y Colombia. Sus frutos son grandes y de forma alargada de color amarillo intenso, su concentración de ácido cítrico es menor en comparación con los demás materiales, además es el ecotipo que produce el mayor rendimiento por planta (Narváez, 2003; Fischer *et al.*, 2007).

Colombiano

Ecotipo con frutos grandes en forma globosa y de una mejor coloración de amarillo intenso, con mayor contenido de azúcares y menor concentración de ácido cítrico similar al ecotipo Keniano, características que lo hacen más apetecible por los mercados de exportación. Este ecotipo presenta un crecimiento del talo, ramas y área foliar muy similar al ecotipo Sudafricano, pero con la característica que produce el mayor número de fruto por planta (Narváez, 2003; Fischer *et al.*, 2007).

Sudafricano

Esta uvilla tiene como característica que sus frutos son de mayor diámetro y peso, con el más alto peso de semillas por fruto, la forma del fruto y cáliz son achatados (Fischer *et al.*, 2007)

Ecuatoriano

Es un ecotipo más pequeño, de color amarillo intenso, es de mayor concentración de sustancias vitamínicas y tiene un aroma agradable (Narváez, 2003).

Ambateño

Es una uvilla con fruto mediano de color entre verde y amarillo, que tiene una alta cantidad de sustancias que le dan un sabor agridulce y aroma que destaca sobre el resto de ecotipos (Narváez, 2003).

2.6 Concentración de Nitrógeno

El nitrógeno constituye el 1.5% en peso seco de las plantas y ocupa aproximadamente el cuarto lugar en abundancia dentro de las plantas después del carbono (45%), oxígeno (45%) e hidrógeno (6%) (Alcántar y Trejo, 2007). Su importancia radica en que, se encuentra formando parte de un gran número de compuestos orgánicos, incluidas hormonas de crecimiento (Wild y Jones, 1992) esenciales en el metabolismo de la planta, forma parte de la estructura de todas las proteínas, de los ácidos nucleicos (ADN, ARN), y además se encuentra como constituyente de las clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos, indispensables para la fotosíntesis y la respiración, y en varias coenzimas, como los nicotinamida-adenin-dinucleótidos (NAD, NADP) (Navarro y Navarro, 2000; Pereyra, 2001).

Los compuestos nitrogenados constituyen aproximadamente del 50% de la materia seca de protoplasma, la sustancia viva de la célula (Adams *et al.*, 1984). Por otro lado, el N provoca el desarrollo rápido de los cultivos y tiene gran influencia en el crecimiento y fructificación de la planta, promoviendo el crecimiento de tallos, hojas y frutos. También determina el crecimiento reproductivo de la planta, por lo que es absorbido durante las primeras etapas del ciclo vegetativo y almacenado en los tejidos meristemáticos para su traslocación posterior (Navarro y Navarro, 2000). Por lo tanto, el nitrógeno es considerado el motor de crecimiento y del rendimiento de las plantas (Moreno, 2007).

Las plantas toman el N en forma de NO_3^- y, en menor medida, también como ión NH_4^+ . El NO_3^- una vez en la planta se convierte en NH_4^+ , utilizándose para la elaboración de proteínas (Adams *et al.*, 1984). Este elemento es el macronutriente más comúnmente aplicado en la fertilización de todos los cultivos, y es el más requerido y determinante para el crecimiento de la planta.

Un adecuado nivel de N en los tejidos se traduce en lograr plantas vigorosas de buen tamaño, con una buena coloración verde, bien ramificadas, con flores bien desarrolladas y frutos de buen tamaño.

La verdadera reserva potencial de N en la naturaleza, está representada por el N₂ molecular de la atmósfera, que según estimaciones es del orden de 4.5×10^{15} Mg, lo que equivale a $\pm 40 \times 10^6$ veces la cantidad presente en el ciclo biológico del nitrógeno (Salsac *et al.*, 1987).

Puede reconocerse la esencialidad de este elemento para la vida en general, puesto que cualquier proceso vital, aun en los organismos más primitivos, está supeditado a una continua actividad enzimática y consecuentemente al N. Además, se encuentra en moléculas tan importantes como las purinas y las pirimidinas de los ácidos nucleicos, esenciales para la síntesis de proteínas, también en porfirinas de las clorofilas y en los citocromos que son esenciales para la fotosíntesis y la respiración (Alcántar y Trejo, 2010)

2.6.1 Efectos de las formas de nitrógeno en las plantas

Las plantas para abastecerse de N absorben de la solución del suelo tanto el anión NO₃⁻ como el catión NH₄⁺ (Resh, 2001). Al respecto, Salisbury y Ross (1994) mencionan que el NO₃⁻ y el NH₄⁺ son las principales fuentes de N para las plantas cultivadas, excepto para las leguminosas que fijan el N atmosférico, y que el NO₃⁻ es la forma preferida. La preferencia de la absorción del N de una forma u otra para la nutrición de los cultivos depende en gran manera de la edad de la planta y la especie; el pH y composición del suelo (Navarro y Navarro, 2003).

El NO₃⁻, al igual que el NH₄⁺ una vez absorbido es incorporado en compuestos orgánicos que son esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, a esta incorporación se le denomina asimilación. La asimilación del NO₃⁻ es muy costosa en término de energía, debido a una serie compleja de relaciones bioquímicas que demandan un alto gasto energético (Pereyra, 2001) ya que, el N (NO₃⁻) absorbido por las raíces de la planta es traslocado en el xilema a las partes superiores de la planta.

Este proceso necesita 12 moles de ATP para reducir un mol de NO_3^- (Taiz y Zeiger, 2007) y 5 moles de ATP para asimilar el NH_4^+ (Degiovanni *et al.*, 2010). Sin embargo, cuando la luz no es limitante, puede utilizarse parte del exceso de poder reductor para reducir el NO_3^- en los cloroplastos, de modo que si la asimilación se lleva a cabo en los órganos fotosintéticos, el coste puede llegar a ser prácticamente despreciable (Poorter, 1994).

Por el contrario, el NH_4^+ , una vez absorbido por la raíz, el siguiente proceso para la asimilación es su incorporación a los aminoácidos o en otros compuestos que contengan N reducido en la raíz (Resh, 2001), por lo que, la demanda de energía es menor (5 moles de ATP) y tiene un efecto positivo sobre la formación del sistema membranario de los plastidios y sobre el desarrollo de los cloroplastos y por lo tanto, en la fotosíntesis (Golvano *et al.*, 1982). Por su carácter tóxico, el NH_4^+ debe asimilarse forzosamente en la raíz, por lo que, no se puede aprovechar para su asimilación el exceso de poder reductor generado en las hojas. (Gojon *et al.*, 1994).

La forma en la cual el N es transportado depende de la fuente de N absorbida y del metabolismo de la raíz. La forma y cantidad de N suministrado a la planta puede influenciar la separación y acumulación de carbohidratos en diferentes partes de la misma, debido a diferencias en requerimientos energéticos de la absorción y asimilación del NH_4^+ y NO_3^- .

2.6.1.1 Efectos del NO_3^- en las plantas

La forma nítrica es absorbida preferentemente por la mayoría de las plantas vasculares (Mengel y Kirkby, 2000; Miller y Cramer, 2004), por lo que es la más utilizada en los cultivos hidropónicos.

Salisbury y Ross (1994) indican que en general, las plantas cultivadas y muchas especies nativas absorben la mayor parte del N en forma de NO_3^- , debido a que el NH_4^+ es oxidado a NO_3^- con mucha rapidez por bacterias nitrificantes, reconociendo, sin embargo, que comunidades clímax de coníferas y pastos absorben casi todo el N en

forma de NH_4^+ debido a que la nitrificación es inhibida por un pH bajo del suelo o por taninos y compuestos fenólicos.

Cuando se asimila el NO_3^- , la planta absorbe más aniones que cationes, para mantener el balance cationes-aniones, las raíces excretan OH^- al medio, aumentando así el pH de la rizósfera (Marschner, 1995), cuyo exceso puede ser neutralizado por una reacción de carboxilación. El oxalato, producto de la carboxilación, requiere de calcio para su neutralización. Generalmente la actividad de la nitrato reductasa es alta en las hojas jóvenes, con crecimiento rápido y contenidos bajos de calcio, esta es la razón por la cual, la carencia de calcio es solamente visible en las hojas jóvenes (Navarro y Navarro, 2000).

El costo de asimilación del NO_3^- es especialmente elevado, llegando a representar hasta el 15% de la energía total de la planta (Chapin *et al.*, 1987). Pero cuando, la luz no es limitante, el exceso del poder puede ser utilizado para reducir el NO_3^- en los cloroplastos, por lo que el costo es prácticamente despreciable (Poorter, 1994), además la reducción del NO_3^- parece que también se hace muy a menudo en la raíz, sobre todo en plantas leñosas (Gojon *et al.*, 1994), de modo que probablemente su asimilación es casi siempre costosa en términos energéticos.

Los NO_3^- son móviles en el suelo y vulnerables al lixiviado, por lo que su presencia es prácticamente nula hasta que el suelo se va calentando y se inician los procesos de nitrificación; o hasta que se realizan los correspondientes aportes de fertilizantes nitrogenados (Adams *et al.*, 1984).

Al respecto, Gallegos *et al.* (2000) realizaron un estudio para evaluar la cinética de la absorción de los iones NO_3^- y NH_4^+ en plantas de nopal (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) en función de la fuente nitrogenada en la solución nutritiva; los resultados obtenidos indicaron que la planta de nopal, creciendo en condiciones de hidroponía, mostró una tasa de absorción de N mayor cuando el medio nutritivo se suministró con N- NO_3^- que con sales de N- NH_4^+ , de manera tal que los niveles de absorción más altos de N- NO_3^- ocasionan una mayor producción de materia seca, con lo que se confirmó que el nopal,

así como muchas otras especies de plantas, crece mejor cuando se suministra ésta forma.

2.6.1.2 Efectos del NH_4^+ en las plantas

La mayoría de las especies vegetales prefieren la forma N-NO_3^- , en cambio N-NH_4^+ en alta concentración resulta tóxico para su metabolismo (Barker y Mills, 1980), incluso en bajas concentraciones, ya sea cuando es la única fuente de N o en combinación con NO_3^- (Salsac *et al.*, 1987). Por lo que, la respuesta a la nutrición amoniacal varía entre especies y las condiciones ambientales (Kotsiras *et al.*, 2005), por lo tanto, generalmente se recomienda aplicar el NH_4^+ en pequeñas concentraciones, discrepando los investigadores en las concentraciones a usar (Steiner, 1984; Sandoval *et al.*, 1995).

Cuando se absorbe el N en forma de amoniaco, no se forma oxalato y por lo tanto las plantas requieren poco calcio, en comparación de los NO_3^- ; sin embargo, la acumulación de formas amoniacaes afecta el equilibrio del N en la planta, ya que elimina a la forma nítrica (Navarro y Navarro, 2000).

La toxicidad por NH_4^+ se ha atribuido a la acidificación de la zona radical (Maynard *et al.*, 1968), la disminución en la absorción de cationes (Kirkby y Mengel, 1967) o a la acumulación en tejidos vegetales de cantidades tóxicas de NH_4^+ no asimilado (Lips *et al.*, 1990). Muchos de los efectos nutrimentales del amonio en varias especies vegetales, han sido mitigados por la combinación adecuada de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$, o adicionando CaCO_3 para amortiguar el pH (Maynard *et al.*, 1968; Sandoval *et al.*, 1993).

En cambio, Britto y Kronzucker (2002) mencionan que la absorción de NH_4^+ está influenciada por la presencia de NO_3^- y potasio (Szczërba *et al.*, 2006) en la solución, los cuales pueden reducir la toxicidad del NH_4^+ . La absorción de NO_3^- incrementa la concentración de algunas hormonas del crecimiento en el xilema (Rahayu *et al.*, 2005), regulando la división y la expansión celular (Francis y Sorell, 2001), mientras que, el

potasio tiene similitudes con el NH_4^+ , en cuanto a la valencia, el diámetro del ion hidratado y su efecto sobre el potencial eléctrico de la membrana (Wang *et al.*, 1996; Xu *et al.*, 2002) por lo que hay interacción entre estos dos iones.

El NH_4^+ puede influir en la absorción y acumulación de potasio posiblemente por que compite con él para ingresar a las células (Szczerba *et al.*, 2006b); mientras que el potasio puede inhibir la absorción de NH_4^+ en cultivos de maíz y cebada (Wang *et al.*, 1996) o proteger a las plantas de toxicidad debido a altas concentraciones de NH_4^+ (Zhu *et al.*, 1998; Santa-María *et al.*, 2000).

En varios estudios, se ha demostrado que las plantas cuya nutrición es con base en NH_4^+ muestran mayor susceptibilidad a la salinidad en contraste con aquellas cultivadas con NO_3^- o la mezcla con $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (Frechilla *et al.*, 2001). Houdusse *et al.* (2005) proponen que este hecho puede estar relacionado con la relación putresina libre/ (espemidina libre + espermita libre), la cual fue significativamente más alta en plantas abastecidas con NH_4^+ .

En medios hidropónicos, Jungquan y Dewei (1988) evaluaron el efecto de diferentes formas de N en tomate y reportan que los tratamientos consistentes en NH_4^+ solo y NH_4^+ más amidas produjeron el contenido más alto de azúcares solubles; sin embargo, los autores recomendaron que se requerían de más estudios para dilucidar si este incremento en el azúcar soluble fue causado por la absorción directa del NH_4^+ sin la necesidad del proceso de la reducción asimilable del NO_3^- .

Por lo que, Steiner (1984) ha sugerido no adicionar a la solución nutritiva más de 10 % del contenido de N-total en la forma de N- NH_4^+ y el resto como N- NO_3^- . No obstante, Kafkafi (1990) demostró que el ión NH_4^+ es preferentemente absorbido por la planta, en lugar de NO_3^- , cuando su concentración es mayor a 10 % del N total presente en la solución.

En cambio, Elliot y Nelson (1983) mencionan que la adición de NH_4^+ a la solución nutritiva en concentraciones menores de 30% del N total permite incrementar las tasas de crecimiento en plantas de crisantemo, aumenta la precocidad de floración en 3 a 7

días y tiene un efecto favorable en el número de flores/tallo, longitud de tallo y color verde de las hojas (Kasten y Sommer, 1990; Stensvand y Gislerod, 1992) e influye significativamente en los contenidos nutrimentales en raíces, tallos y hojas (Stanley *et al.*, 1978).

En un experimento realizado con plantas de crisantemo se reportan mayores valores de altura de planta, longitud de pedúnculo floral, diámetro del racimo y número de inflorescencias con concentraciones de 3.0 y 4.5 meq L⁻¹ de NH₄⁺ en la relación de cationes de la solución nutritiva (Bugarín *et al.*, 1998).

2.6.1.3 Efectos de la relación NH₄⁺/NO₃⁻ en las plantas

En la mayoría de los suelos se puede encontrar, tanto el ión NO₃⁻ como el ión NH₄⁺ coexistiendo, pero la forma disponible del N en el medio ejerce un efecto drástico sobre el crecimiento, productividad y composición química de muchos cultivos, ocasionando diferentes respuestas fisiológicas en la planta (Salsac *et al.*, 1987), aunque algunos cultivos prefieren una u otra. En general, la presencia de ambas formas es favorable para la mayoría de las especies, al propiciar un metabolismo más balanceado y una absorción mejor de este elemento (Villalobos, 2001).

El NO₃⁻ es preferencialmente absorbido por la mayoría de las plantas vasculares, mientras que el NH₄⁺ resulta ser tóxica para muchas de ellas, incluso en bajas concentraciones, aun cuando es la única fuente de N o en combinación con NO₃⁻ (Salsac *et al.*, 1987).

En el caso del NO₃⁻, su proceso de asimilación sucede de la siguiente manera; el NO₃⁻ es primeramente convertido a una forma de energía superior, nitrito (NO₂⁻), cuya reacción es catalizada por la enzima nitrato reductasa (NR), esta enzima es regulada por el NO₃⁻ y la luz entre otros factores. Posterior a esta reacción, el NO₂⁻ obtenido es transformado en NH₄⁺ y para que esta reacción ocurra es necesario la participación de la enzima nitrito reductasa (NiR). Finalmente, el NH₄⁺ obtenido como resultado de la

segunda reacción es incorporado rápidamente en los esqueletos carbonados para formar aminoácidos, evitando de esta forma la toxicidad de este ión. En esta última reacción están involucradas las enzimas glutamina sintetasa (GS) y la glutamato sintasa (GOGAT) (Pereyra, 2001).

Por el contrario, el NH_4^+ una vez absorbido por la raíz, es incorporación a los aminoácidos o en otros compuestos que contengan N reducido (Resh, 2001), por lo que la demanda de energía es menor (5 moles de ATP). Sin embargo, para su asimilación se requieren esqueletos de carbono, que necesariamente provienen de la respiración, y bajo suministro mayor del 20% del N puede generar toxicidad por NH_4^+ .

Existen informes que indican que es posible obtener mayores producciones y rendimientos cuando ambas fuentes nitrogenadas se suministran en forma combinada ($\text{N-NH}_4^+/\text{N-NO}_3^-$) utilizando proporciones adecuadas (Hageman, 1992).

Al respecto, Degiovanni *et al.* (2010) mencionan que las mayores tasas de crecimiento vegetal y de rendimiento de cultivos se obtienen con suplementos en que se combinan el $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$. Al respecto, Sandoval *et al.* (1994) indican que una proporción NH_4^+ menor o igual al 50% incrementa la producción de grano y materia seca en el cultivo de trigo. Lemaire (2005) menciona que para que una planta obtenga un buen desarrollo, la proporción de N amoniacal con respecto al N nítrico puede llegar hasta un 20% en la solución nutritiva.

Jungquan y Dewei (1988) señalan que los efectos de NH_4^+ y NO_3^- combinados en una proporción óptima favorece el crecimiento de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y el rendimiento (Kwak *et al.*, 1989), mientras que, una absorción y acumulación excesiva de NH_4^+ puede causar toxicidad y disminuir la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} en el tejido vegetal de tomate (Jungquan y Dewei, 1988). Asimismo, Osaki *et al.* (1995), al evaluar el efecto de N-NO_3^- , N-NH_4^+ y $\text{N-NH}_4^+\text{NO}_3^-$ en papa (*Solanum tuberosum* L.), informan que el total de materia seca de plantas a los 57 días después de la plantación fue en el orden $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (36.7 g) > N-NH_4^+ (32.8 g) > N-NO_3^- (30.9 g).

Por otro lado, en el caso del cultivo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) se indica un incremento de 15% en rendimiento con una relación 20 NH_4^+ /80 NO_3^- respectivamente, en comparación con plantas tratadas con solución nutritiva que solo contenían NH_4^+ o NO_3^- . En el cultivo de eneldo (*Anethum graveolens* L.) se observó que con una relación 40/60 respectivamente, se incrementa el área foliar y la biomasa total comparándolo con plantas tratadas con NH_4^+ o NO_3^- de manera exclusiva (González *et al.*, 2009).

En general, la adición de NH_4^+ a una solución nutritiva que contenga NO_3^- aumenta la eficiencia de absorción de N y promueve mejor crecimiento en las plantas, cuando las condiciones de crecimiento son favorables (Elliot y Nelson, 1983). Sin embargo, altas proporciones de NH_4^+ pueden ocasionar desórdenes fisiológicos como es el caso de la disminución en la concentración de Ca, K y Zn en hojas (Fleming *et al.*, 1987).

La temperatura y la luminosidad influyen en el incremento del rendimiento cuando se utilizan mezclas de NH_4^+ y NO_3^- , por lo que, en ciclos de cultivos primavera-verano es posible lograr esos incrementos (Sandoval, 1991). El NH_4^+ al ser un ión altamente tóxico en la planta, requiere de su inmediata asimilación, lo cual demanda energía, que es adquirida a través de la luz, por lo que la administración de NH_4^+ en días nublados puede reducir el rendimiento (Ven y Kleimendor, 1985). Esto podrá explicar lo antes expuesto por Sandoval (1991).

Al respecto, Resh (2001) menciona que las sales de NH_4^+ podrían ser utilizadas bajo condiciones de alta radiación global (más horas para la fotosíntesis). Sandoval (1991) indica que no es conveniente altas proporciones de amonio a plantas jóvenes o en condiciones restrictivas para la fotosíntesis.

El incremento de los rendimientos informados anteriormente se atribuye, en parte, a la mayor actividad de las enzimas cuando se suministra en conjunto el NH_4^+ y el NO_3^- . Al respecto, Gallegos (1998) encontró una mayor actividad de las enzimas nitrato reductasa y glutamina sintetasa, en cultivo de nopales tratados con solución nutritiva que contiene NH_4^+ y NO_3^- . Por otro lado, Salisbury y Ross (1994) sostienen que los incrementos en la producción podrían ser atribuibles a incrementos en la actividad de algunas enzimas relacionadas con el metabolismo del N, ya que durante la conversión

de N-NO₃⁻ a N-amino ocurren tres procesos reductivos y uno no reductivo; y las cuatro enzimas involucradas son nitrato reductasa (NR), nitrito reductasa (NiR), glutamino sintetasa (GS) y la glutamato sintasa (GOGAT).

Por el contrario, Botella *et al.* (1993) señalan que la enzima NR es considerada como un factor restrictivo para el crecimiento, desarrollo y producción de proteínas en la planta y Sandoval (1991) menciona que el incremento de producción y materia seca en el cultivo de trigo, al emplear NH₄⁺ y el NO₃⁻ en conjunto, se debe en parte al incremento de la actividad de la enzima PEPCasa lo cual implica que existe una mayor reutilización del CO₂ liberado en la raíz en el proceso respiratorio y también al incremento de la actividad GS que a su vez se debe a una mayor y más rápida asimilación de N-NH₄⁺, siempre y cuando el NH₄⁺ absorbido no se acumule en la raíz.

2.7 Conclusiones de Revisión de Literatura

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta silvestre, perenne, de hábito indeterminado, pertenece a la familia de las Solanáceas, originaria de los Andes Suramericanos, principalmente de Colombia, Ecuador y Perú. Su fruto posee bondades alimenticias que lo hacen atractivo y exportable a mercados de Estados Unidos, Alemania y Holanda. El principal productor a nivel mundial es Colombia seguido de Sudáfrica.

El N es el principal nutriente que limita el crecimiento y desarrollo de la planta, su concentración en hojas varía del 2 al 6% en peso seco y generalmente, correlaciona con la capacidad fotosintética y productividad del cultivo. Su importancia radica en que, se encuentra formando parte de compuestos orgánicos como hormonas de crecimiento y como constituyente de las clorofilas.

Las plantas absorben el N principalmente como NO_3^- y en menor cantidad como NH_4^+ por su carácter tóxico. La cantidad de N absorbida depende del estado fenológico, edad de la planta, concentración de otros nutrientes en el suelo, pH, disponibilidad de agua, o condición ambiental. La mayoría de las plantas prefieren el NO_3^- en mayores cantidades que el NH_4^+ , acumulándose en los tejidos cuando el N disponible es mayor que el requerido para un óptimo crecimiento.

La forma en que suministramos el N influye en la absorción de los demás nutrimentos esenciales y crea un desbalance nutrimental dentro de la planta e influirá en el rendimiento y calidad de los cultivos. Una combinación de NH_4^+ y NO_3^- incrementa el crecimiento de las plantas, pero solo bajo ciertas circunstancias y este efecto benéfico varía entre cultivos. Sin embargo, proporciones elevadas de NH_4^+ ocasionan daños a la raíz y un desequilibrio dentro de la planta y en la asimilación del N.

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la respuesta morfológica, rendimiento y calidad de fruto de *Physalis peruviana* L., con origen de semilla y rebrotes, a la aplicación conjunta de NH_4^+ y NO_3^- .

3.2 Objetivos Específicos

Evaluar el efecto de la aplicación conjunta de NH_4^+ y NO_3^- y origen de planta (rebrote o semilla) sobre la morfología, el crecimiento y desarrollo de la planta de uchuva.

Evaluar el efecto de la aplicación conjunta de NH_4^+ y NO_3^- y origen de planta sobre el rendimiento y calidad de frutos de uchuva.

IV. HIPÓTESIS

4.1 Hipótesis General

El suministro simultáneo de NH_4^+ y NO_3^- y origen de planta influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, afectando el rendimiento y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L., con respecto a la que se alcanza exclusivamente con nitrato.

4.2 Hipótesis Específicas

La absorción conjunta de NH_4^+ y NO_3^- genera un mayor crecimiento y desarrollo en plantas de uchuva independientemente de su origen: semilla o rebrote, respecto a la aplicación exclusivamente de nitratos.

La aplicación conjunta de NH_4^+ y NO_3^- independientemente del origen de la planta (semilla o rebrote), generan un mayor peso y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México, cuyas coordenadas geográficas son 19° 28' 05" Latitud Norte y 98° 54' 09" Longitud Oeste a una altitud de 2220 m. El invernadero utilizado es de tipo "dos aguas" con ventila cenital con estructura de metal y cubierta de plástico UVII720 con 85% de transmitancia de luz.

5.2 Material Vegetal

Para el establecimiento del experimento en invernadero, se utilizaron dos tipos de propagación en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.): una, fue el rebrote en plantas ya establecidas con una edad aproximada de 2 años (Figura 6), y otra, se utilizaron plantas nuevas obtenidas de semilla (Figura 7). Las plantas de uchuva se caracterizan por ser de hábito indeterminado, con tiempo de cosecha de aproximadamente 90 días después del transplante, su fruto es de forma globosa de 1.25 a 2.50 cm de diámetro, un peso entre 4 y 10 g, con un pericarpio delgado y multilocular.

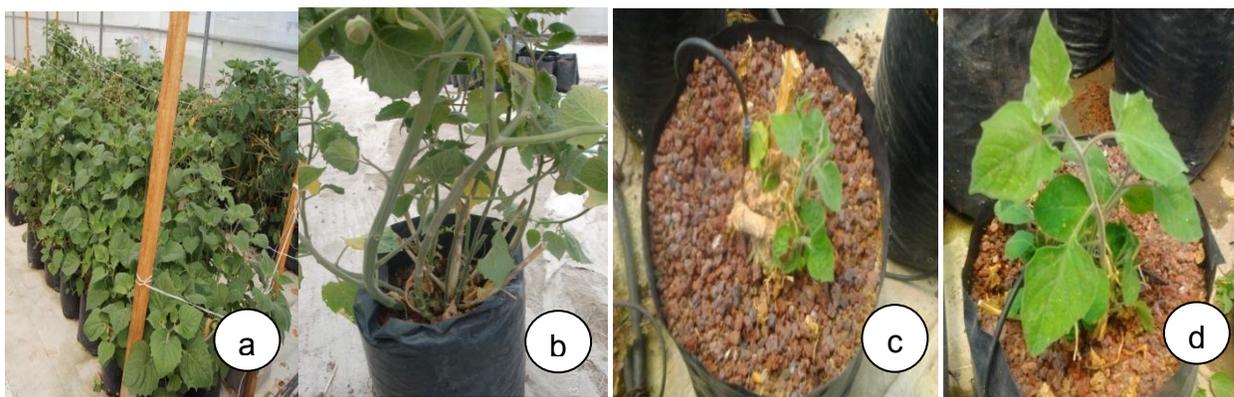


Figura 6. Plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote: a) plantas madres, b) plantas sin podar, c) planta podada y d) crecimiento del brote seleccionado.

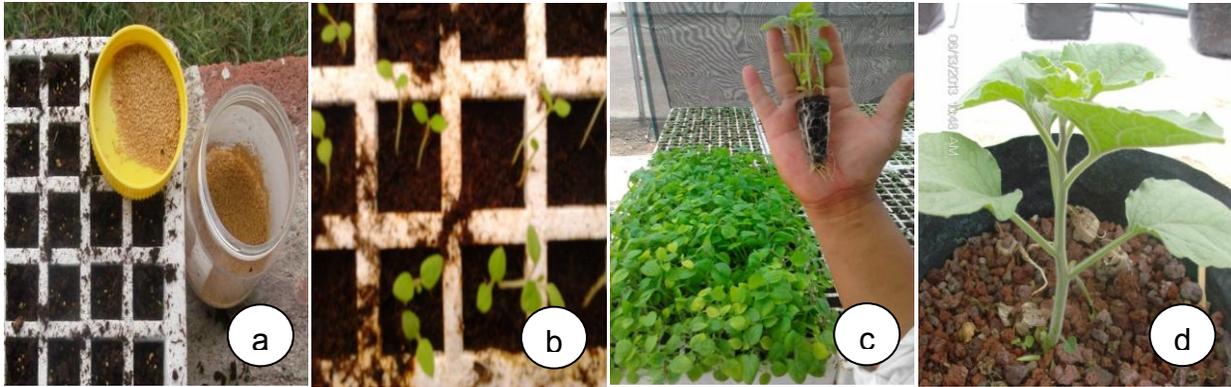


Figura 7. Plántulas y plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla: a) siembra, b) emergencia, c) crecimiento de plántulas y d) planta ya establecida en bolsa negra de polietileno.

5.3 Diseño de Tratamientos

Los tratamientos consistieron en 3 relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%): 100:0, 75:25 y 50:50, las cuales se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con 5 repeticiones, en plantas con origen de rebrote (Figura 8) y 4 repeticiones en plantas con origen de semilla (Figura 9). En el caso de las primeras se clasificaron según el vigor del brote: en alto, medio y bajo (Cuadro 2). La unidad experimental consistió en una planta colocada en una bolsa negra de polietileno, de 19 L de capacidad.

Cuadro 2. Tratamientos generados de la combinación de vigor y relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en plantas de uchuva con origen de rebrote.

Vigor	$\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (%)
Alto	100/00
	75/25
	50/50
Medio	100/00
	75/25
	50/50
Bajo	100/00
	75/25
	50/50

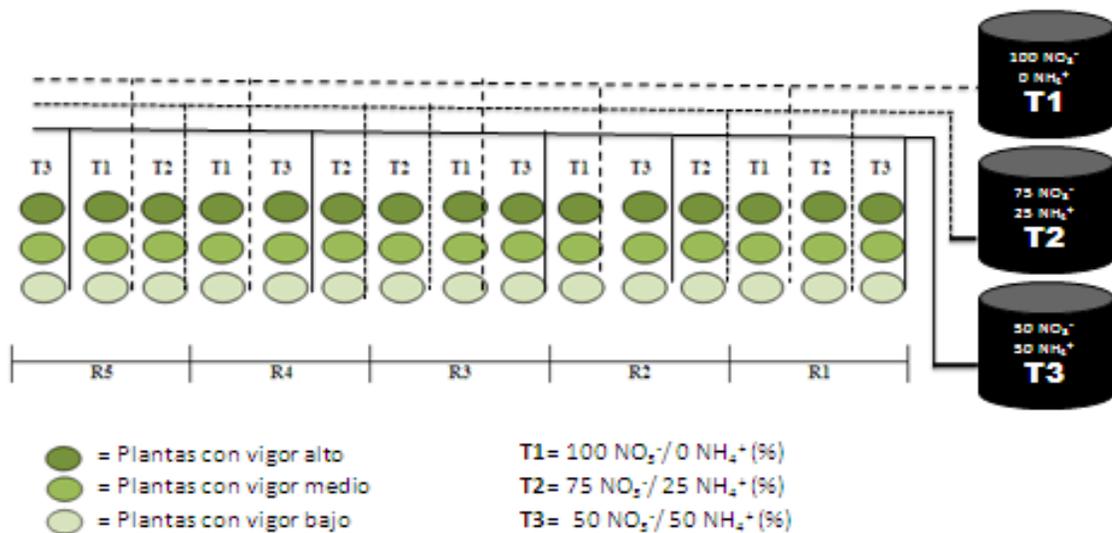


Figura 8. Distribución de las relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ (%) en estudio en plantas con origen de rebrote en invernadero en un diseño completamente al azar.

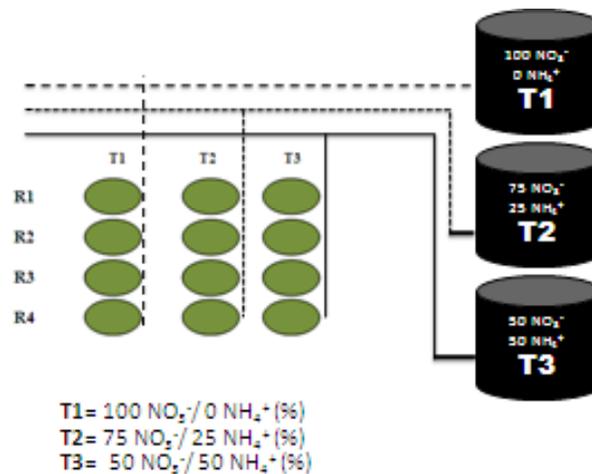


Figura 9. Distribución de las relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ (%) en estudio en plantas con origen de semilla en invernadero en un diseño completamente al azar.

5.4 Establecimiento del Experimento

Las plantas se establecieron en bolsas negras de polietileno con capacidad de 19 litros, con tezontle como sustrato y granulometría de 1 a 10 mm. En el caso de las plantas ya establecidas, se les realizó una poda de rejuvenecimiento con el fin de seleccionar el

mejor brote (Figura 10). Por otro lado, para la obtención de plantas con origen de semilla la siembra se realizó en charola de unisel de 200 cavidades utilizando como sustrato turba (Figura 7). Las plantas se mantuvieron en posición vertical mediante tutoreo con hilo de rafia colocada en el ápice de las plantas y sujeta con alambre en la parte superior de las mismas Figura 11).



Figura 10. Establecimiento de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote.



Figura 11. Tutorado de las plantas de uchuva con origen de rebrote.

5.5 Solución Nutritiva

Las soluciones nutritivas utilizadas en el experimento se elaboraron con base en la solución universal Steiner (1984), misma que se modificó, de acuerdo con los tratamientos, al utilizar N en forma de NH_4^+ ya que originalmente se utiliza NO_3^- y también con base en el mejor tratamiento reportado por Gastelum *et al.* (2013), que fue la solución Steiner al 50% de su fuerza iónica original. La solución Steiner original tiene la siguiente concentración de aniones y cationes expresada en meq L^{-1} : 12 NO_3^- , 1 H_2PO_4^- , 7 SO_4^{2-} , 7 K^+ , 9 Ca^{2+} y 4 Mg^{2+} .

La preparación de las soluciones nutritivas se realizó utilizando fertilizantes comerciales (Cuadro 3) para los macronutrientes, con base en los tratamientos presentados en el Cuadro 2.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizante (mg L^{-1}) para preparar las soluciones nutritivas para los tratamientos con $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, a evaluar en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote y semilla.

Relación $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$					
100/0		75/25		50/50	
Fuente	Cantidad	Fuente	Cantidad	Fuente	Cantidad
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	531.36	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	531.36	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	354.24
KNO_3	151.67	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	130.71	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246.48
K_2SO_4	130.71	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	246.48	$(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	90.09
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246.48	KH_2PO_4	45.05	KH_2PO_4	68.05
KH_2PO_4	68.05	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	84.17	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	129.14

5.6 Variables de Respuesta

Durante el desarrollo del cultivo se cuantificaron las siguientes variables de respuesta: en caso de plantas con origen de rebrote se realizaron muestreos cada 15 días

después de la poda, mientras que, en plantas con origen de semilla se realizaron a partir de los 41 días después del transplante.

5.6.1 Morfológicas

Se cuantificaron las siguientes características:

Altura de la planta. Se midió con un flexómetro a partir del cuello de la raíz hasta el meristemo apical (Figura 12).

Diámetro del tallo. Se midió con un vernier entre la base de la raíz y la primera rama del tallo (Figura 12).

Lecturas SPAD. Se tomaron con un medidor del grado del verdor SPAD 502 marca Minolta en las hojas recientemente maduras (Figura 12).

Número de frutos por planta. Se cuantificó el número de frutos en desarrollo (verdes) por planta en cada muestreo realizado (Figura 13).

Número de flores por planta. Se cuantificaron las flores presentes en la planta en cada muestreo (Figura 13).

Número de botones florales. Se contabilizó los botones florales por planta en cada muestreo realizado (Figura 13).



Figura 12. Variables del crecimiento: altura de plantas (a), diámetro de tallo (b) y lecturas SPAD (c).



Figura 13. Variables del crecimiento: número de frutos (a), número de flores (b) y número de botones florales (c).

5.6.2 Rendimiento

En cada corte, los frutos se cosecharon en madurez fisiológica comercial y se pesaron en una balanza granataria marca OHAUS modelo CS200.

Número de frutos. Se cuantificaron todos los frutos en cada corte realizado (Figura 14).

Peso de frutos con cáliz. Se determinó el peso de todos los frutos con cáliz de en cada corte (Figura 14).

Peso de frutos sin cáliz. En cada corte realizado, a los frutos se les quitó el cáliz y se determinó su peso con la báscula granataria (Figura 14).



Figura 14. Variables del rendimiento: número de frutos cosechados por planta (a), peso de frutos con cáliz por planta (b) y peso de frutos sin cáliz por planta (c).

5.6.3 Calidad de fruto

Se determinaron los siguientes parámetros de calidad:

Sólidos solubles totales (° Brix). Se determinaron utilizando un refractómetro manual marca HANNA (HI-96801), colocando una gota del jugo de fruto sobre la celda del equipo (Figura 15).

Vida de anaquel. Se cuantificaron los días transcurridos, desde la cosecha hasta que el fruto presentó corrugaciones en su pericarpio, a temperatura ambiente entre los 20 y 25 °C (Figura 15).

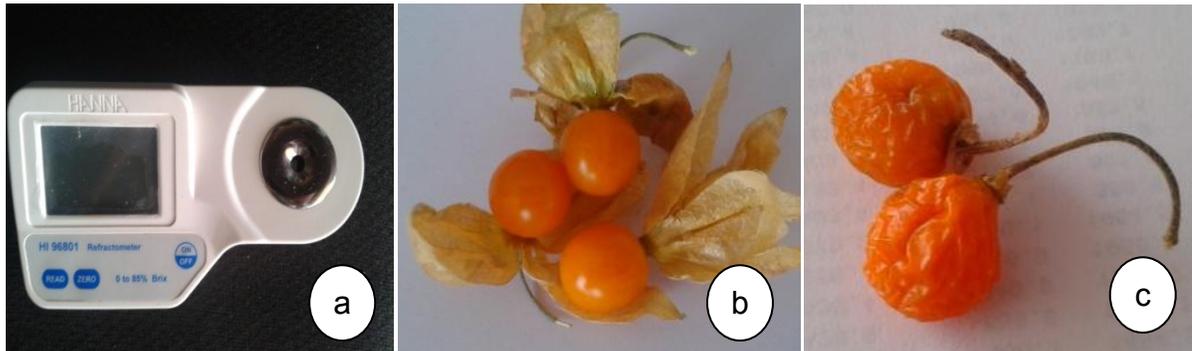


Figura 15. Variables de la calidad de frutos: a) concentración de sólidos solubles totales (°Brix), b) frutos maduros recién cosechados y c) vida de anaquel.

5.7 Modelo y Análisis Estadístico

Los resultados de las variables de respuesta se sometieron a un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias Tukey ($P \leq 0.05$), para observar el efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ y el vigor.

El modelo estadístico utilizado en plantas con origen de semilla fue:

$$Y_{ij} = \mu + R_i + \varepsilon_{ij}$$

El modelo estadístico utilizado en plantas con origen de rebrote fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + V_j + RV_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = variable respuesta.

μ = respuesta media poblacional.

R_i = efecto de la relación nitrato/amonio.

V_j = efecto del vigor de la planta.

RV_{ijk} = efecto de la interacción de la relación nitrato/amonio (R) con el vigor (V).

ε_{ijk} = error experimental.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Morfología de Plantas de Rebrote

6.1.1 Altura de la planta

El vigor afectó la altura de planta a partir de los 15 y 30 después de la poda, destacando las plantas con medio (13.3 y 39.5 cm) y menor vigor (13.3 y 45.6 cm) al tener las mayores alturas (Cuadro 4). En los siguientes muestreos ya no hubo efecto del mismo (Figura 16).

Cuadro 4. Significancia estadística en la altura de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote por la aplicación de nitrato y amonio.

F. V	gl	Días después de la poda								
		15	30	45	60	75	90	105	120	135
Vigor	2	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺	2	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

Este comportamiento se puede explicar debido a que la planta es alógama y muestra gran variabilidad fenotípica, al presentar un crecimiento, productividad y calidad de frutos no uniforme (Angarita y Santana, 1997). Al respecto, Abascal (1984) indica que las variaciones en el vigor de la planta pueden ocurrir por factores como: la constitución genética, las condiciones ambientales, disponibilidad de agua y nutrición de la planta madre, así como el grado de envejecimiento y la presencia de patógenos.

En tanto que, la aplicación de NH₄⁺ no afectó de forma consistente el crecimiento, solo a los 75 días después de la poda, donde la mejor relación fue la 75/25 con una altura de 110.1 cm en comparación con la relación 100/0 con 105.9 cm, este comportamiento se uniformizó durante todo el ciclo (Figura 17).

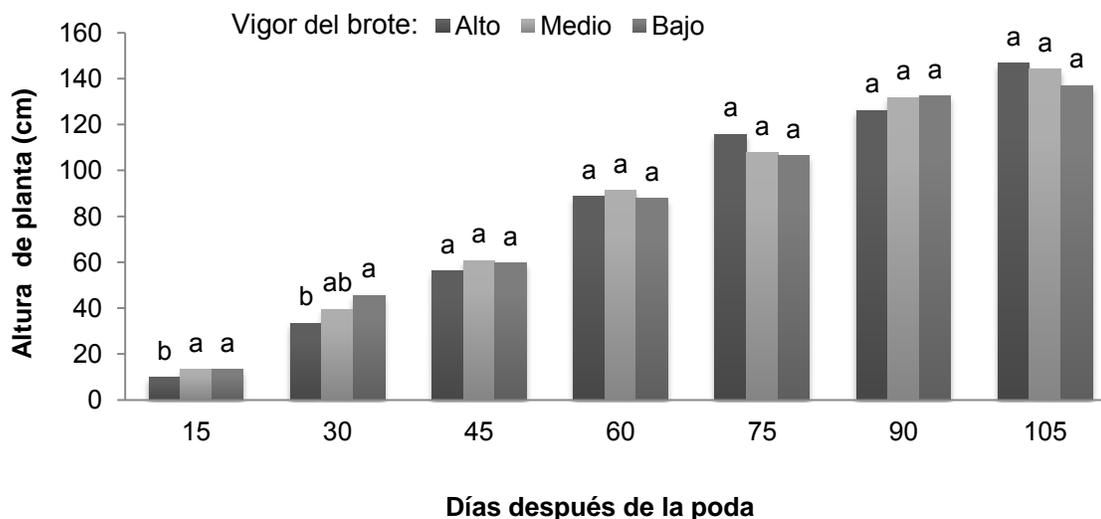


Figura 16. Efecto del vigor del brote sobre la altura de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

Jeong y Lee (1999) y Urrieta (2006) al evaluar diferentes relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos sobre la altura de planta, señalando que este comportamiento se debe a que dicha variable se modifica por las concentraciones de los demás nutrientes (K, Ca), ya que, una absorción excesiva de NH_4^+ puede ocasionar toxicidad, evidenciada por una concentración baja de K, Ca y Mg en el tejido de la planta (Jingquan y Dewei, 1988).

En cambio, Rivera (2009) quien al trabajar con fertilización nitrato/amonio en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con raíces separadas encontró diferencias significativas entre los tratamientos sobre la altura de planta. Para el cultivo en solución las mayores alturas se tuvieron en plantas tratadas con las relaciones 12 meq L^{-1} de NO_3^- y 6 meq L^{-1} de NO_3^- : 6 meq L^{-1} de NH_4^+ . En cambio, para el cultivo en tezontle las mayores alturas se presentaron en plantas tratadas con la relación 6 meq L^{-1} de NO_3^- : 6 meq L^{-1} de NH_4^+ .

Cao y Tibbitts (1994) argumentan que el pH en la zona de raíces es influenciado por la forma nitrogenada (NH_4^+ o NO_3^-) que se utiliza en la fertilización; con fertilización y

absorción de NO_3^- , el pH se incrementa, mientras que, con fertilización y absorción de NH_4^+ el pH disminuye. Se encontró que tanto la temperatura como el pH del medio radicular afectan la absorción de ambos iones.

Al respecto, Hageman (1992) sostuvo que la absorción de NH_4^+ fue altamente dependiente de la temperatura (óptima $27\text{ }^\circ\text{C}$) cuando el pH fluctuó entre 4.0 y 6.5, y fue independiente de ésta a un intervalo de pH de 6.5 a 8.5. En tanto que, la absorción de NO_3^- fue altamente dependiente de la temperatura con un óptimo de $35\text{ }^\circ\text{C}$. Por lo que, la absorción de NH_4^+ y NO_3^- está asociada a condiciones favorables de pH existentes en el medio de crecimiento (Cao y Tibbitts, 1994).

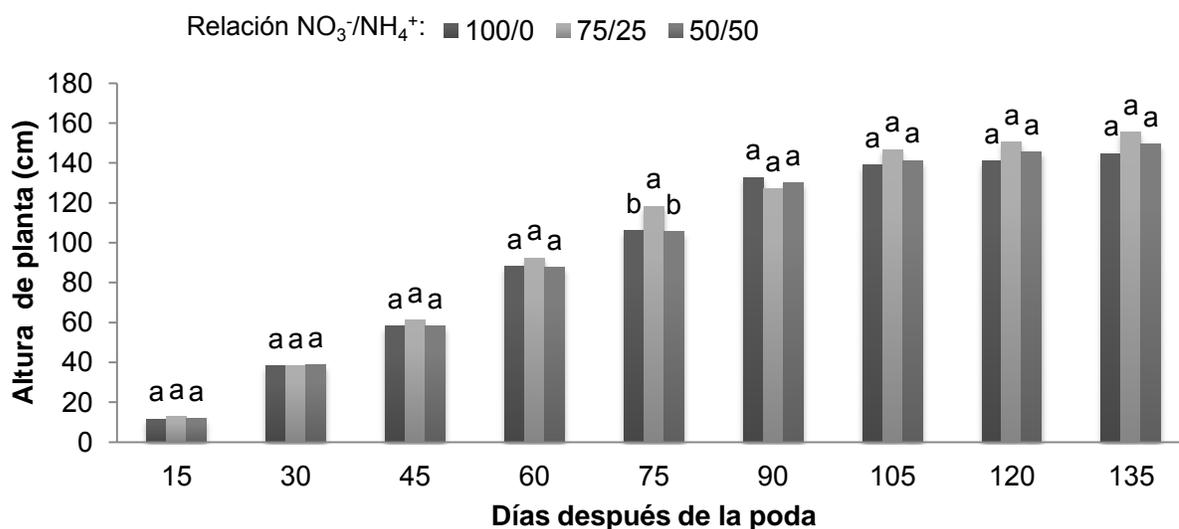


Figura 17. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la altura de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.1.2 Diámetro de tallo

El diámetro del tallo fue afectado por el vigor casi al final del ciclo, a los 105, 120 y 135 días después de la poda (Cuadro 5), en donde las plantas de alto vigor obtuvieron los mayores diámetros con 14.4, 15.4 y 15.1 mm respectivamente (Figura 18).

Cuadro 5. Significancia estadística sobre el diámetro de tallo en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote por la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F. V.	gl	Días después de la poda								
		15	30	45	60	75	90	105	120	135
Vigor	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
NH ₄ ⁺	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

El diámetro de tallo es un indicador del vigor de las plantas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales posteriormente pueden trastocarse a los sitios de demanda (Liptay *et al.*, 1981; Preciado *et al.*, 2002). Además, un mayor diámetro de tallo minimiza o previene el acame de la planta por acción del viento en el campo (Orzolek, 1991).

Por otro lado, la aplicación de NO₃⁻/NH₄⁺ no afectó el diámetro del tallo (Cuadro 5), sin embargo, en el caso de las plantas tratadas exclusivamente con nitrato (100/0) se obtuvieron menores diámetros en comparación con plantas tratadas con la relación 75/25 y 50/50 durante todo el ciclo del cultivo.

Lemaire (2005) menciona que para que una planta presente un buen funcionamiento, la proporción de N amoniacal con respecto al N nítrico puede llegar hasta un 20% en el medio. En el cultivo de albahaca se reportó un incremento del 15% en el rendimiento aplicando una relación 20/80 (NH₄⁺/NO₃⁻) y en el cultivo de eneldo (*Anethum graveolens* L.) con una relación 40/60, además se incrementa el área foliar y la biomasa total (González *et al.*, 2009).

Estos resultados son al efecto positivo de que con una proporción adecuada de NH₄⁺ y NO₃⁻ se incrementa la actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC) en la raíz (Vuorinen *et al.*, 1992), respuesta atribuida a una función anaplerótica de la enzima para favorecer la asimilación de NH₄⁺ en las raíces mediante la producción de

esqueletos carbonados que son utilizados en la síntesis de aminoácidos (Bialczyk y Lechowski, 1995), y por disminuir el transporte y acumulación de NH_4^+ en las hojas donde puede alterar muchos procesos metabólicos.

Al respecto, Preciado *et al.* (2002) mencionan que la importancia fisiológica del área foliar está relacionada con la fotosíntesis y por consiguiente, con una mayor producción de esqueletos carbonados, los cuales son utilizados y almacenados en el tallo de la planta.

Tucuch *et al.* (2011) no encontraron diferencias estadísticas sobre el diámetro de tallo en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.), se tuvieron los máximos valores en plantas tratadas con las relaciones 0/100 y 20/80 de la relación porcentual $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$.

Resultados similares obtuvieron Parra *et al.* (2012) al estudiar el efecto de diversas relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ y concentraciones de bicarbonato sobre el crecimiento y rendimiento de plantas de tomate, tampoco encontraron efecto positivo del suministro de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el diámetro de tallo y el máximo valor se obtuvo en plantas tratadas con la relación 100/0.

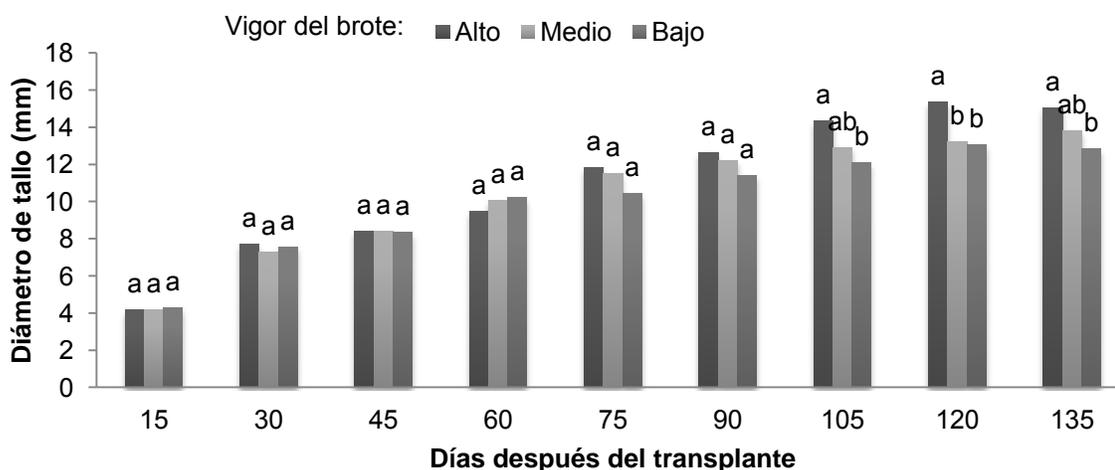


Figura 18. Efecto del vigor sobre el diámetro de tallo en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.1.3 Lecturas SPAD

El vigor de la planta solo afectó las lecturas SPAD al inicio del ciclo a los 15 días después de la poda (Cuadro 6), donde el valor mayor de lecturas SPAD (39.30) se tuvo en las plantas con vigor alto, pero después no hubo efecto por el vigor, amonio y su interrelación (Figura 19).

Cuadro 6. Significancia estadística en lecturas SPAD en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote con la aplicación de amonio y nitrato.

F. V.	gl	Días después de la poda						
		15	30	45	60	75	90	105
Vigor	2	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺	2	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

En relación, a la aplicación de la relaciones NO₃⁻/NH₄⁺, ésta solo afectó las lecturas SPAD a los 30 días después de la poda (Cuadro 6), teniendo las mayores lecturas SPAD (47.50) con la aplicación de la relación 50/50, mientras que, de los 45 hasta los 105 días después de la poda no hubo efecto de la aplicación de las relaciones (Figura 20).

Al respecto, Sandoval-Villa *et al.* (1999) encontraron que las lecturas SPAD y el rendimiento de frutos en plantas de tomate se incrementaron a medida que la cantidad de NH₄⁺ en la solución se incrementó hasta 25%, mientras que, las relaciones altas de NH₄⁺ afectaron a ambas variables de respuesta.

El contenido de la clorofila y la absorción de N se han correlacionado con las lecturas SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de N, entre otros (Sandoval *et al.*, 1999; Dong *et al.*, 2004).

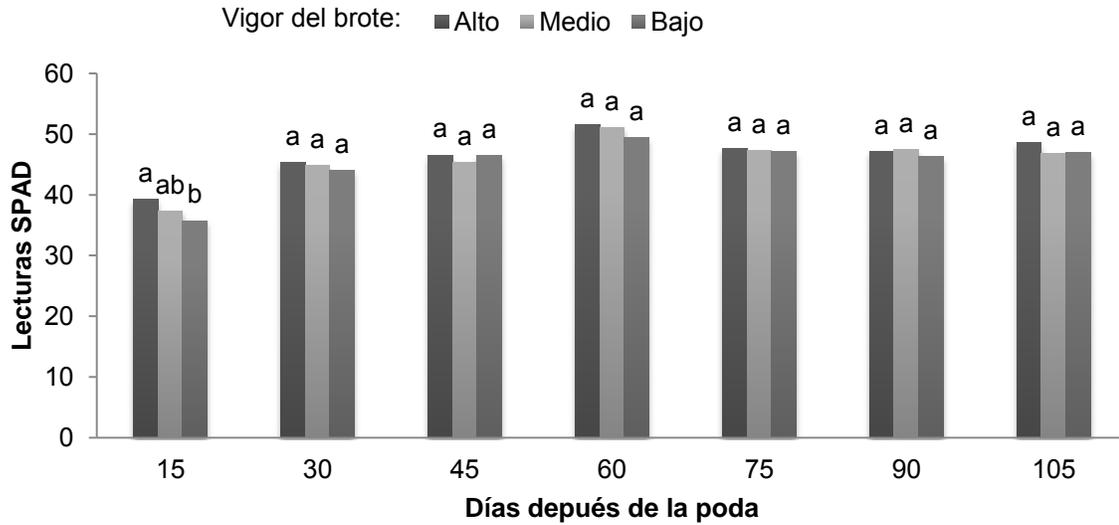


Figura 19. Efecto del vigor sobre las lecturas SPAD tomadas en hojas de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

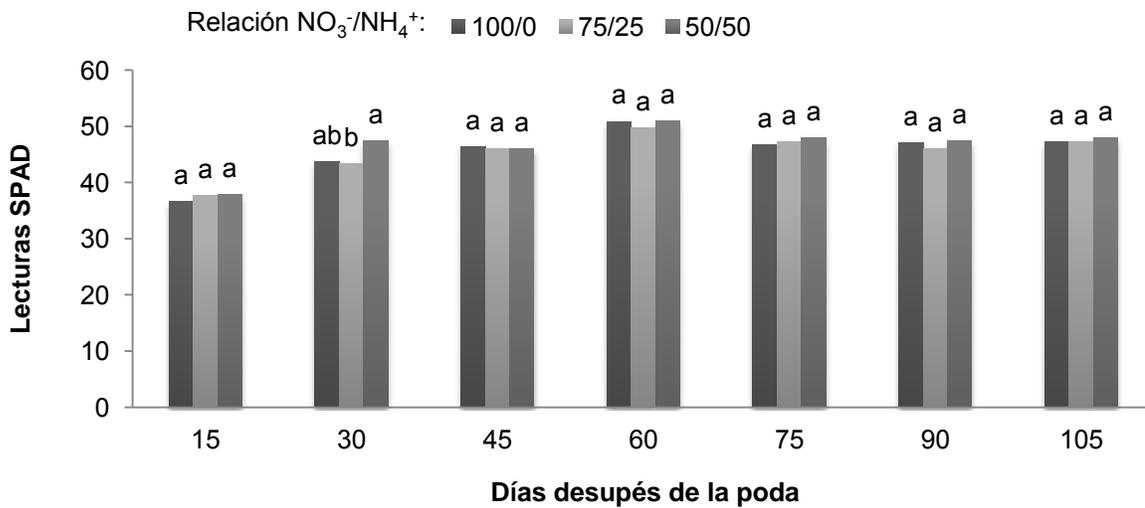


Figura 20. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre las lecturas SPAD tomadas en hojas de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.1.4 Número de frutos, flores y botones florales

En general, el número de frutos por planta fue afectado por el vigor de la planta (Cuadro 7), a los 41 días después de la poda el mayor número de frutos se tuvo en plantas con vigor alto (3) en comparación con plantas de vigor bajo (2).

Cuadro 7. Significancia estadística en número de frutos en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F. V.	gl	Días después de la poda					
		41	56	71	86	101	116
Vigor	2	*	ns	ns	ns	*	*
NH ₄ ⁺	2	*	ns	ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

A los 56, 71 y 86 días después de la poda el número de frutos por planta no fue afectado por el vigor; sin embargo, el mayor número se obtuvo en plantas con vigor bajo y alto. En los últimos muestreos realizados a los 101 y 116 días después de la poda el vigor influyó en el número de frutos, se encontró el mayor número en plantas con vigor alto (69 y 82) (Figura 21), en comparación con plantas de vigor bajo (41 y 44).

El crecimiento y la productividad de cada planta estará dada por su genética, condición ambiental, disponibilidad de agua y nutrición mineral, además esta variación ésta relacionada con el vigor y por la cantidad de asimilados presentes en la planta como fuente de reserva para zonas de alta demanda.

El vigor puede influenciar fuertemente la distribución de asimilados en tomate en el largo plazo, afectando el número de frutos en la planta (Papadopoulos y Ormrod, 1990). Por lo tanto, un incremento en el vigor, resulta en un aumento del número de frutos en simultáneo crecimiento e indirectamente influencia la asignación de biomasa (Heuvelink, 1995).

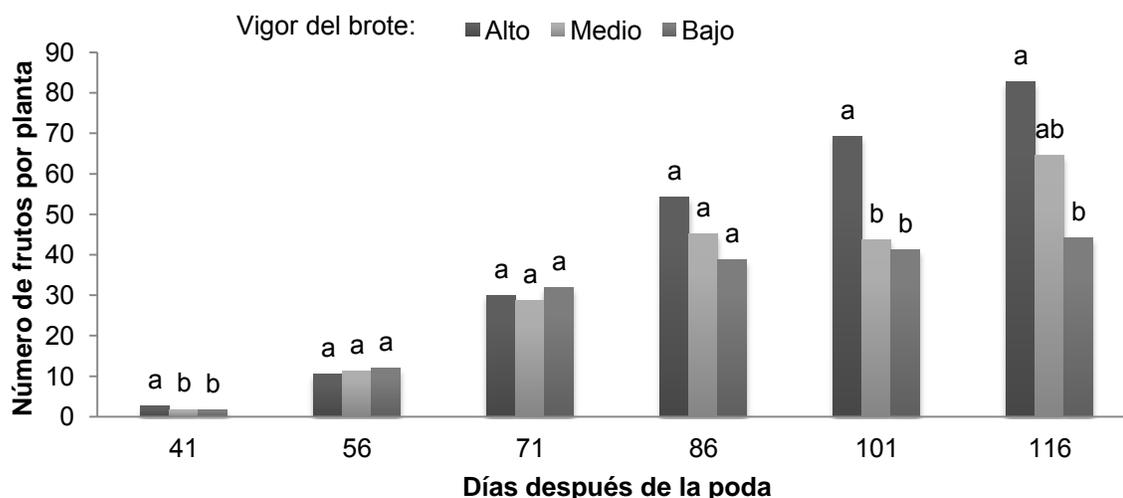


Figura 21. Efecto del vigor sobre el número de frutos por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

El suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ solo influyó sobre el número de frutos por planta a los 41 días después de la poda (Cuadro 7), el mayor número de frutos se encontró en plantas tratadas con la relación 50/50 (3), resultando mayor a lo obtenido en plantas tratadas con 100/0 (1), mientras que, a los 56, 71, 86, 101 y 116 días después de la poda el suministro $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no afectó el número de frutos por planta. Sin embargo, el mayor número se tuvo en plantas tratadas con la relación 50/50 (Figura 22).

La combinación de NO_3^- con bajas cantidades de NH_4^+ produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima probablemente difiere entre las distintas especies y podría cambiar con la edad de la planta (Haynes, 1986). Al utilizar altas concentraciones de NH_4^+ este se acumula en los tejidos de los brotes, induciendo así una disminución en la fotosíntesis y provocando una reducción en el crecimiento y la producción del cultivo (Puritch y Barker, 1967; Goyal *et al.*, 1982; Marques *et al.*, 1983).

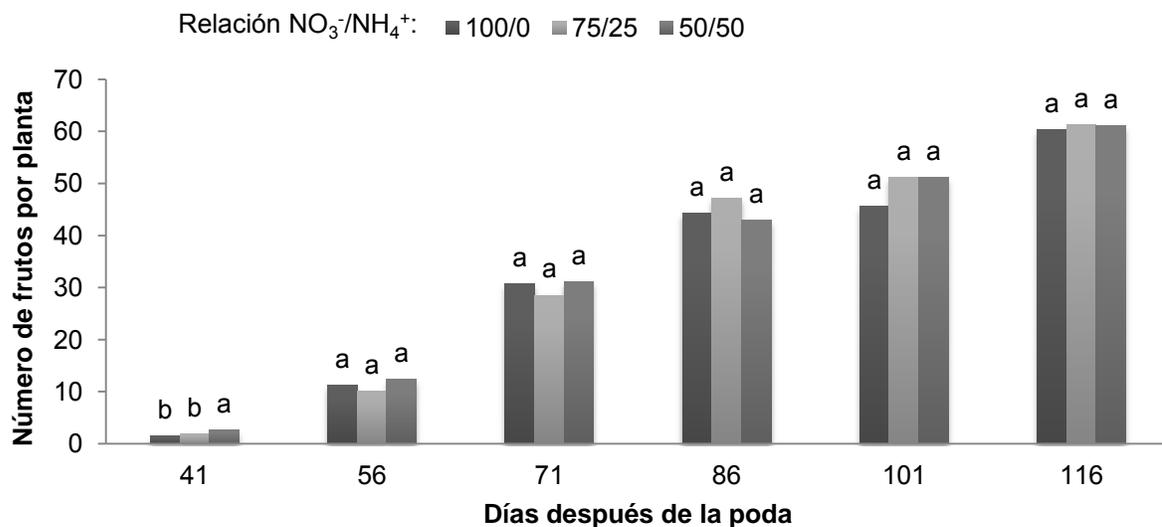


Figura 22. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

En el caso del número de flores por planta este fue afectado de manera inconsistente por el vigor de la planta (Cuadro 8).

Cuadro 8. Significancia estadística en número de flores y botones florales en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F. V.	gl	Días después de la poda					
		41	56	71	86	101	116
Número de flores por planta							
Vigor	2	ns	ns	ns	*	ns	*
NH_4^+	2	ns	ns	ns	ns	ns	*
Vigor* NH_4^+	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Número de botones florales por planta							
Vigor	2	ns	ns	ns	ns	ns	*
NH_4^+	2	ns	ns	*	ns	ns	ns
Vigor* NH_4^+	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

A los 41 días después de la poda el vigor no influyó en el número de flores, sin embargo, el mayor número se tuvo en plantas con vigor medio (5), mientras que a los 56 y 71 días después de la poda el número de flores no fue afectado por el vigor, pero el mayor valor se encontró en plantas con vigor alto (5 y 14).

Por otro lado, a los 86 días después de la poda el vigor influyó en el número de flores por planta, teniendo el mayor número en plantas con vigor alto (15), contrastando con los obtenidos en plantas con vigor bajo (10).

A los 101 días después de la poda no hubo efecto del vigor. Sin embargo, se observó que el mayor número de flores se presentó en plantas con vigor alto (12) y bajo (12). Mientras que, a los 116 días después de la poda se presentó efecto del vigor sobre el número de flores por plantas: se tuvo el mayor número en plantas con vigor medio (10), en comparación con plantas de vigor bajo (5), valores más bajos que en los muestreos anteriores (Figura 23).

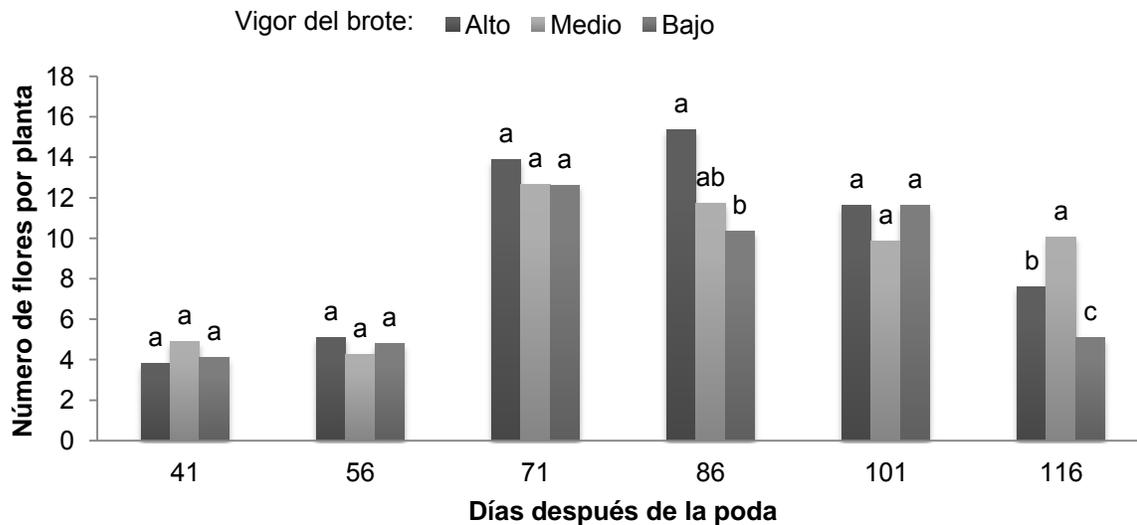


Figura 23. Efecto del vigor sobre el número de flores por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

El tamaño de la planta es importante como un indicador del rendimiento, por lo que un crecimiento vigoroso y diferenciación del meristemo apical de la planta está altamente correlacionado con la productividad de la misma, al determinar en gran medida el número de flores que se forman, resultado de la dinámica del proceso y expansión celular que tiene lugar en la interfase y que esto, a su vez, depende de la tasa de fotosíntesis y de la distribución de asimilados, además el número de flores variará ampliamente, según el genotipo, condición ambiental, fitosanidad y manejo (Taiz y Zeiger, 1991; Jemalli y Boxus, 1993; Stapleton *et al.*, 2001; Parra, 2003).

En general, el suministro de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no influyó sobre el número de flores por planta (Cuadro 8). A los 41, 56, 71, 86 y 101 días después de la poda no hubo efecto de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. En cambio, en el último muestreo realizado a los 116 días después de la poda se presentó efecto del suministro de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Figura 24). Se encontró el mayor número de flores en plantas tratadas con la relación 50/50 (9), en comparación con plantas tratadas con la relación 75/25 (6).

En contraste, Elliot y Nelson (1983) señalan que la adición de NH_4^+ a la solución nutritiva en concentraciones menores que 30 % del N total permite incrementar las tasas de crecimiento en plantas de crisantemo, aumentando de 3 a 7 días la precocidad de la floración y tiene un efecto favorable en el número de inflorescencias/tallo, longitud de tallo y color verde de las hojas (Kasten y Sommer, 1990; Stensvand y Gisrelod, 1992).

Existe controversia respecto a la función del N en la floración: niveles altos de N inhiben la floración y promueven el crecimiento vegetativo. En cítricos (*Citrus spp.*) hay una estrecha relación entre la intensidad de la floración y el contenido de N reducido y poliaminas, que se incrementan en la planta con aplicaciones foliares de urea (Lovatt, 1990). Por lo tanto, la aplicación de urea vía foliar aumenta el rendimiento en cítricos, el estrés hídrico, bajas temperaturas, incrementan los niveles de N reducido en la planta, teniendo una floración precoz y mayores rendimientos (Lovatt, 1990).

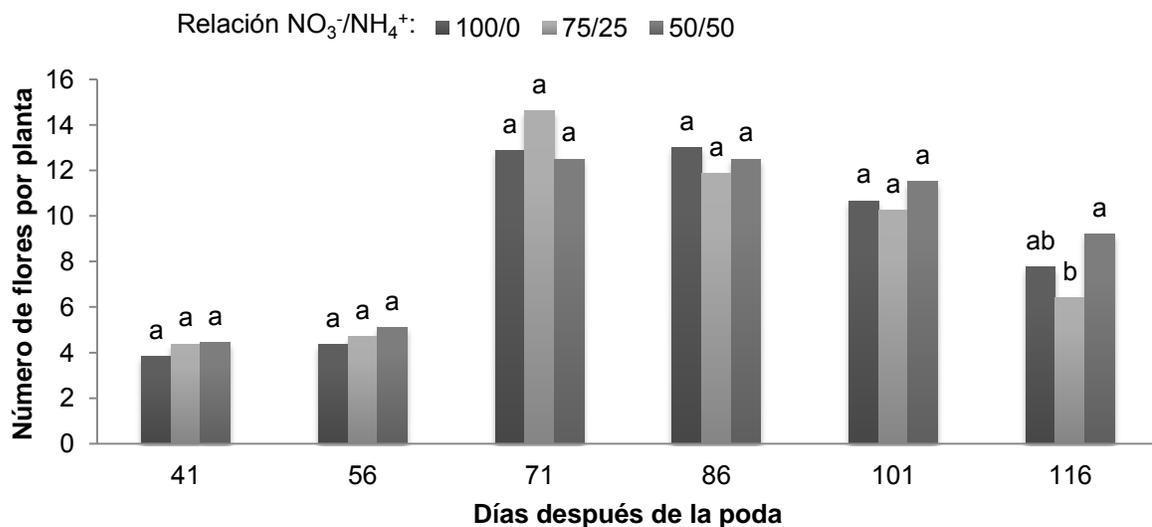


Figura 24. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de flores por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

Por otro lado, el número de botones florales por planta no fue afectado por el vigor de la planta a los 41, 56, 71, 86 y 101 días después de la poda (Cuadro 8).

Solo se observó efecto del vigor a los 118 días después de la poda (Figura 25), donde se tuvo el mayor valor en plantas de medio vigor (16), en comparación con los obtenidos en plantas de bajo vigor (10).

Este comportamiento puede referirse a que el vigor de la planta esta correlacionado de manera directa con la capacidad de las raíces de almacenar reservas de energía. Los carbohidratos que conforman estas reservas son utilizados para iniciar el nuevo crecimiento después de cada poda y sobrevivir a condiciones de estrés. El almacenaje de las reservas continúa durante las etapas de crecimiento, posteriormente el almacenaje de las reservas (fotoasimilados) declina, al utilizar la planta energía para el inicio de floración (aparición de botones florales o maduración del fruto) o para seguir con su crecimiento vegetativo (Taiz y Zeiger, 1991; Parra, 2003).

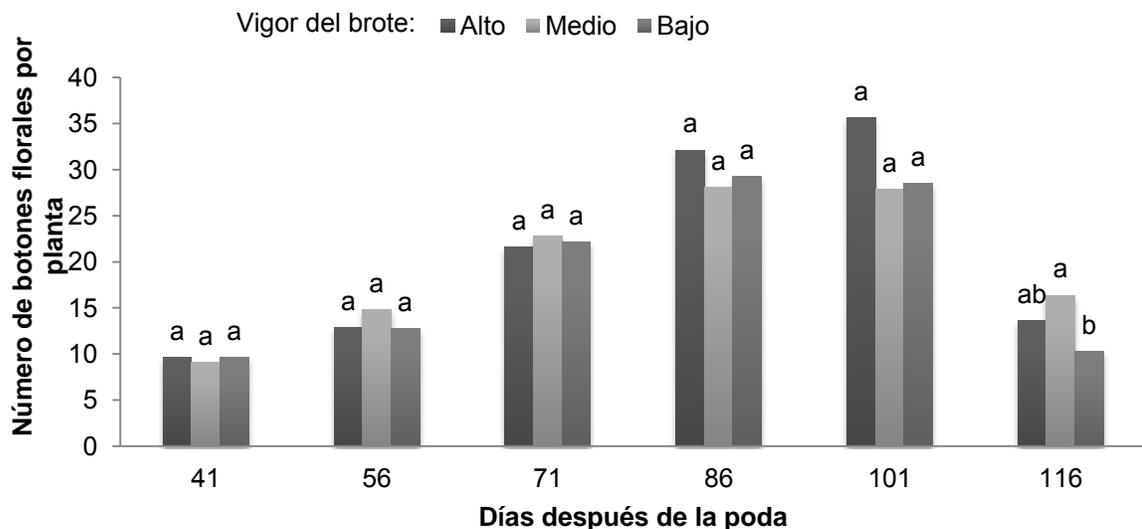


Figura 25. Efecto del vigor sobre el número de botones florales por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

En relación, al suministro de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, éstas no influyeron de manera consistente en el número de botones florales por planta a los 41 y 56 días después de la poda (Cuadro 8).

Mientras que, a los 71 días después de la poda el suministro $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afectó el número de botones, teniendo el mayor número en plantas tratadas con la relación 50/50 (28), resultados mayores a los obtenidos con las relaciones 100/0 (18) y 75/25 (19). En tanto que, a los 86, 101 y 116 días después de la poda no se observó efecto alguno del suministro de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Figura 26).

Morgan (2001) evaluó el efecto de diferentes proporciones de NH_4^+ (0, 10, 20 y 30%) en plantas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) cultivadas en sistema NFT y en condiciones de baja luminosidad. Encontró que el NH_4^+ hace prematura la floración, este efecto tiende a incrementarse al aumentar el porcentaje de NH_4^+ , obteniendo los valores más altos con 30% y los más bajos con 0% y 10% de NH_4^+ . Este comportamiento puede deberse a que el nivel más alto de NH_4^+ incrementa la concentración de N reducido en la planta, provocando una mayor producción de poliaminas, las que a su vez están

asociadas con el incremento en la síntesis de giberelina, ADN, ARN y proteínas (Amberger, 1984).

Al respecto, Marschner (1990) indica que la aplicación de urea vía foliar aumenta el vigor de la planta, porque es una fuente de N que participa en la síntesis de aminoácidos en la planta. En este caso, el NH_4^+ , causa cambios hormonales: por ejemplo un incremento en la concentración de citocininas (Faust, 1989).

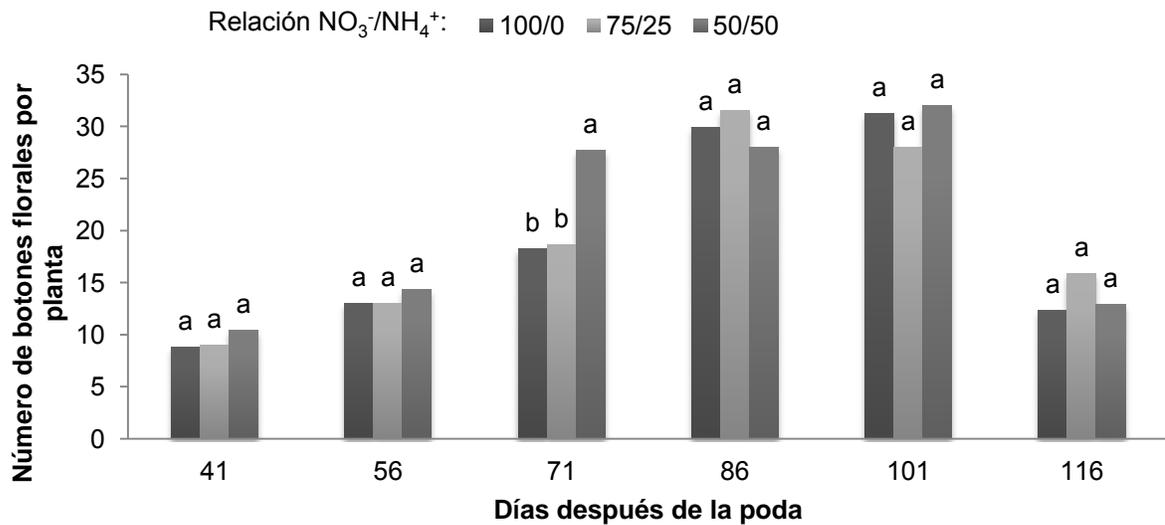


Figura 26. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de botones florales por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.1.5 Rendimiento

6.1.5.1 Número de frutos

El vigor y la aplicación de las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ influyeron sobre el número de frutos durante la primera cosecha (Cuadro 9), cuando las plantas con vigor alto obtuvieron el mayor valor (3) (Figura 27).

Para que una planta alcance una mayor producción está debe poseer una reserva de carbohidratos, los cuales se utilicen para el desarrollo y maduración del fruto. Para ello, un crecimiento vigoroso de los tallos, ramas y hojas producen suficiente energía para

continuar con el crecimiento y comenzar nuevamente el almacenaje de reservas en tallos y raíces, y que exista un incremento en la proporción de los tejidos estructurales y reservas conforme la planta madure o envejece (Taiz y Zeiger, 1991).

En cultivos perennes la concentración de nutrientes en hojas y otros órganos fluctúan con los rebrotes estacionales y crecimientos, con el desarrollo de frutos, y también varían entre hojas de ramas vegetativas y fructíferas. Así, las hojas superiores envían sus productos para el desarrollo de la yema apical y de las hojas inmaduras próximas a ésta; por su parte, los fotoasimilados producidos por las hojas inferiores son utilizados por el sistema radical, mientras las hojas restantes o intermedias desvían sus productos en ambas direcciones (Taiz y Zeiger, 1991), sin embargo, la distribución puede cambiar durante el desarrollo de la planta, en la etapa reproductiva, los frutos tienen prioridad por los fotoasimilados (Parra, 2003).

Cuadro 9. Significancia estadística en el rendimiento de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F.V.	gl	Número de frutos		Peso de frutos con cáliz		Peso de frutos sin cáliz	
		Días después de la poda					
		102	119	102	119	102	119
Vigor	2	*	ns	ns	ns	*	ns
NH ₄ ⁺	2	*	ns	ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺	4	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

En cuanto al suministro de NO₃⁻/NH₄⁺, el mayor número de frutos se obtuvieron con las relaciones 50/50 y 100/0 con 3 frutos respectivamente, el efecto contrario resultó durante la segunda cosecha donde el vigor y las relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ no provocaron efecto alguno (Figura 28). Por otra parte, Parra *et al.* (2012) al evaluar el efecto de la relación porcentual de NO₃⁻/NH₄⁺/urea y la concentración de potasio en la solución nutritiva sobre el rendimiento de fruto de tomate en hidroponía (*Solanum lycopersicum* L.

cv. IB-9), no encontraron efecto positivo de los tratamientos sobre el número de frutos por planta, el número varió de 17.3 a 19.5 frutos.

Estos resultados contrastan con los de Siddiqi *et al.* (2002) y Bialczyk *et al.* (2007), quienes al añadir 10 y 20% del nitrógeno total en forma de NH_4^+ en la solución nutritiva, obtuvieron incrementos de 20% en el número de frutos por planta de tomate de los cultivares Trust F1 y Perkoz F1 comparado con la aquellas tratadas exclusivamente con NO_3^- , lo cual puede atribuirse a que los cultivares de tomate responden genéticamente diferente a las fuentes de N (Ben-Oliel *et al.*, 2005), a variaciones en las condiciones ambientales y experimentales (Kotsiras *et al.*, 2005).

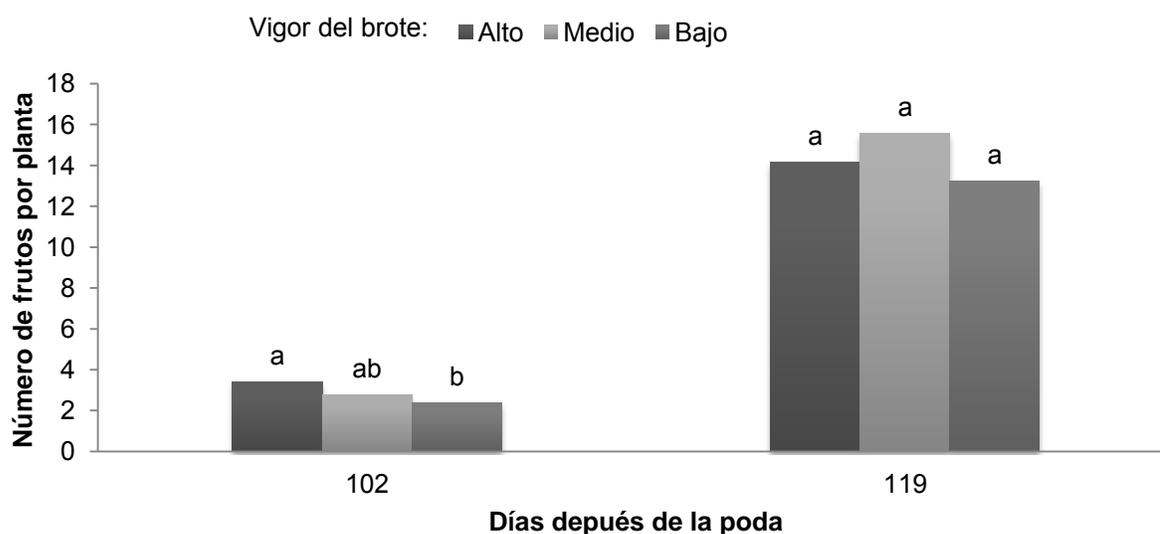


Figura 27. Efecto del vigor sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

Estas variaciones en los resultados tanto del vigor como de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, podría ser debido a que la planta tiene la prioridad de producir más frutos en la primera etapa de producción, para asegurar la supervivencia de la especie, en el caso del suministro de NH_4^+ a la solución nutritiva: Lovatt (1990) menciona que existe una estrecha relación entre la productividad de la planta con el contenido de N reducido y poliaminas, que se incrementan con el abastecimiento de NH_4^+ . A lo que, Houdusse

et al. (2008) encontraron que la presencia de NO_3^- en la solución nutritiva limita la acumulación de poliamina (especialmente putresina) generadas por el NH_4^+ , llevando a una relación putresina:espermidina:espermitina similar a aquellas plantas tratadas exclusivamente con NO_3^- .

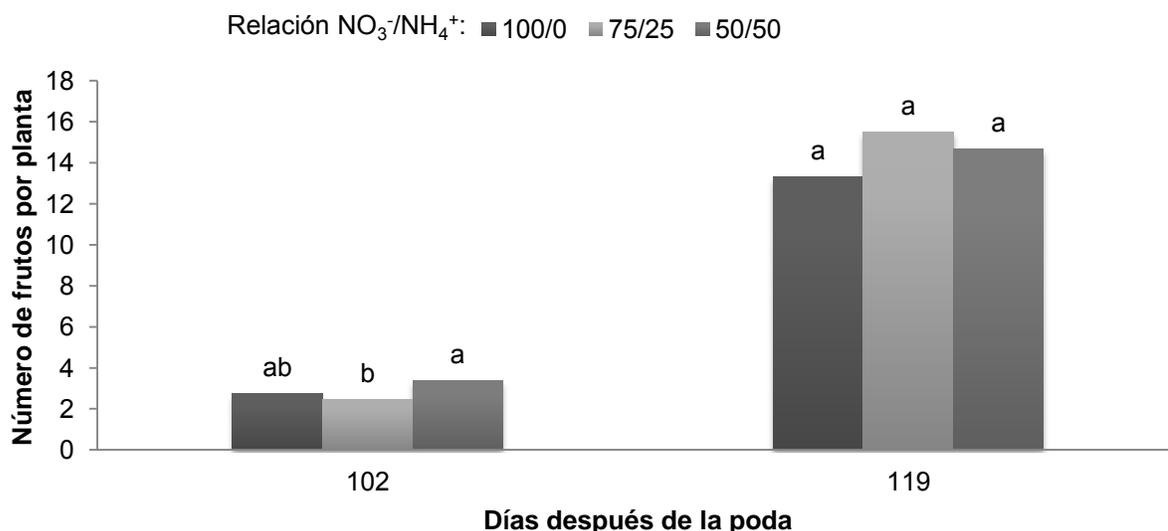


Figura 28. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.1.5.2 Peso de frutos con cáliz

En general, el vigor de la planta y la relación nitrato/amonio no influyeron estadísticamente sobre el peso de frutos con cáliz en ninguna de las cosechas realizadas durante todo el ciclo del cultivo (Cuadro 9). En cuanto al vigor, los mejores pesos de frutos se tuvieron con plantas de medio vigor (28.2 g) y con alto vigor (63.5 g), tanto en la primera y segunda cosecha, respectivamente.

La planta de uchuva presenta un crecimiento indeterminado, siempre desarrollando nuevas ramas, hojas, flores y frutos simultáneamente, por lo que necesita constante suministro de agua y carbohidratos de reserva para el crecimiento vegetativo y la reproducción, especialmente para el llenado del fruto, garantizando una mayor

producción (Fischer, 2000), pero para que se den estos crecimientos en la planta está debe de disponer de un adecuado volumen de raíces que garanticen una buena absorción de nutrientes y agua, y para la síntesis de hormonas (citocininas), teniendo en cuenta que en cada nudo de las ramas, después de la primera bifurcación, se forma un fruto y el área foliar depende de la absorción que realice la raíz; por lo que, una deficiencia en algún nutriente reduce drásticamente la producción en cuanto al número y tamaño de frutos. Al realizar una poda se estimula el crecimiento vegetativo vigoroso de la planta, este a la vez relacionado con la energía de reserva, esta práctica tiene influencia positiva sobre el contenido endógeno hormonal, especialmente de las citocininas, atribuidos a los cambios provocados en el transporte y acumulación de carbohidratos, favoreciendo la tasa de crecimiento del fruto, mejorando el cuajado y peso (Martínez *et al.*, 2008).

Dadomo *et al.* (1994), Dumas *et al.* (1994) y Rodríguez *et al.* (1994) mencionan que el agua, nutrición y la edad de la planta juegan un importante rol en la síntesis y transferencia de elementos necesarios para el fruto e influyen, finalmente en el rendimiento y calidad del fruto de tomate.

En tanto que, para la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, los mejores pesos de frutos con cáliz en la primera (33.1 g) y segunda (64.3 g) cosecha se obtuvieron en plantas tratadas con la relación 75/25, en comparación a los alcanzados en plantas tratadas exclusivamente con nitrato (22.88 y 53.94 g, respectivamente). Gallegos *et al.* (2000) encontraron que en plantas de nopal con una edad aproximada de 2 meses, la mayor cantidad de materia seca de los brotes producidos, se obtuvo con la absorción de N en forma de N-NO_3^- , en promedio fue 20% mayor que cuando se suministró N-NH_4^+ y se observó una tendencia similar en materia seca de la raíz, aunque no se registraron diferencias estadísticamente significativas.

Estos resultados pueden relacionarse al hecho que el N está asociado con un crecimiento vegetativo vigoroso de las plantas, lo cual explica que conforme aumenta la concentración de N en la solución nutritiva el peso del fruto disminuye debido a que este nutriente, en exceso, generalmente estimula el crecimiento vegetativo: hojas

grandes, tallos gruesos o en casos más severos puede ocurrir aborto de flores y se reduce el cuajado de frutos (Castro, 2004; Castellanos y Ojodeagua, 2009).

6.1.5.3 Peso de frutos sin cáliz

El vigor afectó el peso de frutos sin cáliz en la primera cosecha (Cuadro 10). Se obtuvo el mayor rendimiento en plantas de alto vigor (23.4 g). En cambio, en la segunda cosecha no se presentó efecto del vigor sobre el peso de frutos sin cáliz, sin embargo, el mayor rendimiento se registró en plantas de alto vigor (57.05 g) (Figura 29).

Estas ganancias en peso pueden ser el resultado de una adecuada cantidad de carbohidratos, mayor número y grosor de raíces en la planta, estas características están asociadas con el vigor, para abastecer a los puntos de demanda y obtener una producción precoz. El fruto demanda gran cantidad de asimilados desde las hojas, este efecto se verá definido por la genética, el tamaño y número de células, y por el control del metabolismo, almacenamiento y utilización de asimilados por la planta (Ho *et al.*, 1983; Hellman *et al.*, 2000; Stapleton *et al.*, 2001).

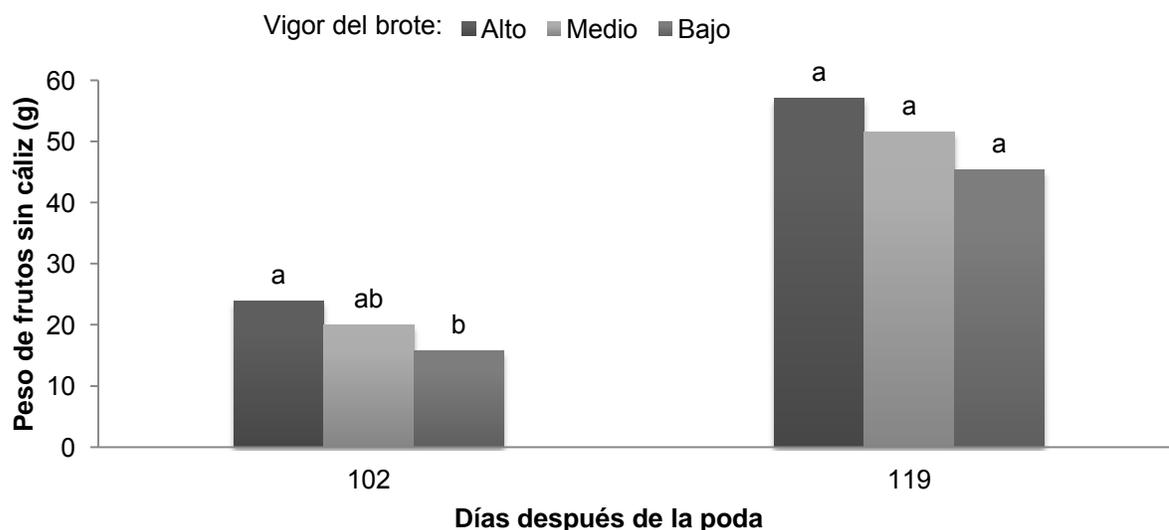


Figura 29. Efecto del vigor sobre el peso de frutos sin cáliz (g) por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

En cuanto, a la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ésta no influyó en el peso de frutos sin cáliz en ninguna de las cosechas, el mayor rendimiento se alcanzó en plantas tratadas con la relación 75/25 (20.99 y 55.46 g, respectivamente), en comparación a los obtenidos en plantas tratadas con NO_3^- (19.54 y 48.46 g, respectivamente).

Una abastecimiento adecuado de NO_3^- y NH_4^+ en las plantas puede substancialmente favorecer la absorción de N total (>75%) que sólo cuando se fertiliza exclusivamente con NO_3^- o NH_4^+ . Posiblemente la respuesta sinérgica más importante al suministrar conjuntamente NO_3^- y NH_4^+ se debe al mayor transporte de N hacia la parte aérea, ya que el N almacenado en los tejidos de la parte aérea puede ser traslocado durante el periodo crítico de llenado de grano y desarrollo del fruto, cuando el reparto de N vía raíces puede llegar a ser debilitado debido al comienzo de la senescencia (Britto y Kronzucker, 2002).

Resultados similares obtuvieron Parra *et al.* (2012) quienes no encontraron diferencia estadística diferente sobre el rendimiento acumulado por planta de tomate, el mayor rendimiento se tuvo en plantas tratadas con la relación 85/15 (4.503 kg planta⁻¹). En contraste, Kotsiras *et al.* (2005), al estudiar diferentes relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el rendimiento y calidad de frutos de pepino (*Cucumis sativa* L.) cultivado en lana roca, observaron que al incrementar la concentración de NH_4^+ en la solución nutritiva el rendimiento total y tamaño de fruto disminuía significativamente. Al respecto, Tabatabaie *et al.* (2006), al estudiar el efecto del suministro de cuatro relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (0/100, 25/75, 50/50 y 75/25) en fresa (*Fragaria mexicana* L.) cv. “Camarosa” y “Selva” encontraron que las plantas tratadas con la relación 25/75 incrementaron significativamente el rendimiento de frutos por planta.

6.1.6 Calidad de Frutos

6.1.6.1 Sólidos solubles totales (°Brix)

El vigor de la planta y la relación nitrato/amonio no influyeron en el contenido de sólidos solubles totales (Cuadro 10), en ninguna de las dos cosechas realizadas. En cuanto, al

vigor, los valores más altos en las primera y segunda cosecha se tuvo en las plantas de alto vigor (12.67 y 10.0 °Brix, respectivamente), en comparación con plantas de medio (12.25 y 9.35 °Brix, respeticivamente) y bajo vigor (12.06 y 9.93 °Brix, respectivamente).

Cuadro 10. Significancia estadística en la calidad de frutos en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F.V.	gl	Sólidos solubles totales (°Brix)		Vida de anaquel	
		Días después de la poda			
		102	119	116	131
Vigor		ns	ns	ns	ns
NH ₄ ⁺		ns	ns	ns	ns
Vigor*NH ₄ ⁺		ns	ns	ns	ns

ns= no significativo;

gl= grados de libertad

En el caso de la relación NO₃⁻/NH₄⁺, los valores más altos se obtuvieron en plantas tratadas con la relación 100/0 tanto en la primera (12.47) y segunda cosecha (10.18), en comparación a los obtenidos en plantas tratadas con la relación 75/25 (12.27 y 9.52) y 50/50 (12.37 y 9.61).

En cambio, Yang *et al.* (2003) indican que la adición NH₄⁺ puede incrementar la calidad de frutos de tomate, encontrando que en plantas irrigadas con una solución nutritiva a una concentración de 50% de NH₄⁺ en combinación con 50% de NO₃⁻, mostraron de manera normal una actividad fotosintética, crecimiento, vigor de raíz y contenido de agua en hoja, mientras que las plantas irrigadas con más del 75% de NH₄⁺ mostraron un escaso crecimiento. Estos investigadores mencionan que con el incremento en la proporción de NH₄⁺ o urea en la solución nutritiva, la concentración total de N y P en las hojas se incrementa, al igual que el contenido de azúcar y vitamina C en frutos, mientras que el contenido de ácido total en el fruto no es afectado.

Rivera (2009) al estudiar el efecto de la fertilización con NO₃⁻/NH₄⁺ en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con raíces separadas, no encontraron diferencias significativas en el

contenido de sólidos solubles totales en frutos de plantas cultivadas en solución, en contraste, con frutos provenientes de plantas cultivadas en tezontle donde se presentó efecto de las relaciones nitrato/amonio, en ambas plantas el máximo valor (°Brix) se tuvo con la relación 6 meq L^{-1} de NH_4^+ .

El NH_4^+ puede influir en la absorción y acumulación de potasio posiblemente debido a que compite con éste para ingresar a las células (Szczerba *et al.*, 2006b); mientras que el potasio puede inhibir la absorción de NH_4^+ en cultivos de maíz y cebada (Wang *et al.*, 1996) o proteger a las plantas de toxicidad debido a altas concentraciones de NH_4^+ (Zhu *et al.*, 1998; Santa-María *et al.*, 2000). En el caso de plantas de tomate, absorbe grandes cantidades de potasio (Marschner, 1995; Chen y Gabelman, 1999) por lo que un adecuado suministro de potasio puede favorecer el uso del NH_4^+ , incrementar la calidad de frutos en sabor, tamaño, color, textura, contenido de sólidos solubles y acidez.

6.1.6.2 Vida de anaquel

Tanto el vigor como la relación nitrato $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no influyeron sobre la vida de anaquel de frutos durante las dos cosechas realizadas durante todo el ciclo (Cuadro 10). En el caso del vigor, en la primera cosecha el mayor número de días se encontró en plantas con vigor medio (13 días), mientras que, en la segunda cosecha se tuvo la mayor duración en plantas con bajo vigor (11 días)

Algunos factores de manejo como las podas, la época de cosecha, el estado de maduración del fruto cosechado, el balance nutricional, el balance hídrico y factores ambientales, ocasionan frutos de mala calidad y menor vida de estante (Fischer, 2000a). Villamizar y Ospina (1995) señalan que la nutrición y edad de la planta de uchuva afectan el tamaño, firmeza y respiración de los frutos cosechados, actuando así sobre la calidad interna y externa.

En cuanto, a la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, el mayor número de días se observó en plantas tratadas con la relación 100/0 (12 y 11 días, para los muestreos a los 116 y 131 días después de la poda, respectivamente), en las dos cosechas realizadas.

Resultados similares obtuvo Villareal *et al.* (2002) al estudiar nueve tratamientos (tres relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tres etapas de desarrollo del cultivo de tomate, con 250 kg ha^{-1} de N; más un testigo equivalente a 450 kg ha^{-1} de N) determinaron que las proporciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ empleadas en las distintas etapas de desarrollo del cultivo, no influyeron significativamente en la vida de anaquel (0 a 20 días).

Resalta el hecho de que la vida de anaquel por efecto de origen y relación amonio/nitrato disminuye en más de un día en el segundo muestreo (Figura 25 y 26). Al respecto, Fischer (2000a) menciona que durante el crecimiento inicial de la planta de uchuva y con una fertilización abundante (especialmente la nitrogenada), los frutos tienden a rajarse y presentar problemas fungosos, provocando una menor vida postcosecha en comparación con los frutos de plantas menos vigorosas.

6.2 Morfología de Plantas de Semilla

6.2.1 Altura de la planta

El suministro de las relaciones nitrato/amonio no influyó en forma consistente sobre la altura de planta presentando efecto tan sólo a los 60 días después del transplante, donde las mayores alturas se presentaron con las relaciones 100/0 (82.67 cm) y 75/25 (80.00 cm), en comparación con la relación 50/50 (74.67 cm).

En tanto que, a los 75 hasta los 150 días después del transplante, los valores más altos correspondieron a las relaciones 75/25 (96.00, 119.25, 125.25, 131.25 y 141.00 cm, respectivamente) y 50/50 (97.00 y 108 cm, respectivamente: Figura 36).

En contraste, González *et al.* (2009), quienes evaluaron diferentes relaciones nitrato/amonio en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía, encontraron diferencia estadística en la altura de planta de albahaca y eneldo. En cambio, en altura de cebollín no se encontró efecto positivo del suministro de las relaciones amonio/nitrato. En ambas plantas la relación 20/80 tuvo las mayores alturas de plantas, lo que indica que la adición en 20% de NH_4^+ a la solución nutritiva favorece el crecimiento de la planta.

Por otra lado, Sandoval-Villa *et al.* (2001) realizaron un estudio con plantas de tomate cultivadas en lana roca en condiciones de invernadero, evaluaron el efecto del suministro de 5 relaciones $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (0:100, 10:90, 20:80, 30:70 y 40:60) en los estados vegetativo, vegetativo+ floración, floración + fructificación, fructificación y en el ciclo completo, y obtuvieron que la concentración de NH_4^+ en la solución no afectó la altura de planta.

Al respecto, Parra *et al.* (2012) al estudiar el efecto de diversas relaciones nitrato/amonio y concentración de bicarbonatos sobre el crecimiento y rendimiento de plantas de tomate, encontraron efecto positivo de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la altura de plantas jóvenes de tomate, el máximo valor se obtuvo en plantas tratadas con la relación 70/30 con 21.8 cm.

6.2.2 Diámetro de tallo

En general, el suministro de la relación nitrato/amonio no influyó sobre el diámetro de tallo, sin embargo, a los 60 y 75 días después del transplante los mayores diámetros se obtuvieron con la relación 100/0 (11.47 y 12.93 mm, respectivamente), en comparación a los que se presentaron con la relación 50/50 (10.75 y 11.83 mm, respectivamente), mientras que, a los 90 días después del transplante el mayor diámetro se tuvo con la relación 75/25 (13.36 mm), resultado mayor al obtenido con la relación 100/0 (12.24 mm).

En cuanto, a los 105 y 120 días después del transplante los mayores diámetros se tuvieron con la relación 50/50, valores superiores a los obtenidos con 100/0. Por otro lado, a los 135 días después del transplante el mayor diámetro se obtuvo con la relación 100/0 (15.57 mm), en comparación con la relación 50/50 (14.07 mm).

A los 150 días después del transplante se presentó efecto de la aplicación de la relación nitrato/amonio, donde el mayor diámetro se alcanzó con la relación 50/50 (16.58 mm), en comparación con 100/0 (14.50 mm) (Figura 37). Los resultados no son estadísticamente diferentes entre los tratamientos, sin embargo, se aprecia que con el suministro de la relación 50/50 existe un incremento del diámetro del tallo.

Por el contrario, Gonzales *et al.* (2009) encontraron diferencia estadística sobre el diámetro de tallo de cebollín y albahaca. El mayor grosor de tallo en cebollín se tuvo con la relación 100/0 $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ y en plantas de albahaca fue la relación 20/80. Mientras que en plantas de eneldo no se presentó efecto positivo del suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el diámetro de tallo, el máximo valor se obtuvo en plantas tratadas con la relación 20/80.

6.2.3 Lecturas SPAD

Las lecturas SPAD no se vieron afectadas por el suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$. En el primer muestreo realizado a los 60 días después del transplante, las mayores lecturas se presentaron en plantas tratadas con la relación 75/25 (52.07) en

comparación con las de la relación 100/0 (50.73), mientras que, a los 75, 90, 105 y 120 días después del trasplante los valores más altos se tuvieron en plantas tratadas con la relación 100/0, en comparación a los encontrados en plantas tratadas con amonio.

Resultados similares obtuvo Gonzales *et al.* (2009) quienes evaluaron diferentes relaciones amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía, donde no se encontró diferencia estadística en lecturas SPAD en cebollín, albahaca y eneldo. Los mayores valores se tuvieron en plantas tratadas con amonio en la solución nutritiva, donde la mejor relación fue la 20/80. Al respecto, Rivera (2009) encontró efecto del suministro de relación nitrato/amonio sobre las lecturas SPAD, los máximos valores tanto en cultivo en solución como para cultivo en tezontle se tuvieron en plantas tratadas con nitrato. Las lecturas se vieron afectadas negativamente cuando el NO_3^- disminuye en la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$; es decir, cuando disminuye el coeficiente de la relación.

Cabe mencionar que a los 90 días después del trasplante se observaron valores de lectura SPAD inferiores a los registrados en los demás muestreos. Este fenómeno se relaciona con la etapa de floración-fructificación de la planta, por lo cual, la demanda de nitrógeno es mayor hacia el desarrollo de frutos (Sandoval *et al.*, 2001).

6.2.4 Número de frutos, flores y botones florales

La relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ influyó sobre el número de frutos por planta, a partir de los 41 hasta los 101 días después del trasplante, el mayor número de frutos se alcanzó en plantas tratadas con la relación 75/25 (Cuadro 11).

En cambio, a los 116 días después del trasplante no se presentó efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, sin embargo, el mayor número de frutos por planta se obtuvo en plantas tratadas con la relación 50/50 (94), en comparación a los encontrados en plantas suministradas con la relación 100/0 (80) (Figura 31). Estos resultados confirman la importancia de la combinación de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el crecimiento y desarrollo de la planta al promover la producción de ramas, hojas y frutos.

Cuadro 11. Significancia estadística en el número de frutos en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F.V.	gl	Días después del trasplante					
		41	56	71	86	101	116
NH ₄ ⁺ (%)	2	*	*	*	*	*	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl=grados de libertad

Sandoval *et al.* (1992) indican que en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) se puede obtener una mayor producción de grano y de materia seca al utilizar NH₄⁺ en porcentajes menores o iguales a 50% de la cantidad de N aplicado que cuando la planta es suministrada exclusivamente con NO₃⁻. Osorio *et al.* (2003) y Chen *et al.* (1998) en plantas nutridas con mezclas de NH₄⁺:NO₃⁻ observaron una mayor producción de biomasa en comparación con plantas tratadas con NH₄⁺ o NO₃⁻ de manera independiente.

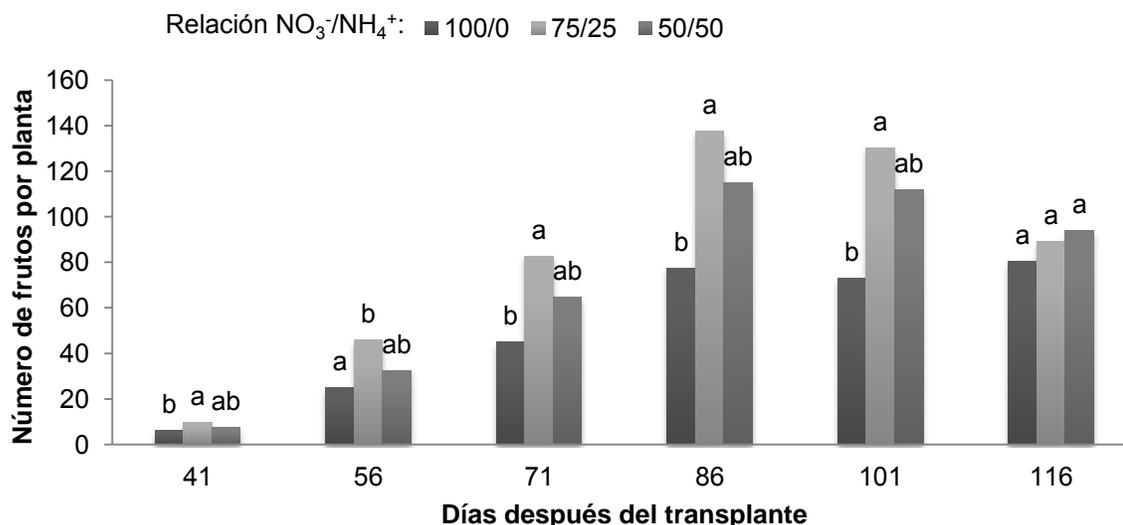


Figura 30. Efecto de la relación NO₃⁻/NH₄⁺ sobre el número de frutos por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

El número de flores por planta fue afectado por el suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Cuadro 12).

A los 41 y 56 días después del trasplante no se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, el mayor número de flores se encontró en plantas tratadas con la relación 50/50, valores superiores a los obtenidos por la relación 100/0. En cambio, a los 71 y 86 días después del trasplante se presentó efecto del suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el número de flores por planta. Se tuvo el mayor número de flores en plantas tratadas con la relación 75/25 (15) y 50/50 (16), respectivamente, en cada muestreo, mientras que, a los 101 y 116 días después del trasplante no se presentó efecto de los tratamientos, se tuvo el mayor número de flores en plantas tratadas con la relación 50/50 (10) y 75/25 (5) (Figura 31).

Cuadro 12. Significancia estadística en el número de flores y botones florales en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F. V.	gl	Días después del trasplante					
		41	56	71	86	101	116
Flores por planta							
NH_4^+	2	ns	ns	*	*	ns	ns
Botones de florales por planta							
NH_4^+	2	*	ns	ns	*	ns	*

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl=grados de libertad

En la Figura 31 se aprecia que el número de flores por planta fue decreciendo con el tiempo, este comportamiento se atribuye al envejecimiento de la planta o por efecto de la forma del N, al formar parte importante en la síntesis de proteínas y formación de clorofila. Además, participa activamente en el crecimiento vegetativo y juega un papel importante en la determinación del número de flores y frutos (Rodríguez *et al.*, 1989; Menezes dos Santos, 1992).

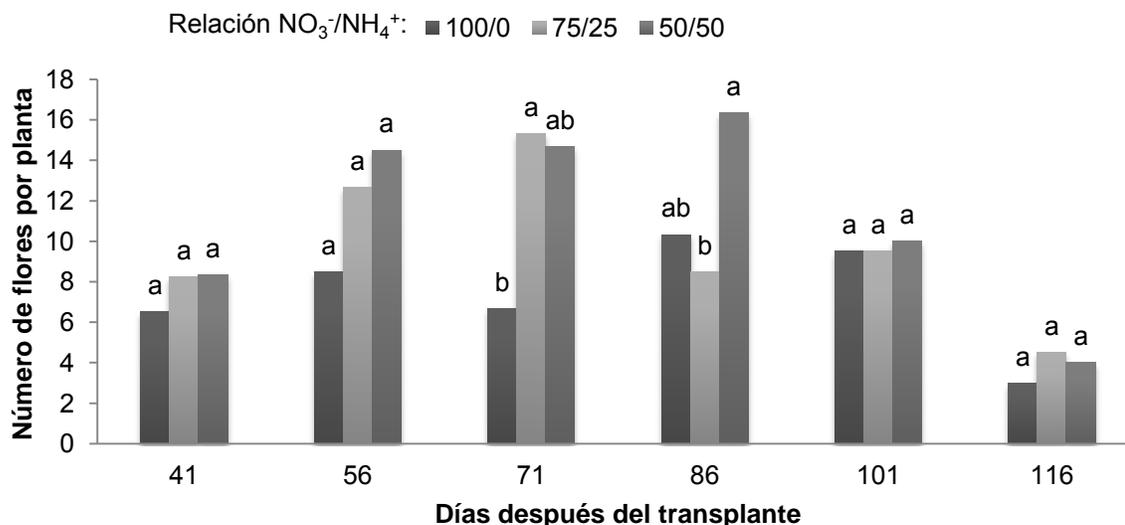


Figura 31. Efecto de la relación NO₃⁻/NH₄⁺ sobre el número de flores por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

Resultados similares obtuvieron Bugarin *et al.* (1988) quienes evaluaron diferentes concentraciones de NH₄⁺: cationes en la solución nutritiva sobre el crecimiento y floración de tres variedades de crisantemo [*Dendranthema x glandiflorum* (Ramat) Kitam.]: Puma, Funflower e Improved Funshine, donde encontraron efecto positivo del amonio sobre el número de inflorescencias al momento de la cosecha. Los máximos valores se tuvieron con las concentraciones de 4.5 y 3.0 meq L⁻¹ de NH₄⁺.

El número de botones florales por planta fue afectado por la relación NO₃⁻/NH₄⁺ a los 41 días después del transplante (Cuadro 12), el mayor número se encontró en plantas tratadas con 50% de NH₄⁺ (21), en comparación con plantas fertilizadas únicamente con nitrato (10).

En tanto que, a los 56 y 71 días después del transplante no se presentó efecto de la aplicación de la relación NO₃⁻/NH₄⁺. Se tuvo el mayor número de botones con la adición de 25% de NH₄⁺, en comparación con plantas tratadas exclusivamente con nitrato, mientras que, a los 86 días después del transplante el suministro de la relación NO₃⁻

NH_4^+ afectó el número de botones florales, teniendo el mayor número con la presencia de 50% NH_4^+ en la solución nutritiva (27) (Figura 32).

En cambio, a los 101 días después del transplante no se presentó efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, el máximo valor se alcanzó en plantas tratadas con la relación 50/50 (27). En contraste, en el último muestreo realizado a los 116 días después del transplante se encontró efecto del suministro de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, el mayor número de botones se alcanzó en plantas tratadas con la relación 75/25 (17) (Figura 32).

Los resultados obtenidos en esta variable, se ve afectada de forma positiva por el suministro de NH_4^+ en la solución nutritiva, observando un incremento en el número de botones florales por planta.

En la Figura 32 en cada muestreo realizado el número de botones florales por planta vario constantemente y fue disminuyendo conforme avanzó el tiempo. Rodríguez *et al.* (1989) y Menezes Dos Santos (1992) mencionan que está disminución de botones florales puede ser efecto de una deficiencia en fósforo, que atrasa el desarrollo de la planta y retarda la diferenciación de las yemas florales, resultando una disminución del número de frutos por planta.

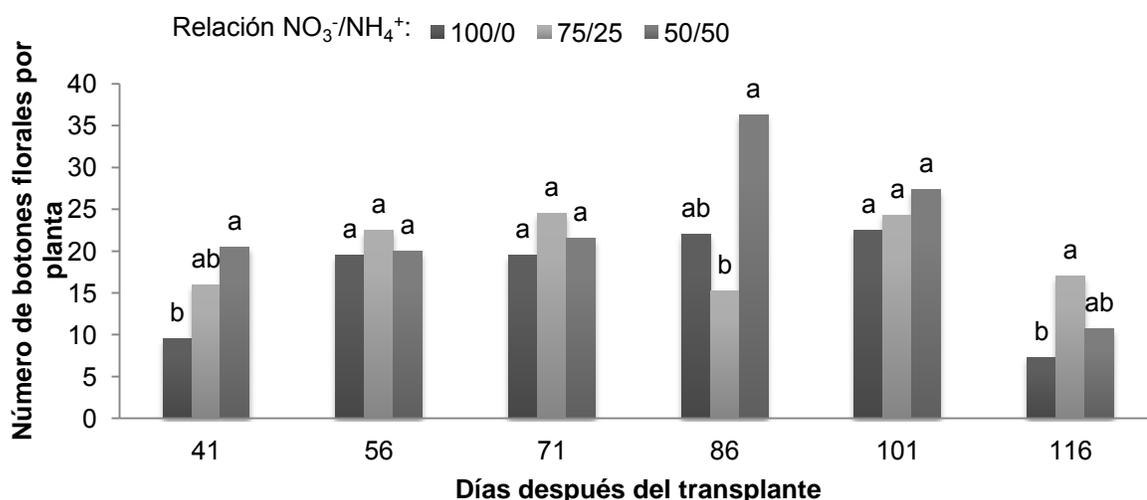


Figura 32. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de botones florales por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.2.5 Rendimiento

6.2.5.1 Número de frutos

La relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no influyó en el número de frutos cosechados por planta en las dos primeras cosechas (Cuadro 13). Sin embargo, en la primera cosecha el mayor número de frutos se tuvo en plantas tratadas con la relación 100/0 (5), mientras que en la segunda el mayor número de frutos se obtuvo en plantas tratadas con la relación 50/50 (13).

En contraste, en la última cosecha la aplicación de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afectó el número de frutos por planta, el mayor número se presentó en plantas tratadas con la relación 75/25 (44) (Figura 33).

Cuadro 13. Significancia estadística en el rendimiento de fruto de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F. V.	gl	Número de frutos			Peso de frutos con cáliz			Peso de frutos sin cáliz		
		Días después del trasplante								
		92	102	119	92	102	119	92	102	119
NH_4^+ (%)	2	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

Parra *et al.* (2012) evaluaron el crecimiento y rendimiento de plantas tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con diversas relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$: 100/0, 85/15 y 70/30, y concentraciones de bicarbonato, donde no encontraron efecto significativo de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, cabe mencionar que el mayor rendimiento se tuvo en plantas tratadas con 15% de NH_4^+ en la solución nutritiva ($4.503 \text{ kg planta}^{-1}$).

En contraste, Dong *et al.* (2004) utilizando diferentes proporciones de NH_4^+ y NO_3^- en la solución nutritiva aplicada a plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado en hidroponía indican que al suministrar la proporción de 25% NH_4^+ y 75% NO_3^-

incrementa el peso fresco y seco, por lo que señalan que un porcentaje apropiado de N en forma de NH_4^+ en la solución nutritiva es importante para la nutrición con N.

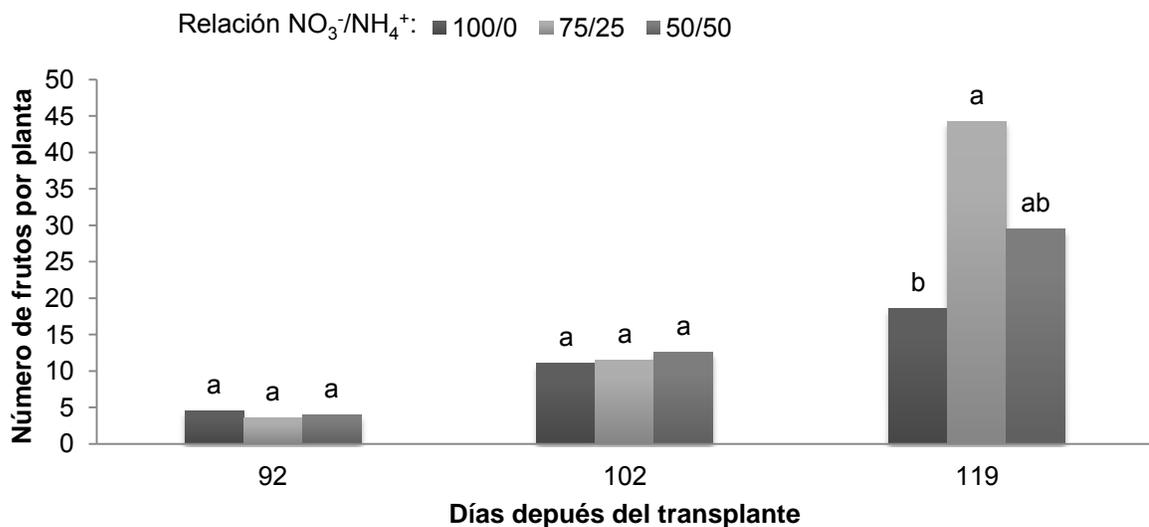


Figura 33. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre el número de frutos cosechados por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$)

6.2.5.2 Peso de frutos con cáliz

La relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ no influyó en el peso de frutos con cáliz en las dos primeras cosechas (Cuadro 13). Se tuvo los mayores rendimientos en plantas tratadas con amonio, es decir, con la relación 50/50 (15.80 y 50.00 g por planta, respectivamente).

En contraste, en la última cosecha, la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afectó el peso de frutos con cáliz, los mayores rendimientos se obtuvieron con la incorporación de NH_4^+ en la solución nutritiva, en este caso en plantas tratadas con las relaciones 75/25 (168.38 g) y 50/50 (106.58 g), en comparación a los encontrados en plantas tratadas con nitrato (60.30 g) (Figura 34).

Algunas investigaciones han concluido que para obtener más altos rendimientos de tomate, las concentraciones óptimas de NH_4^+ en cultivo hidropónico deben estar

alrededor de 25 a 30% de N total en la solución (Granmore-Neuman y Kafkafi, 1980; Hartman *et al.*, 1986).

Al respecto, Sandoval *et al.* (2001) encontraron que la concentración de NH_4^+ en la solución y el periodo de abastecimiento no afectó el rendimiento de frutos en tomate al suministrar diferentes relaciones $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ en los estados vegetativo, vegetativo + floración, floración + fructificación y fructificación y en todo el ciclo completo. Lo anterior contrasta con Bialczyk *et al.* (2007) al trabajar con tomate en cultivo hidropónico bajo invernadero, encontraron que las plantas cultivadas en un medio con NH_4^+ fueron afectadas hasta 25% de su rendimiento comparadas con las que se desarrollaron con NO_3^- .

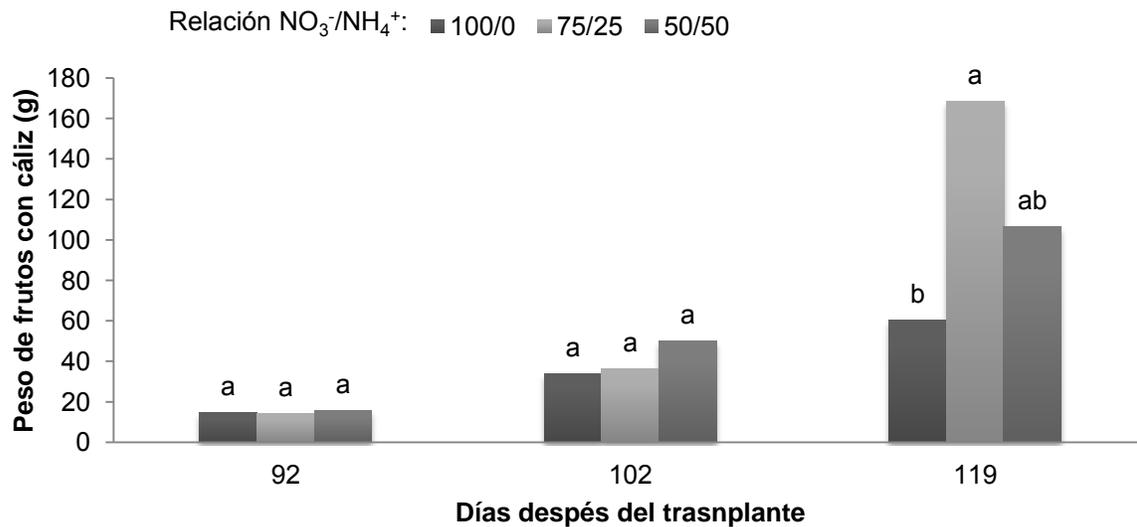


Figura 34. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el peso de frutos con cáliz por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.2.5.3 Peso de frutos sin cáliz

El peso de frutos sin cáliz por planta no fue afectado en las dos primeras cosechas por la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Cuadro 13). Se encontró el mayor rendimiento en plantas tratadas con la relación 50/50 (12.95 y 45.25 g, respectivamente). En contraste, en la

última cosecha la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ afectó el peso de frutos sin cáliz por planta, el mejor rendimiento se alcanzó en plantas tratadas con la relación 75/25 (153.60 g por planta) (Figura 35).

Al respecto, Tucuch *et al.* (2011) al estudiar el efecto de diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaños de partícula de sustrato sobre la producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) encontraron diferencia estadística diferente sobre el rendimiento, el máximo valor se tuvo en plantas tratadas con la relación 20/80 (77.45 g planta⁻¹), en comparación con plantas tratadas exclusivamente con nitrato que presentaron el rendimiento más bajo (53.12 g planta⁻¹).

Lo anterior concuerda con lo obtenido por Amboise y Brutus (2001) quienes al evaluar el efecto de la combinación de $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ en proporciones 0:3, 1:2, 2:1 y 3:0; (3= 150 kg ha⁻¹), sobre el rendimiento de frutos de *Lycopersicon esculentum* Mill., obtuvieron que las plantas con la proporción 1:2 ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) resultaron con un mayor valor (46.19 Mg ha⁻¹).

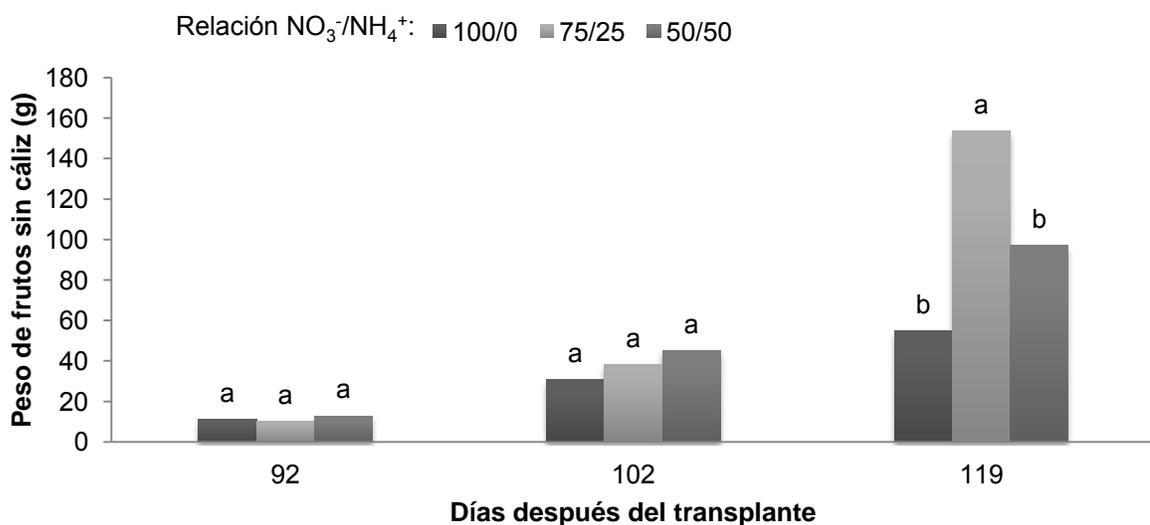


Figura 35. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en el peso de frutos sin cáliz (g) por planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

Como se aprecia en la Figura 35 el peso de fruto sin cáliz fue variable en cada cosecha realizada, este comportamiento se puede atribuir a que las semillas originan plantas con

frutos que presentan alta variabilidad. Sandhu *et al.* (1989) mencionan que las uchuvas propagadas por semillas varían en crecimiento, vigor, rendimiento y calidad del fruto.

6.2.6 Calidad de frutos

6.2.6.1 Sólidos solubles totales (°Brix)

En general, la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ influyó sobre la concentración de sólidos solubles totales (Cuadro 14). En la primera cosecha no se presentó efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, sin embargo, la mayor concentración de sólidos solubles totales se tuvo en frutos de plantas tratadas con la relación 100/0 (15.65 °Brix).

Cuadro 14. Significancia estadística sobre sólidos solubles y vida de anaquel de frutos en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla con la aplicación de diferentes formas de nitrógeno.

F.V.	gl	Sólidos solubles totales (° Brix)			Vida de anaquel		
		Días después del transplante					
		92	102	119	102	115	130
NH_4^+ (%)	2	ns	*	*	*	*	ns

ns= no significativo; *= significativo con $P \leq 0.05$; gl= grados de libertad

En cambio, en la segunda y tercera cosecha el contenido de sólidos solubles totales fue afectado por la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, encontrando el mayor contenido de °Brix en frutos de plantas tratadas con la relación 75/25 (14.25) y 100/0 (15.65), respectivamente en cada cosecha (Figura 36).

Cabe mencionar que la concentración de sólidos solubles totales en frutos de uchuva es alta. Al respecto, Duran (2009) señala que en frutos maduros se tiene entre 13 y 15 °Brix y en frutos pintones entre 9 y 13 °Brix. Sin embargo, en estado de madurez pueden presentar valores de 14.7 a 25 °Brix. Por otro lado, Gastelum *et al.* (2013) al

evaluar diferentes concentraciones de la solución nutritiva Steiner (25, 50, 75 y 100%) obtuvo valores entre 12.30 a 16.90°Brix.

Amboise y Brutus (2001) al evaluar el efecto de la combinación de $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en proporciones de 0:3, 1:2, 2:1, y 3:0 ($3= 150 \text{ kg ha}^{-1}$) sobre la concentración de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de tomate, encontraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Como se observa en la Figura 36 la concentración de sólidos solubles totales de los frutos disminuyó en las dos últimas cosechas (102 y 119 días después del transplante), éste efecto se atribuye a la edad de la planta o por influencia de la forma del N suministrada, a lo que, Dumas *et al.* (1994) señalan que la influencia del N es variable, con exceso de N, la concentración de sólidos solubles decrece, y con una deficiencia de N la concentración de éstos aumentan. En cambio, Dadomo *et al.* (1994) mencionan que el N no tiene influencia en esta variable de calidad.

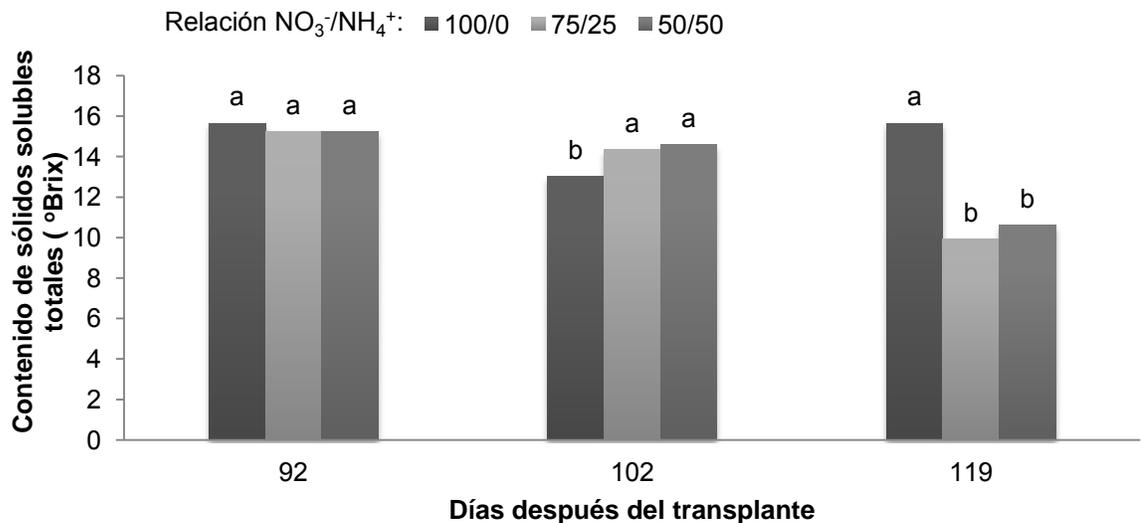


Figura 36. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

6.2.6.2 Vida de anaquel

La vida de anaquel en las dos primeras cosechas fue afectada por la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (Cuadro 14). En la primera cosecha los frutos de plantas tratadas con la relación 100/0 (10 días) tuvo la mayor vida de anaquel. Mientras que, en la segunda cosecha, la mayor vida de anaquel se obtuvo en frutos de plantas tratadas con la relación 50/50 (13 días).

En contraste, en la última cosecha no se presentó efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$, sin embargo, la mayor duración se encontró en frutos de plantas tratadas con la relación 100/0 (7 días) y 75/25 (7 días) (Figura 37).

Resultados similares obtuvo Rivera (2009) quien al evaluar el efecto de la fertilización amonio/nitrato en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con raíces separadas encontró diferencia estadística significativa entre los tratamientos sobre la vida de anaquel, en frutos de plantas cultivadas en solución, la mayor vida postcosecha se tuvo con la relación 9 meq L^{-1} NO_3^- : 3 meq L^{-1} de NH_4^+ , mientras que, en frutos de plantas cultivadas en tezontle la mayor duración se tuvo con las relaciones 12 meq L^{-1} NO_3^- y 9 meq L^{-1} NO_3^- : 3 meq L^{-1} de NH_4^+ .

En cambio, Tabatabaie *et al.* (2006) al estudiar el efecto de cuatro relaciones $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ (0:100, 25/75, 50/50 y 75/25) en fresa (*Fragaria vesca* L.) cv. "Camarosa" y "Selva" encontraron que el incremento de la proporción de NH_4^+ en la solución de 0 a 75% redujo significativamente la vida postcosecha en ambos cultivares.

Por otro lado, Valencia (1985) señala que la vida poscosecha será mayor en presencia del cáliz, esto se debe a que el fruto está cubierto por una sustancia pegajosa segregada por tejidos glandulares ubicados en la base del cáliz, con la función de repeler el ataque de hongos e insectos. Lo antes mencionado lo confirma Herrera (2000) quien menciona que el cáliz del fruto prolonga la vida poscosecha en 2/3 más que en frutos sin cáliz, pero para obtener mayor protección y longevidad se deben realizar los procesos de secado del cáliz. Por lo que es importante tener en cuenta el momento de cosecha, la cual se realice de acuerdo a los índices de madurez.

Como se observa en la Figura 37 la vida de anaquel de los frutos tanto de la primera como la tercera cosecha disminuyó en un 50% en comparación con la duración de los frutos obtenidos en la segunda cosecha, este comportamiento se puede atribuir a una alteración en el balance entre el nitrógeno y potasio. Una relación adecuada entre nitrógeno y potasio determina el equilibrio entre los procesos vegetativos y reproductivos de la planta de tomate, el potasio actúa como regulador del crecimiento cuando la disponibilidad de N es alta, garantizando una adecuada formación del rendimiento, regula la aparición de desórdenes fisiológicos que inciden en la apariencia interna y externa de los frutos, especialmente en el color, y que constituye un aspecto del manejo agronómico que incide en la durabilidad de la cosecha (Gent, 2004; Mikkelsen, 2005).

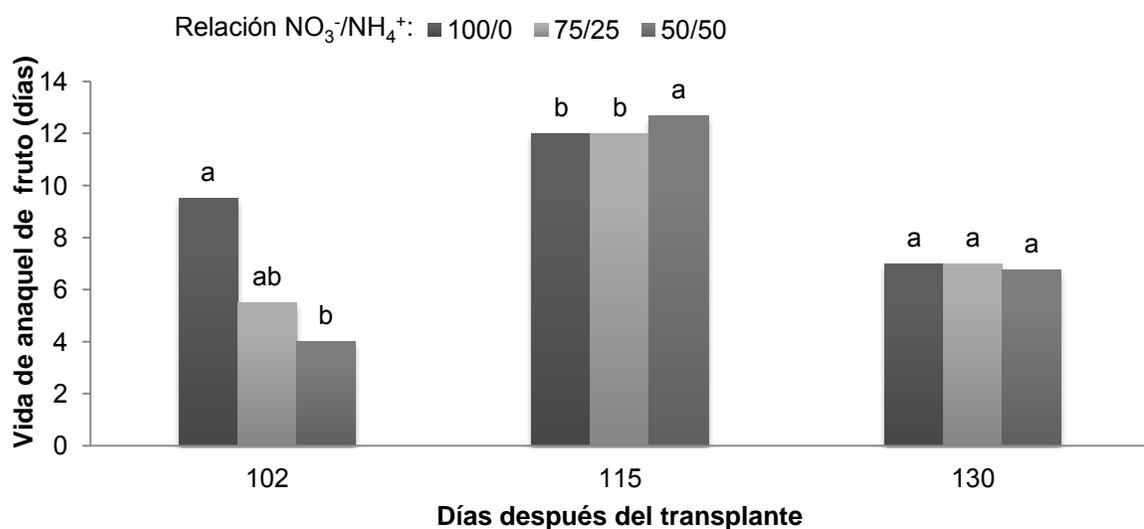


Figura 37. Efecto de la relación NO₃⁻/NH₄⁺ sobre la vida de anaquel de frutos de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla. Medias con letras distintas, en cada muestreo, indican diferencias significativas (Tukey $P \leq 0.05$).

VII. DISCUSIÓN GENERAL

Las mayores alturas de plantas se tuvieron en plantas con origen de rebrote. Las de alto vigor presentaron 156.60 cm y las tratadas con la relación 75/25 alcanzaron 155.36 cm (Cuadro 1A), mayores a las plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50 (141 cm), existiendo una diferencia de 10.18% (14.36 cm) (Cuadro 9A). En ambos orígenes de plantas, la presencia de amonio en la solución nutritiva influyó positivamente en la altura de planta.

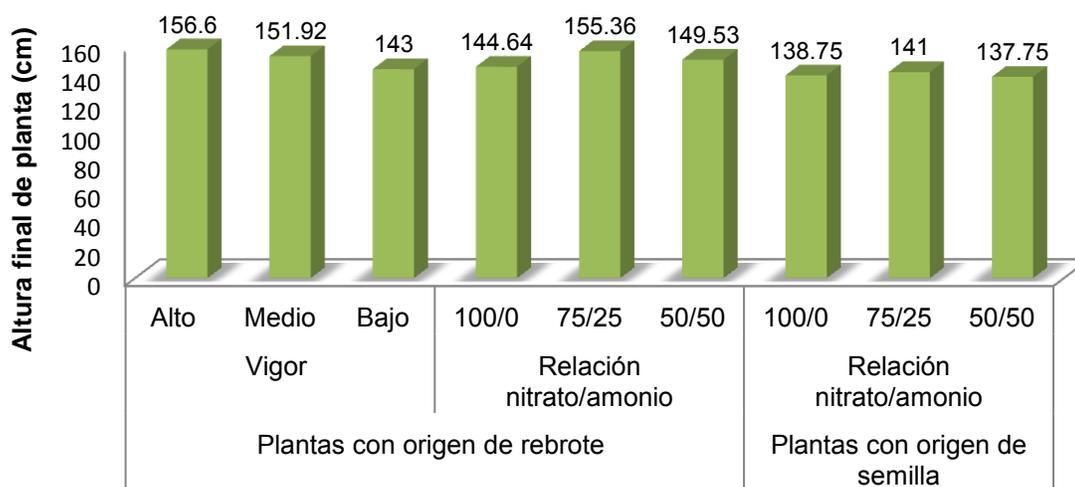


Figura 38. Efecto de la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ sobre la altura final de plantas (cm) con origen de rebrote y con origen de semilla.

Las plantas de vigor bajo, las suministradas exclusivamente con nitrato y las de semilla ocasionaron plantas pequeñas (Figura 38), especialmente cuando estas plantas provenientes de semillas fueron suministradas con 50% de NH_4^+ . La adición de NH_4^+ junto con NO_3^- a la solución nutritiva aumenta la eficiencia de absorción de N y promueve mayor crecimiento en la planta, cuando las condiciones de crecimiento son favorables (Elliot y Nelson, 1983). Sin embargo, altas proporciones de NH_4^+ pueden ocasionar desórdenes fisiológicos como es el caso de la disminución en la concentración de Ca, K y Zn en hojas (Fleming *et al.*, 1987).

El mayor diámetro de tallo se tuvo en plantas de semilla tratadas con la relación 50/50 (16.59 mm) (Cuadro 10A) en comparación con las plantas con origen de rebrote con vigor medio (13.02 mm) y tratadas con la relación 75/25 (14.10 mm), existiendo una diferencia de 17.65% (2.49 mm) (Cuadro 2A). Las plantas tratadas exclusivamente con nitrato tuvieron un efecto negativo en el diámetro de tallo, en comparación con plantas tratadas con amonio en la solución nutritiva (Figura 39).

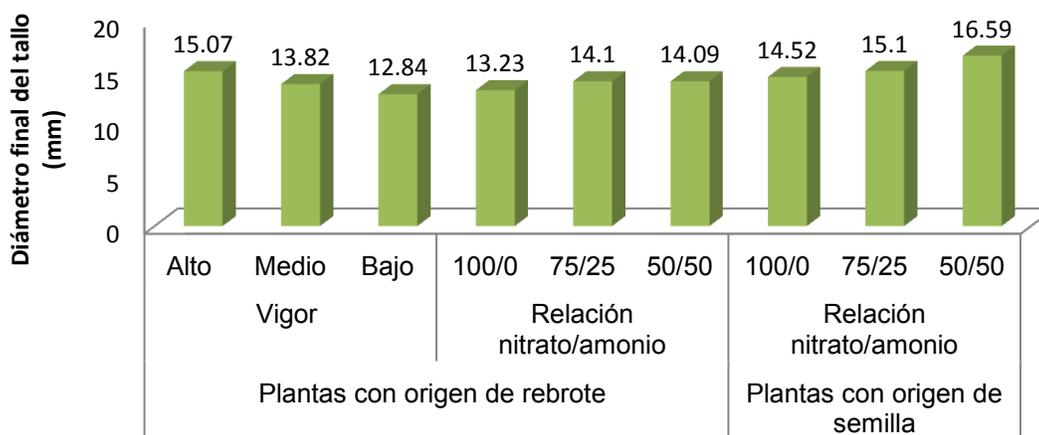


Figura 39. Efecto de la relación sobre el diámetro final del tallo en plantas con origen de rebrote y con origen de semilla.

González *et al.* (2009) señalan que en el cultivo de albahaca se incrementa el 15% del rendimiento aplicando una relación 20/80 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) y en el cultivo de eneldo (*Anethum graveolens*) con una relación 40/60, se incrementa el área foliar y la biomasa total. Al respecto, Preciado *et al.* (2002) mencionan que la importancia fisiológica del área foliar está relacionada con la fotosíntesis y por consiguiente, con una mayor producción de esqueletos carbonados, los cuales son utilizados y almacenados en el tallo de la planta.

En cuanto a las lecturas SPAD, solo se presentó diferencia estadística en plantas con origen de rebrote a los 15 y 30 días después de la poda (Cuadro 3A). En plantas con vigor alto se tuvo el mayor valor SPAD (37.30) a los 15 días después de la poda,

mientras que, a los 30 días después de la poda en plantas tratadas con la relación 50/50 se obtuvo el mayor valor (47.50). En plantas con origen de semilla no hubo diferencias significativas entre las relaciones nitrato/amonio, se encontró el mayor valor en plantas tratadas con la relación 100/0 (Cuadro 11A). Las plantas con origen de semilla presentaron las mayores lecturas SPAD con una media general de 51.21, en comparación con la media general obtenida en plantas con origen de rebrote (45.81). El contenido de la clorofila y la absorción de N se han correlacionado con la lecturas SPAD en diversas condiciones ambientales como la intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de N, entre otros (Hiderman *et al.*, 1992; Piekielek y Fox, 1992).

Las plantas con origen de semilla presentaron el mayor número de frutos por planta que en plantas con origen de rebrote. El valor máximo en las primeras fue de 94 frutos (Cuadro 12A) con la relación 50/50, mientras que en las segundas con vigor alto fue de 82 frutos y en plantas tratadas con la relación 50/25 fue de 61 frutos por planta (Cuadro 4A). Las plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50 superan en 54.1% (33 frutos) a las plantas con origen de rebrote tratadas con la misma relación. La fertilización exclusiva de nitrato (100/0) influyó negativamente en el número de frutos por planta, ya que se presentaron valores menores en esta variable con 80 y 60 frutos en plantas con origen de semilla y de rebrote, respectivamente. Contrastando dichos valores, las plantas con origen de semilla superan en 33.3% (20 frutos) a las plantas con origen de rebrote. La combinación de NO_3^- con bajas cantidades de NH_4^+ produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima probablemente difiere entre las distintas especies y podría cambiar con la edad de la planta. Al utilizar altas concentraciones NH_4^+ se acumulan en los tejidos de los brotes, induciendo así una disminución en la fotosíntesis y provocar una reducción en el crecimiento y la producción del cultivo (Haynes, 1986; Puritch y Barker, 1967; Goyal *et al.*, 1982; Marques *et al.*, 1983).

El mayor número de flores por planta se tuvo en plantas con origen de rebrote con vigor medio (10 flores) y tratadas con la relación 50/50 (9 flores) (Cuadro 5A). En cuanto, a

plantas con origen de semilla el mayor número de flores por planta se presentó con la relación 75/25 (5 flores) (Cuadro 13A). Contrastando los valores obtenidos entre las plantas con origen de rebrote y de semilla tratadas con la relación nitrato/amonio, las primeras superan en un 80% (4 flores) a las plantas con origen de semilla. En ambos orígenes de plantas, la fertilización exclusiva de nitrato provoca un efecto negativo al presentar los valores más bajos en el número de flores (12 y 3 flores por planta, con origen de rebrote y de semilla respectivamente). Elliot y Nelson (1983) indican que la adición de NH_4^+ a la solución nutritiva en concentraciones menores que 30 % del N total permite incrementar las tasas de crecimiento en plantas de crisantemo, aumentando la precocidad de la floración (3 a 7 días) y tiene un efecto favorable en el número de inflorescencias/tallo, longitud de tallo y color verde de las hojas (Kasten y Sommer, 1990; Stensvand y Gisrelod, 1992).

El mayor número de botones florales por planta, se presentó en plantas con origen de semilla que en plantas con origen de rebrote. El valor máximo de botones flores en plantas con origen de semilla tratadas con la relación 75/25 fue de 17 botones florales (Cuadro 14A), mientras que, en plantas con origen de rebrote con vigor medio y tratadas con la relación 75/25 fue de 16 botones florales respectivamente (Cuadro 6), existiendo una diferencia mínima del 6.3% (1 botón floral). La adición de amonio a la solución nutritiva tiene un efecto positivo al incrementar el número de botones flores por plantas en comparación con aquellas que son tratadas exclusivamente con nitrato (100/0). El suministro de NH_4^+ puede incrementar las concentraciones de N en la planta, provocando una mayor producción de poliaminas, las que a su vez están asociadas con el incremento en la síntesis de giberelina, ADN, ARN y proteínas (Amberger, 1984; Southwick *et al.*, 1997). Esto podría explicarse, debido a que el NH_4^+ , causaría cambios hormonales, como en el contenido de las citocininas (Faust, 1998; Marschner (1990).

El mayor número de frutos por plantas en la primera cosecha se tuvo en plantas con origen de semilla tratadas con la relación 100/0 con 5 frutos (Cuadro 15A), mientras que, en plantas con origen de rebrote con vigor alto y tratadas con la relación 50/50 se tuvieron 3 frutos respectivamente (Cuadro 7A). Comparando dichos valores, se tiene

una diferencia del 66% (2 frutos). En cuanto a la segunda cosecha, no existió diferencia significativa en el número de frutos cosechados por planta, el valor máximo se obtuvo en plantas con origen de rebrote con vigor medio y tratadas con la relación 75/25 con 16 frutos respectivamente, el cual fue superior al valor máximo (13 frutos) en plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50, existiendo una diferencia del 23.1% (3 frutos) entre ambos orígenes. Por otra parte, en la tercera cosecha solo se tuvo frutos de plantas con origen de semilla, existiendo efecto del suministro de la relación nitrato/amonio donde el mayor número de frutos cosechados se obtuvo en plantas tratadas con la relación 75/25 con 44 frutos por planta. En general, las plantas tratadas exclusivamente con nitrato presentaron menor número de frutos por planta en la segunda (13 y 11 frutos en plantas con origen de rebrote y de semilla respectivamente) y tercera cosecha (19 frutos). Siddiqi *et al.* (2002) y Bialczyk *et al.* (2007) al añadir 10 y 20% del N-total en forma de NH_4^+ en la solución nutritiva, obtuvieron incrementos de 20% en el número de frutos por planta de tomate cultivares Trust F1 y Perkoz F1 comparado con la aquellas tratadas exclusivamente con NO_3^- , lo cual puede atribuirse a que los cultivares de tomate responden genéticamente diferente a las fuentes de N (Ben-Oliel *et al.*, 2004), a variaciones en las condiciones ambientales y experimentales (Kotsiras *et al.*, 2005).

El mayor peso de frutos con cáliz por planta en la primera y segunda cosecha se presentó en plantas con origen de rebrote tratadas con la relación 75/25 (33.06 y 64.31 g, respectivamente) y con vigor medio (28.21 g) y alto (63.46 g), respectivamente (Cuadro 7A), y fueron superiores a los presentados en plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50 (15.80 y 50 g, respectivamente) cuyos valores fueron mayores en dichas plantas (Cuadro 15A). Contrastando dichos valores, las plantas con origen de rebrote tratadas con la relación 75/25 superaron, en 17.26 g (109.2%) en la primera y 14.31 g (28.6%) en la segunda cosecha, respectivamente, a las plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50. En cuanto a la tercera cosecha, solo se tuvo frutos de plantas con origen de semilla encontrando efecto del suministro de la relación nitrato/amonio, el mayor peso se tuvo en plantas tratadas con la relación 50/50 con 168.38 g. El efecto positivo de la adición de amonio en la solución nutritiva fue

notorio en plantas con origen de rebrote, ya que se tuvo el valor más alto. En cambio, la fertilización exclusiva con nitrato presentó un efecto negativo sobre el peso de frutos con cáliz en ambos orígenes de plantas al presentar los pesos más bajos.

Gallegos *et al.* (2000) encontraron que en plantas de nopal con una edad aproximada de 2 meses tratadas con soluciones nutritivas, la mayor cantidad de materia seca de los brotes producidos, se obtuvo con la absorción de N en forma de N-NO_3^- , en promedio fue 20% mayor que cuando se suministró N-NH_4^+ y se observó una tendencia similar en materia seca de la raíz, aunque no se registraron diferencias estadísticamente significativas, lo cual contrasta con los resultados de este estudio, esto implica que la respuesta depende del tipo de planta, entre otros aspectos como la edad y las condiciones climáticas.

El mayor peso de frutos sin cáliz por planta tanto en la primera y segunda cosecha se obtuvo en plantas con origen de rebrote con vigor alto (23.97 y 57.05 g respectivamente) y tratadas con la relación 75/25 (20.99 y 55.46 g por planta, respectivamente) (Cuadro 7A), en cuanto a las plantas provenientes de semilla el mayor peso se tuvo en plantas tratadas con la relación 50/50 (12.95 y 45.25 g, respetivamente) (Cuadro 15A). Por otra parte, en la tercera cosecha solo se tuvieron frutos en plantas con origen de semilla y se presentó efecto positivo de la relación 75/25 al incrementar el peso de frutos con cáliz por planta (153.60 g). En ambos orígenes de plantas, la fertilización exclusiva con nitrato influyó negativamente en el peso de frutos sin cáliz, ya que se tuvieron los rendimientos más bajos. La sinergia más importante al suministrar conjuntamente NO_3^- y NH_4^+ se debe al mayor transporte de N hacia la parte aérea, ya que el N almacenado en los tejidos de la parte aérea puede ser traslocado durante el periodo crítico de llenado de grano o desarrollo del fruto, cuando el reparto de N vía raíces puede llegar a ser debilitado debido al comienzo de la senescencia y también al hecho de que la absorción de amonio en la raíz es un proceso que no requiere energía, a diferencia del nitrato (Salsac *et al.*, 1987), por lo tanto, la absorción total de N es mayor cuando ambas fuentes están presentes, siempre y cuando la proporción de N no exceda los valores mayores al 20%.

La mayor concentración de sólidos solubles totales se obtuvo en frutos de plantas con origen de semilla tratadas con la relación 100/0 en la primera cosecha (Cuadro 16A), el valor máximo fue de 15.65 °Brix, el cual fue superior a los obtenidos en plantas con origen de rebrote con vigor alto (12.67 °Brix) y tratadas con la relación 100/0 (12.47 °Brix) (Cuadro 8A). En cuanto a la segunda cosecha, la fertilización exclusiva de nitrato (100/0) tuvo un efecto positivo al incrementar la concentración de sólidos solubles totales en plantas con origen de semilla (14.60 °Brix), mientras que en plantas con origen de rebrote la mayor concentración se tuvo en plantas con vigor alto y tratadas con la relación 100/0 (10 y 10.18 °Brix). La diferencia entre ambos orígenes de plantas tratadas con la relación 100/0 fue del 43.4% (4.42 °Brix). El efecto de la fertilización solo con nitrato se mantuvo en la tercera cosecha en frutos de plantas con origen de semilla con un valor máximo de 15.65 °Brix. En general, la presencia de amonio en la solución nutritiva presentó un efecto negativo al disminuir la concentración de sólidos solubles totales en frutos de ambas plantas. Yang *et al.* (2003) señalan que la adición de NH_4^+ puede incrementar la calidad de frutos de tomate, encontrando que en plantas irrigadas a una concentración de 50% de NH_4^+ y 50% de NO_3^- , mostraron de manera normal una actividad fotosintética, crecimiento, vigor de raíz y contenido de agua en hoja. Un adecuado suministro de potasio puede favorecer el uso del NH_4^+ , incrementar la calidad de frutos en sabor, tamaño, color, textura, contenido de sólidos solubles y acidez (Marschner, 1995; Chen y Gabelman, 1999).

Los frutos con una mayor vida de anaquel en la primera cosecha se tuvo en plantas con origen de rebrote (Cuadro 8A) tratadas con la relación 100/0 (13 días) y con vigor medio (12 días) y fueron superiores a los que provenían de plantas con origen de semilla tratadas con la relación 100/0 (10 días) cuyo valor fue mayor en dichas plantas (Cuadro 16A). La diferencia entre ambos orígenes de plantas tratadas con la relación 100/0 fue del 30% (3 días). En cambio en la segunda cosecha, los frutos que presentaron mayor duración fue en plantas con origen de semilla tratadas con la relación 50/50 con 13 días, mientras que en plantas con origen de rebrote, los frutos con mayor vida de anaquel se tuvieron en plantas tratadas con la relación 100/0 (12 días) y con vigor alto (11 días). Por otro lado, en la tercera cosecha no hubo diferencia estadística en la vida

de anaquel en los frutos de plantas con origen de semilla tratadas con diferentes relaciones nitrato/amonio (7 días). La presencia de amonio en la solución nutritiva influyó negativamente en la vida de anaquel de los frutos, al presentar los valores más bajos. Villareal *et al.* (2002) al estudiar tres relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tres etapas de desarrollo del cultivo de tomate, con 250 kg ha^{-1} de N; más un testigo equivalente a 450 kg ha^{-1} de N, determinaron que las proporciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ empleadas en las distintas etapas de desarrollo del cultivo, no influyeron significativamente en la vida de anaquel (0 a 20 días). El fruto de uchuva está cubierto por una sustancia pegajosa segregada por tejidos glandulares ubicados en la base del cáliz, con la función de repeler el ataque de hongos e insectos, prolongando la vida poscosecha en 2/3 más que en frutos sin cáliz (Valencia, 1985; Herrera, 2000).

VIII. CONCLUSIONES

Plantas con Origen de Rebrote

La absorción conjunta de NO_3^- y NH_4^+ afectó de forma inconsistente el crecimiento y desarrollo de las plantas, y las lecturas SPAD. En cambio, el rendimiento y la calidad de fruto no fueron afectados.

El vigor de la planta influyó sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, y las lecturas SPAD. Caso contrario ocurrió con el rendimiento que no fue afectado por el vigor, pero no así la calidad de fruto.

Plantas con Origen de Semilla

La aplicación conjunta de NO_3^- y NH_4^+ afectó el desarrollo de las plantas, pero no así las lecturas SPAD. El rendimiento y la calidad fueron afectados por la presencia de amonio en la solución.

IX. LITERATURA CITADA

- Abascal, J. 1984. Manual de métodos de ensayo de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid. España. 56 p.
- Adams, C. R., K. Bamford M., y P. Early M. 1984. Principios de la Hortofruticultura. Ed. Acribia S. A. España. 316 p.
- Alcántar G., G. y L. Trejo T. 2007. Nutrición de cultivos. Editorial Mundi Prensa, México. 438 p.
- Almanza P., J. y C. Espinosa. 1995. Desarrollo morfológico y análisis físico-químico de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) para identificar el momento óptimo de cosecha. Trabajo final. Especialización en frutales de clima frío. UPTC, Tunja. Bogotá, Colombia. 92 p.
- Almanza P., J 2000. Propagación. pp. 27-40. In: Flórez, V. J.; G. Fischer y A. D. Sora (ed.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.
- Alsinal, L. 1980 Horticultura especial. Tercera Edición, Barcelona España, Sientes. pp. 85-87.
- Amberger, A. 1984. Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. Proceeding of bud dormancy in grapevines: Potential and practical uses of hydrogen cyanamide. UCD. 5-10 p.
- Amboise, G. y P-M. Brutus. 2001. Efecto de la combinación de amonio (NH_4^+)/nitrate (NO_3^-) y de una sustancia húmica (Humiplex 50 G) en el comportamiento del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) industrial, en Guatapanal provincia Valverde, República Dominicana. Tesis de Ingeniería Agronómica. Instituto Superior de Agricultura (ISA). Santiago de los Caballeros, República Dominicana. 50 p.
- Angarita, A. y G. Santana. 1997. Regeneración adventicia de somaclonales en uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agron. Colomb. 14(1): 59–65.

- Barker, V. A. and H. A. Mills. 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. Hort. Rev. 2: 395-423
- Baumann, T. W. and C. M. Meier. 1993. Chemical defense by withanolides during fruit development in *Physalis peruviana*. Phytochemistry 33(2), 317-321.
- Bennett, W. F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS Press, St. Paul, MN, USA.
- Ben-Oliel G., S. Kant, M. Naim, H. D. Rabinowitch, G. R. Takeoka, G. Buttery and U. Kafkafi. 2005 Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. J. Plant Nutr. 27:1795-1812.
- Bialczyk J., Z. Lechowski, D. Dziga and E. Mej. 2007. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ammonium as the nitrogen source. J. Plant Nutr. 30: 149-161.
- Bialczyk J. and Z Lechowski. 1995. Chemical composition of xylem sap of tomato grown on bicarbonate containing medium. J. Plant Nutr. 18: 2005-2021.
- Botella, M. A., C. Cruz, M. A. Martins-Louçao and A. Cerda. 1993. Nitrate reductase activity in wheat seedlings as affected by $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratio and salinity. J. Plant Physiol. 142: 531-536.
- Britto, D. T. and H. J. Kronzucker. 2002. NH_4^+ toxicity in higher plants. J. Plant Physiol. 159: 567-584.
- Bugarín M., R., G. A. Baca C., J. Martínez H., J. L. Tirado T. y G. Martínez A. 1998. Amonio/nitrato y concentracion ionica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. Terra 16: 113-124.
- Cao, W. y T. W. Tibbitts. 1994. Responses of potatoes to solution pH levels with different form of nitrogen. J. Plant Nutr. 17: 109-126.

- Castellanos R., J. Z. y J. L. Ojodeagua. 2009. Formulación de soluciones nutritivas. In: J. Castellanos R. (ed) Manual de producción de tomate en invernadero. Intagri. Celaya, Guanajuato, México. pp. 131-156.
- Castro B., R. 2004. Nutrición nitrogenada en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo., de México. 90 p.
- Chapin, F.S., A.J. Bloom, C.B. Field and R.H. Waring. 1987. Plant responses to multiple environmental factors. *BioScience* 37: 49-57.
- Chen, J. G., S. H Cheng, W. Cao and X. Zhou. 1998. Involvement of endogenous plant hormones. In: the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. *J. Plant Nutr.* 21(1):87-97.
- Chen, J. and W. H. Gabelman. 1999. Potassium transport rate from root to shoot unrelated to potassium-use efficiency in tomato grown under low-potassium stress. *J. Plant Nutr.* 22:621-631.
- Dadomo, M., A. M. Gaínza, Y. Dumas, P. Bussiéres, J. Macua, M. Christou and X. Brantho. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hortic.* 376: 271-273.
- Degiovanni B., V., C. P. R. Martínez y F. O. Motta. 2010. Producción eco-eficiente de arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura tropical (CIAT). Colombia. Tomo I. pp.1-25. 488p
- Dumas, Y., C. Leoni, C. A. M. Portas and B. Bieche. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hortic.* 376: 185-189.
- Dong, C., Q. Shen and G. Wang. 2004. Tomato growth and organic acid changes in response to partial replacement of NO_3^- -N by NH_4^+ -N. *Pedosphere* 14: 159-164.
- Durán, R. F. 2009. Manual de la uchuva. Grupo Latino, Bogotá, Colombia. 48 p.

- Elliot, C., G. and P. V. Nelson. 1983. Relationships among nitrogen accumulation, nitrogen assimilation and plant growth in chrysanthemums. *J. Plant Physiol.* 57: 250-259.
- Fabara, J. 1996. Cultivo técnico de la uvilla mejorada o keniana. Corporación PROEXANT. *Revista Ecuador Agro Exportación.* No. 44. Quito-Ecuador. pp. 6-7.
- Faust, M. 1989. *Physiology of temperate zone fruit trees.* John Wiley and sons. New York. 338 p.
- Fleming, L. A., D. T. Krizek and R. M. Mirecki. 1987. Influence of ammonium nutrition on the growth and mineral composition of two chrysanthemum cultivars differing in drought tolerance. *J. Plant Nutr.* 10: 1869-1881.
- Floréz, R., G. Fisher y A. Sora. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana*). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 175 p.
- Fischer, G. y P. J. Almanza. 1993a. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva, *Physalis peruviana* L. *Revista Agrodesarrollo* 4: 290-294.
- Fischer, G. y P. Almanza. 1993. La uchuva (*Physalis peruviana* L.) una alternativa promisoría para las zonas altas de Colombia. *Agricultura Tropical* 30 (1): 79-87
- Fischer, G. and P. Lüdders. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. *Agron. Colombiana.* 14 (2): 95-107.
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. pp. 9-26. *In:* Flórez, V. J., G. Fischer y A.D. Sora (eds.). 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 175 p.
- Fischer, G. 2000a. Fisiología del cultivo de la uchuva *Physalis peruviana* L. *In:* Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales C. D. T. F. Manizales, Caldas, Colombia. pp. 9-26.

- Fischer, G., W. Piedrahita, D. Miranda, y J. Romero. 2005. Avances en cultivo poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L) en Colombia. Universidad Nacional. Colombia. Bogotá, Colombia: 220 p.
- Fischer, G., G. Ebert and P. Lüdders. 2007. Production, seeds and carbohydrate contents of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits grown at two contrasting Colombian altitudes. J. Appl. Bot. Food Qual. 81 (1): 29-35.
- Fischer, G., A. Herrera, and P. J. Almanza. 2011. Cape gooseberry (*Physalis Peruviana* L.) pp. 374-396. In: Yahia, E.M. (ed.) Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Woodhead Publishing, Oxford, U.K. 532 p.
- Francis, D. and D. A Sorell. 2001. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review. Plant Growth Regulation 33: 1-12.
- Frechilla, S., B. Lasa, L. Ibarretxe, C. Lamsfus and P. Aparicio-Trejo. 2001. Pea responses to saline stress is affected by the source of nitrogen nutrition (ammonium or nitrate). Plant Growth Regulation 35: 171-179.
- Gallegos-V. C., E. Olivares-S., R. Vázquez-A., y F. Zavala-G. 2000. Absorción de nitrato y amonio por plantas de nopal en hidroponía. Terra 18 (2):133-139.
- Gallegos V., C. 1998. Absorción y asimilación de nitrato amonio en *Opuntia ficus indica* (L) Mill., en condiciones de hidroponía. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. México D.F. 759 p.
- Ganmore-Neuman, R. and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on tomato plant development. I. Morphology and growth. Agronomy J. 72: 758-761.
- Gastelum O., D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L. y R. Castro B. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana* L. Revista Chapingo Serie Horticultura 19(2): 197-210.

- Gent, M. P. N. 2004. Yield of greenhouse tomato in response to supplemental nitrogen and potassium. *Acta Hortic.* 633: p.341-348.
- Gojon, A., C. Plassard and C. Bussi. 1994. Root/shoot distribution of NO_3^- assimilation in herbaceous and woody species. *In: A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions* (Roy, J. and Garnier, E. (eds.)). The Hague. SPB Academic Publishing. The Netherlands. pp. 131-147.
- Golvano, M. P., M. R. Felipe, and A. M. Cintas. 1982. Influence of nitrogen sources and chloroplast development in wheat seedling. *J. Plant Physiol.* 56: 353-360.
- González G., J. L., M. N. Mendoza R., P. Sánchez G. y E. A. Gaytan A. 2009. Relación amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. *Agricultura Técnica en México* 35: 5-11.
- Goyal, S. S., R. C. Huffaker and O. A. Lorenz. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. II. Investigations on the possible causes of ammonium toxicity to radish plants and its reversal by nitrate. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 107:130–135.
- Hartman, P. L., H. A. Mills and J. B. Jones, Jr. 1986. The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in “Floradel” tomato plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111: 487-490.
- Hageman, R. H. 1992. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants, pp 67-68. *In: Nitrogen in Crop Production.* American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA.
- Haynes, R. J. 1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants, 303–358. *In: Mineral Nitrogen in the Soil Plant System.* Haynes, R. J.; Cameron, K. C.; Goh, K. M.; Sherlock, R. R. (eds.). Academic Press. Orlando, Florida, USA.
- Hellman, H., L. Barker and W. Fromemer. 2000. The regulation of assimilate allocation and transport. *Australian J. Plant Physiol.* 27: 583-594.

- Herrera, A. 2000. Manejo poscosecha. pp. 109-127. *In*: Flórez, V. J., G. Fischer y A. D. Sora (eds.). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 175 p.
- Heuvelink, E. 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Hortic.* 64: 193-201
- Ho, L., V. Sjut and V. Hoad. 1983. The effect of assimilate supply on fruit growth and hormone levels in tomato plants. *Plants Growth Reg.* 1: 155-171.
- Houdusse, F., M. Garnica, A. M. Zamarreño, J. C. Yvin and J. García-Mina. 2005. The importance of nitrate in ameliorating the effects of ammonium and urea nutrition on plant development: the relationships with free polyamines and proline plant concentrations. *Functional Plant Biol.* 32: 1057-1067.
- Houdusse, F., M. Garnica, A. M. Zamarreño, J. C. Yvin, and J. García-Mina 2008. Possible mechanism of the nitrate action regulating free putrescine accumulation in ammonium fed plants. *Plant Sci.* 175: 731-739.
- Jemmali, A. and P. Boxus. 1993. Early estimation of strawberry floral intensity and its improvement under cold greenhouse. *Acta Hort.* 348: 357-359.
- Jeong, B. and E. J. Lee. 1999. Growth of plug seeding of *Capsicum annum* as affected by ion concentration and $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ration of nutrient solution. *Acta Hortic.* 481: 425-431.
- Jiménez, D. 2011. Origen y distribución de la uchuva. Colegio Fiscomisional a distancia Monseñor Leónidas Proaño. (En línea). Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/60586337/28/Origen-y-distribucion> (Revisado el 12 de marzo de 2012).
- Jingquan, Y. and C. Dewei. 1988. Effects of different nitrogen forms on tomato grown in carbonized rice hull. *Soiless Culture* 4: 51-61.
- Kafkafi, U. 1990. Root temperature, concentration and the ratio $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ effect on plant development. *J. Plant Nutr.* 13: 1291-1306.

- Kasten, P. and K. Sommer. 1990. Cultivation of cut flowers with ammonium as nitrogen source. *In: Plant Nutrition, Physiology and Application*. M. L. Van Beusichem (ed.). Kluwer Academic. Publisher. pp 533-537.
- Kirkby, A. E. and K. Mengel. 1967. Ionic balance indifferent tissues of the tomato plant in relation to nitrate, urea or ammonium nutrition. *J. Plant Physiol.* 42: 6-14.
- Kotsiras, A., C. M. Olympios, and H. C. Passam. 2005. Effects of nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rockwool during Spring and Winter in Southern Greece. *J. Plant Nutr.* 28: 2027-2035.
- Kwak, Y. W., B. H. Min, and J. M. Lee. 1989. Effects of nitrogen source on growth and fruit development of tomatoes grown in nutrient solution. *J. Hort. Sci.* 7: 60-61.
- Lagos T., C., F.A. Vallejo, H. Criollo y J. E. Muñoz. 2008. Biología reproductiva de la uchuva. *Acta Agron.* 57 (2): 81–87.
- Lara H., A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra* 17 (3): 221-229.
- Lemaire, F. 2005. Cultivos en macetas u contenedor; principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid, España. 210p.
- Lips, H. S., E. O. Leidi, M. Silberbush, M. I. M. Soares, and O. E. M. Lewis. 1990. Physiological aspects of ammonium and nitrate fertilization. *J. Plant Nutr.* 13: 1271-1289.
- Liptay, A., C. A. Jaworsk, and S. C. Phatak. 1981. Effect of tomato transplant stem diameter and ethephon treatment on tomato yield, fruit size and number. *Can. J. Plant Sci.* 61: 13-415.
- Lizana, A. y S. Espina. 1991. Efecto de la temperatura de almacenaje sobre el comportamiento en poscosecha de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort.* 35: 278-284.

- López, S. 1978. Un nuevo cultivo de alta rentabilidad la uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.). Rev. Esso Agrícola 25: 27-28.
- Lovatt, C. J. 1990. The role of nitrogen in citrus flowering and fruit set. Low-input citrus management. University of California. Riverside, USA. 10 p.
- Marschner, H. 1990. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. San Diego, USA.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants.. Academic Press. San Diego. CA, USA. 889 p.
- Martínez, F. E., J. Sarmiento, G. Fischer y F. Jiménez. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Agron. Colomb. 26(3), 389-398.
- Marques, Y. A., M. J. Oberholzer and K. H. Erisman. 1983. Effects of different nitrogen sources on photosynthetic carbon metabolism in primary leaves of non nodulated *Phaseolus vulgaris* L. Plant Physiol. 71:555–561.
- Maynard, N. D., A. V. Barker, and W. H. Lachman. 1968. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Science 92: 537-542.
- Mazorra, M. F., A. P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer y B. Cháves. 2003. Análisis sobre el desarrollo y la madurez fisiológica del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en la zona de Sumapaz (Cundinamarca). Agron. Colombiana 21 (3):175-189.
- Medina, M. 1991. El cultivo de la uchuva tipo exportación. Rev. Agricultura Tropical Palmira 2(28): 55-58.
- Menezes Dos Santos, J. R. 1992. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. In: Izquierdo J., G. Paltrinieri, C. Arias (eds.). Producción, Postcosecha, Procesamiento y Comercialización de Ajo, Cebolla y Tomate. FAO. Santiago, Chile. pp. 173-215.

- Mengel, K. y E. A. Kirkby. 2000. Principios de nutrición vegetal. Internacional Potash Institute. Basel, Switzerland. pp. 135-146.
- Miller, A. J. and M. D. Cramer. 2004. Root nitrogen acquisition and assimilation. *Plant Soil*. 274:1-36.
- Mikkelsen, R. L. 2005. Tomato flavor and plant nutrition: a brief review. *Better Crops with Plant Food* 89: p.14-15.
- Moreno, R. A. 2007. Elementos nutritivos, asimilación, funciones, toxicidad e indisponibilidad en los suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México. 104 p.
- Morgan, L. 2001. El gran debate: amonio vs. nitrato ¿Cómo quieren las plantas el nitrógeno?. *Practical Hydroponics & Greenhouse* 50. *In: RED Hidroponía*, 2001. Boletín Informativo No. 10. Edit. Alfredo Rodríguez Delfin. Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Peru. 100 p.
- Narváez, M. 2003. Producción SIENA. Editorial AGROAPOYO. Centro Agropec. Los Andes. Bogotá, Colombia. 165 p.
- Navarro, S. y G. Navarro. 2000. Química agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- National Research Council. 1989. Goldenberry (Cape gooseberry). *In: Lost crops of the Incas*. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 241-251.
- Orzolek, M. D. 1991. Establishment of vegetables in the field. *Hort. Tech.* 1:78-81.
- Osaki, M., J. Shirai, T. Shinano, and T. Tadano. 1995. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. *Soil Sci. J. Plant Nutr.* 41(4): 709-719.
- Osorio, N. W., X. Shuai, S. Miyasaka, B. Wang, R. L. Shirley, and W. J. Wigmore. 2003. Nitrogen level and form affect taro growth and nutrition. *Hort. Sci.* 38(1): 36-40.

- Papadopoulos, A. and D. Ormron. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Canadian J. Plant Sci.* 70: 565-573.
- Parra T., S., M. Lara P, M. Villareal R. y S. Hernández V. 2012. Crecimiento de plantas y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en diversas relaciones nitrato/amonio y concentraciones de bicarbonato. *Rev. Fitotecnia Mexicana* 35: 143-153.
- Parra T. S., G. Mendoza P., y M. Villarreal R. 2012. Relación nitrato/amonio/urea y concentración de potasio en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) hidropónico. *Rev. Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3 (1): 113-124.
- Parra, G. E. 2003. Estudio de la relación fuente-vertedero en tomate de árbol (*Gyphomandra betacea*). Tesis de maestría. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Colombia. 128 p.
- Pereyra C., M. 2001. Asimilación de nitrógeno en plantas. Facultad Agronómica Universidad de La Pampa. (En línea). Disponible en: <http://www.agro.unlpam.edu.or/catedras-pdf/16Asimilaci.pdf>. (Revisado el 20 de marzo del 2012).
- Peña J., F., J. D. Ayala., G. Fischer, B. Chaves, J .F. Cárdenas H. y P. J. Almanza. 2010. Relaciones semilla fruto en tres ecotipos de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Rev. Colombiana Cienc. Hortic.* 4 (1): 43-54.
- Poorter, H. 1994. Construction costs and payback time of biomass: a whole plant perspective. *In: A whole plant perspective on carbon-nitrogen interactions* (eds. Roy, J. and E. Garnier), SPB Academic Publishing, The Hague. The Netherlands. pp. 111-127.
- Preciado R., P., G. A. Baca C, J. L. Tirado T, J. Kohashi S, L. Tijerina C. y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 67-276.

- Puritch, G. S. and A. V Barker. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant Physiol.* 42(9): 1229–1238.
- Rahayu, Y. S., P. Walch-Liu, G. Neumann, V. Romheld, N. Von Wiren, and F. Ban Gerth. 2005. Root-derived cytokinins as long-distance signals for NO_3^- induced stimulation of leaf growth. *J. Exp. Bot.* 56:1143-1152.
- Resh, H. M. 2001. *Cultivos hidropónicos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558p.
- Rivera E., E. A. 2009. Fertilización con nitrato y amonio en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con raíces separadas. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 120 p.
- Rodríguez, A., S. Leoni, P. Bussiéres, M. Dadomo, M. Christou, I. J. Macua, and P. Cornillon. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hortic.* 376: 275-277.
- Rodríguez, J: A., J. M Tabares y J. A. Medina. 1989. Técnicas de cultivo. *In: Cultivo moderno del tomate*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 189 p.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. *Fisiología Vegetal*. Grupo Editorial Iberoamérica. D.F., México. 759 p.
- Salsac, L., S. Chaillou, S. F. Morot-Gaodry, C. Lesaint, and E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem* 25: 805-812.
- Sandhu, A. S., S.N. Singh, P.P.S. Minhas, and G.P. Grewal. 1989. Rhizogenesis of shoot cuttings of raspberry (*Physalis peruviana* L.). *Indian J. Hort.* 46 (3): 376-378.
- Sandoval V., M. 1991. Efecto de diferentes relaciones amonio nitrato sobre el cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L. cv. Salamanca s-75). Tesis de Maestría en Ciencias, Programa de Edafología, Instituto Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 123 p.

- Sandoval V. M., G. Alcántar G., J.L. Tirado T. and A. Aguilar S. 1992. Effect of the $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio on GS and PEP Case activities and on dry matter production in wheat. *J. Plant Nutr.* 15 (11):2545–2557.
- Sandoval V., M., G. Alcántar G. y J. L. tirado T. 1993. Momento oportuno de la aplicación de amonio y nitrato para incrementar la producción de grano de trigo. *Terra* 11: 61-66.
- Sandoval V., M., G. Alcántar G. y J. L. Tirado T. 1994. Producción y distribución de materia seca en plantas de trigo por efecto de diferentes relaciones amonio/nitrato. *Terra* 14: 408-413.
- Sandoval, V. M., G. G Alcántar and T. J. L Tirado. 1995. Use of ammonium in nutrient solutions. *J. Plant Nutr.* 18:1449-1457.
- Sandoval-Villa, M., C. W. Wood, and E. A. Guertal. 1999. Ammonium concentration in solution effects chlorophyll meter readings in tomato leaves. *J. Plant Nutr.* 22: 1717-1729.
- Sandoval-Villa, M., E. A. Guertal, and C. W. Wood. 2001. Greenhouse tomato response to low ammonium-nitrogen concentrations and duration of ammonium-nitrogen supply. *J. Plant Nutr.* 24: 1787-1798.
- Santa-María, G. E., C. H Danna, and C. Czibener. 2000. High affinity potassium transport in barley roots: Ammonium sensitive and insensitive path ways. *J. Plant Physiol.* 123: 297-306.
- Siddiqi, M. Y., B. Malhotra, X. Min, and A. D. M. Glass. 2002. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponic tomato crop. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165:191-197.
- Stanley T. D., K. A. Schekel, and C. G. Woodbrielle. 1978. Relation of $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ and root temperature to *Chrysanthemum* flowering and quality. *Hort. Sci.* 13: 388-389.

- Stapleton, S. C., C. K. Chandler, D. E. Legard, J. E. Price, and J. C. Sumler. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *Hor. Technol.* 11: 61-65.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-649. *In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture*. ISOSC. Wageningen, The Netherlands.
- Stensvand, A. and H. R. Gislerod. 1992. The effect of the $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratio of nutrient solution on growth and mineral uptake in *Chrysanthemum morifolium*, *Passiflora coerulea* and *Cordylin frusticula*. *Gartenbau-wissenschaft* 57: 193-198.
- Superfruit. 2011. Uchuva the superfruit. (En línea). Disponible en: <http://www.uchuvasuperfruit.com>. (Revisado el 13 de agosto de 2011).
- Szczerba, M. W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2006. Rapid, futile K^+ cycling and pool-size dynamics define low-affinity potassium transport in barley. *J. Plant Physiol.* 141:1494-1507.
- Szczerba, M. W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2006b. The face value of ion fluxes: the challenge of determining influx in the low-affinity transport range. *J. Exp. Bot.* 57: 3293-3300.
- Tabatabaie, S. J., L. S. Fatemi, and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. *J. Plant Nutr.* 29: 1273-1285.
- Taíz, L. y E. Zeiger. 2007. *Fisiología vegetal*. Universidad Jaume. NJ, USA. 1338 p.
- Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. *Plant physiology*. The Benjamín Cummings Pub., Redwood City, CA, USA. 565 p.
- Tucuch-Has, C. J., G. Alcántar-González, V. M. Ordaz-Chaparro, J. M. Santizo-Rincón y A. Larqué-Saavedra. 2011. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con diferente relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoamericana* 30: 8-15.

- Urrieta V., J. A. 2005. Absorción de nitrógeno en plantas expuestas a soluciones con NH_4^+ y NO_3^- excluyentes. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 112 p.
- Valencia M., L. 1985. Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Acta Biol. Colombiana 1 (2): 63-89.
- Villalobos R., E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Universidad de Costa Rica (ed). San José, Costa Rica. 227 p.
- Villareal R., M., R. S. García E., T. Osuna E. y A. D. Armenta B. 2002. Efecto de dosis y fuentes de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. Terra 20: 311-320.
- Villamizar, F. y J. Ospina. 1995. Frutas y hortalizas. Manejo tecnológico en postcosecha. SENA. Bogotá, Colombia. 84 p.
- Vuorinen A. H., E. M. Vapaavuori, and R. O. Lapinjoki. 1992. Metabolism of inorganic carbon taken up by roots in salix plants. J. Exp. Bot. 43:789-795.
- Wang, M. Y., M. Y. Siddiqui, and A. D. M. Glass. 1996. Interaction between K^+ and NH_4^+ : effects on uptake by rice roots. Plant Cell Environ. 19:1037-1046.
- Whitson, M. and P. S. Manos. 2005. Untangling *Physalis* (Solanaceae) from the Physaloids: A two-gene phylogeny of the Physalinae. Syst. Bot. 30(1): 216-230.
- Wild, A. and L. H. P. Jones. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. pp. 73-119. In: Wild, A. (ed.). Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russel. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 1045 p.
- Xu, G., S. Wolf, and U. Kafkafi. 2002. Ammonium on potassium interaction in sweet pepper. J. Plant Nutr. 25: 719-734.
- Yang, Y., F. Zhang, and X. Qiao. 2003. Effect of different nitrogen forms on growth, yield and fruit quality of tomato in culture media. Acta Agriculturae Boreali-Sinica 18: 86-89.

- Zandstra J. W. and A. Liptay. 1999. Nutritional effects on transplant root and shoot growth. A review. *Acta Hortic.* 504: 23-32.
- Zhang, X., F. M. Woods, R. C. Ebel, D. G. Himelrick, N. K. Singh, and C. Mosjidis. 2000. Possible involvement of polyamines in floral stimulus in springbearing strawberries. *HortScience* 35:3 251.
- Zhu, J. K., J. Liu, and L. Xiong. 1998. Genetic analysis of salt tolerance in *Arabidopsis thaliana*: evidence for a critical role of potassium nutrition. *Plant Cell.* 10: 1181-1191.

X. APÉNDICE

Cuadro 1A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre la altura en plantas con origen de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después de la poda								
	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Vigor	0.0045*	0.0396*	0.5696 ns	0.5329 ns	0.1783 ns	0.2836 ns	0.1105 ns	0.1517 ns	0.0772 ns
Alto	9.73 b	33.48 b	56.38 a	88.80 a	115.80 a	126.21 a	146.80 a	150.20 a	156.60 a
Medio	13.35 a	39.52 ab	60.75 a	91.46 a	107.69 a	131.85 a	144.31 a	147.77 a	151.92 a
Bajo	13.33 a	45.58 a	59.70 a	87.80 a	106.33 a	132.40 a	137.00 a	140.14 a	143.00 a
NH₄⁺ (%)	0.6667 ns	0.9146 ns	0.6052 ns	0.3452 ns	0.0187*	0.4085 ns	0.2202 ns	0.1934 ns	0.1578 ns
0	11.50 a	38.29 a	58.03 a	88.18 a	105.92 b	132.75 a	138.92 a	140.91 a	144.64 a
25	12.62 a	38.24 a	61.27 a	92.33 a	118.18 a	126.83 a	146.73 a	150.27 a	155.36 a
50	11.73 a	38.54 a	58.18 a	87.73 a	105.47 b	130.00 a	141.20 a	145.47 a	149.53 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.2844 ns	0.2998 ns	0.9074 ns	0.3918 ns	0.3105 ns	0.5314 ns	0.2899 ns	0.5427 ns	0.3853 ns
C.V. (%)	22.17	21.07	16.89	9.72	11.60	8.24	8.38	8.98	9.62
Media	11.99	38.36	59.19	89.32	104.29	129.36	142.08	145.54	149.81

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 2A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el diámetro del tallo en plantas con origen de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después de la poda								
	15	30	45	60	75	90	105	120	135
Vigor	0.9242 ns	0.8038 ns	0.9930 ns	0.5924 ns	0.2768 ns	0.3344 ns	0.0243*	0.0139*	0.0384*
Alto	4.16 a	7.73 a	8.39 a	9.48 a	11.83 a	12.62 a	14.35 a	15.36 a	15.07 a
Medio	4.18 a	7.30 a	8.41 a	10.06 a	11.52 a	12.22 a	12.92 ab	13.23 b	13.82 ab
Bajo	4.30 a	7.58 a	8.33 a	10.24 a	10.45 a	11.39 a	12.11 b	13.07 b	12.84 b
NH₄⁺ (%)	0.6843 ns	0.8420 ns	0.9177 ns	0.7292 ns	0.8376 ns	0.8310 ns	0.8355 ns	0.8706 ns	0.3625 ns
0	4.29 a	7.50 a	8.23 a	9.86 a	10.94 a	11.75 a	12.86 a	13.84	13.23 a
25	4.35 a	7.77 a	8.49 a	9.67 a	11.16 a	12.06 a	12.71 a	13.72	14.10 a
50	4.04 a	7.32 a	8.41 a	10.25 a	11.53 a	12.32 a	13.36 a	13.70	14.09 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.5333 ns	0.9229 ns	0.8189 ns	0.5659 ns	0.9394 ns	0.9492 ns	0.9143 ns	0.7497 ns	0.6463 ns
C.V. (%)	23.35	20.13	19.69	20.83	21.03	18.66	15.05	13.78	14.77
Media	4.21	7.53	8.38	9.93	11.22	12.05	13.01	13.75	13.82

ns= no significativo

*= Significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 3A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre las lecturas SPAD en plantas con origen de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después de la poda						
	15	30	45	60	75	90	105
Vigor	0.0319*	0.7432 ns	0.4478 ns	0.2072 ns	0.9113 ns	0.4920 ns	0.2621 ns
Alto	39.30 a	45.25 a	46.54 a	51.48 a	47.56 a	47.18 a	48.62 a
Medio	37.27 ab	44.76 a	45.37 a	51.11 a	47.30 a	47.42 a	46.83 a
Bajo	35.73 b	43.97 a	46.49 a	49.36 a	47.14 a	46.32 a	46.97 a
NH₄⁺ (%)	0.5079 ns	0.0424*	0.9572 ns	0.5732 ns	0.4011 ns	0.4158 ns	0.8376 ns
0	36.69 a	43.77 ab	46.31 a	50.88 a	46.69 a	47.14 a	47.21 a
25	37.75 a	43.41 b	46.04 a	49.74 a	47.23 a	46.08 a	47.23 a
50	37.89 a	47.50 a	46.02 a	50.98 a	47.97 a	47.46 a	47.95 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.4790 ns	0.9744 ns	0.9534 ns	0.9671 ns	0.6824 ns	0.1756 ns	0.8872 ns
C.V. (%)	9.128	8.5636	6.0678	6.3869	5.3024	5.5196	6.4609
Media	37.4365	44.7382	46.125	50.545	47.3175	46.9523	47.4575

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 4A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de frutos verdes en plantas de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días Después de la poda					
	41	56	71	86	101	116
Vigor	0.0030*	0.5904 ns	0.7432 ns	0.0952 ns	0.0002*	0.0010*
Alto	2.56 a	10.46 a	30.00 a	54.14 a	69.11 a	82.75 a
Medio	1.78 b	11.20 a	28.60 a	45.10 a	43.75 b	64.57 ab
Bajo	1.67 b	11.90 a	31.88 a	38.73 a	41.29 b	44.25 b
NH₄⁺ (%)	0.0003*	0.3064 ns	0.7112 ns	0.9132 ns	0.5848 ns	0.9931 ns
0	1.44 b	11.18 a	30.67 a	44.22 a	45.67 a	60.33 a
25	1.89 b	10.08 a	28.50 a	47.20 a	51.17 a	61.30 a
50	2.67 a	12.30 a	31.09 a	42.89 a	51.18 a	61.13 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.1173 ns	0.9192 ns	0.6755 ns	0.4330 ns	0.1182 ns	0.8425 ns
C.V. (%)	25.46	29.74	29.60	30.78	28.33	30.69
Media	2.00	11.12	30.04	44.85	49.29	60.93

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 5A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de flores en plantas de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después de la poda					
	41	56	71	86	101	116
Vigor	0.1444 ns	0.3617 ns	0.7383 ns	0.0210*	0.4685 ns	0.0001*
Alto	3.82 a	5.09 a	13.88 a	15.38 a	11.60 a	7.60 b
Medio	4.88 a	4.27 a	12.67 a	11.71 ab	9.86 a	10.07 a
Bajo	4.11 a	4.77 a	12.63 a	10.33 b	11.60 a	5.08 c
NH₄⁺ (%)	0.2956 ns	0.4945 ns	0.5790 ns	0.8987 ns	0.7976 ns	0.0149*
0	3.82 a	4.36 a	12.86 a	13.00 a	10.67 a	7.77 ab
25	4.38 a	4.71 a	14.60 a	11.88 a	10.25 a	6.40 b
50	4.45 a	5.10 a	12.50 a	12.50 a	11.50 a	9.21 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.4587 ns	0.8080 ns	0.2312 ns	0.38825 ns	0.3241 ns	0.1721 ns
C.V. (%)	26.39	28.22	26.95	26.87	28.30	29.75
Media	4.21	4.71	13.09	12.42	11.15	7.76

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 6A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de botones florales en plantas de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después de la poda					
	41	56	71	86	101	116
Vigor	0.8405 ns	0.4080 ns	0.9403 ns	0.5620 ns	0.1543 ns	0.0091*
Alto	9.58 a	12.88 a	21.63 a	32.11 a	35.63 a	13.60 ab
Medio	9.08 a	14.78 a	22.75 a	28.10 a	27.83 a	16.36 a
Bajo	9.64 a	12.78 a	22.11 a	29.22 a	28.50 a	10.25 b
NH₄⁺ (%)	0.2527 ns	0.7219 ns	0.0098*	0.6143 ns	0.6349 ns	0.0666 ns
0	8.76 a	13.00 a	18.29 b	29.89 a	31.22 a	12.30 a
25	9.00 a	13.00 a	18.63 b	31.56 a	28.00 a	15.90 a
50	10.43 a	14.30 a	27.70 a	28.00 a	32.00 a	12.89 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.2383 ns	0.5983 ns	0.8423 ns	0.1487 ns	0.7290 ns	0.1194 ns
C.V. (%)	28.55	25.56	28.97	27.57	27.00	27.71
Media	9.44	13.50	22.16	29.75	30.71	13.72

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 7A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el rendimiento en plantas con origen de rebrote (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Numero de frutos		Peso de frutos con cáliz		Peso de frutos sin cáliz	
	Días después de la poda					
	102	119	102	119	102	119
Vigor	0.0361*	0.7095 ns	0.8435 ns	0.4659 ns	0.0508*	0.4212 ns
Alto	3.40 a	14.14 a	25.70 a	63.46 a	23.97 a	57.05 a
Medio	2.78 ab	15.57 a	28.21 a	59.54 a	19.97 ab	51.53 a
Bajo	2.38 b	13.25 a	24.81 a	51.56 a	15.75 b	45.40 a
NH₄⁺ (%)	0.0429*	0.7915 ns	0.3115 ns	0.5749 ns	0.1128 ns	0.6747 ns
0	2.75 ab	13.33 a	22.88 a	53.94 a	19.54 a	48.46 a
25	2.44 b	15.50 a	33.06 a	64.31 a	20.99 a	55.46 a
50	3.40 a	14.67 a	25.60 a	59.20 a	19.40 a	51.24 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.4231 ns	0.8075 ns	0.2097 ns	0.4876 ns	0.0850 ns	0.8669 ns
C.V (%)	26.85	31.81	31.28	27.80	27.85	31.24
Media	2.89	14.50	26.23	59.15	19.89	51.84

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 8A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre la calidad de frutos en plantas con origen de rebrote (Tukey, $P \leq 0.10$).

F.V.	Sólidos Solubles totales (°Brix)		Vida de anaquel	
	Días después de la poda			
	102	119	116	131
Vigor	0.4360 ns	0.3311 ns	0.4580 ns	0.9705 ns
Alto	12.67 a	10.00 a	12.83 a	11.36 a
Medio	12.25 a	9.35 a	13.00 a	11.33 a
Bajo	12.06 a	9.93 a	12.33 a	11.40 a
NH₄⁺ (%)	0.9631 ns	0.3373 ns	0.5890 ns	0.2664 ns
0	12.47 a	10.18 a	13.17 a	11.63 a
25	12.27 a	9.52 a	12.60 a	11.20 a
50	12.37 a	9.61 a	12.67 a	11.33 a
Vigor*NH₄⁺ (%)	0.0937 ns	0.7702 ns	0.9374 ns	0.9512 ns
C.V. (%)	8.90	12.34	7.64	4.75
Media	12.35	9.77	12.76	11.37

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.10$

Cuadro 9A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre la altura en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante						
	60	75	90	105	120	135	150
NH₄⁺ (%)	0.2085 ns	0.2164 ns	0.0641 ns	0.1635 ns	0.4280 ns	0.5694 ns	0.7207 ns
0	82.67 a	84.75 a	89.00 a	106.50 a	124.25 a	129.25 a	138.75 a
25	80.00 a	96.00 a	101.75 a	119.25 a	125.25 a	131.25 a	141.00 a
50	74.67 b	94.25 a	100.50 a	110.75 a	115.75 a	123.25 a	137.75 a
C.V. (%)	2.92	9.78	7.44	7.75	8.87 a	8.41	8.11
Media	79.20	91.67	97.08	112.17	121.75	127.92	139.17

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 10A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de sobre el diámetro de tallo en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante						
	60	75	90	105	120	135	150
NH_4^+ (%)	0.5545 ns	0.7798 ns	0.0920 ns	0.4487 ns	0.1117 ns	0.4322 ns	0.0062*
0	11.47 a	12.94 a	12.24 a	13.21 a	12.96 a	15.57 a	14.52 b
25	11.13 a	12.61 a	13.36 a	13.54 a	14.07 a	14.36 a	15.10 b
50	10.75 a	11.84 a	13.00 a	13.94 a	14.44 a	14.07 a	16.59 a
C.V. (%)	8.16	17.91	5.00	5.81	6.6251	11.31	4.51
Media	11.12	12.46	12.87	13.56	13.8233	14.67	15.40

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 11A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre las lecturas SPAD en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante				
	60	75	90	105	120
NH_4^+ (%)	0.6582 ns	0.3165 ns	0.5111 ns	0.8321 ns	0.6137 ns
0	50.73 a	52.93 a	50.40 a	52.28 a	52.30 a
25	52.08 a	51.03 a	49.40 a	51.18 a	50.95 a
50	52.00 a	51.70 a	48.43 a	52.00 a	50.73 a
C.V. (%)	3.98	3.24	4.29	5.10	4.62
Media	51.68	51.88	49.51	51.82	51.33

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 12A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de frutos verdes en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante					
	41	56	71	86	101	116
NH₄⁺ (%)	0.0265*	0.0059*	0.0415*	0.0114*	0.0498*	0.7829 ns
0	6.00 b	24.75 b	45.00 b	77.50 b	73.00 b	80.50 a
25	9.75 a	45.75 a	82.75 a	137.75 a	130.00 a	89.00 a
50	7.25 ab	32.50 ab	64.75 ab	115.00 ab	112.00 ab	94.00 a
C.V. (%)	21.08	20.00	27.37	19.96	26.88	24.54
Media	7.67	34.33	64.17	110.08	105.00	89.30

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 13A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de flores en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante					
	41	56	71	86	101	116
NH₄⁺ (%)	0.2955 ns	0.1254 ns	0.0291*	0.0240*	0.4918 ns	0.3720 ns
0	6.50 a	8.50 a	6.67 b	10.33 ab	9.50 a	3.00 a
25	8.25 a	12.67 a	15.33 a	8.50 b	9.50 a	4.50 a
50	8.33 a	14.50 a	14.67 ab	16.33 a	10.00 a	4.00 a
C.V. (%)	16.30	22.57	26.30	18.75	28.13	23.81
Media	7.89	12.56	12.22	12.13	10.67	3.33

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 14A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el número de botones florales en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Días después del trasplante					
	41	56	71	86	101	116
NH₄⁺ (%)	0.0046*	0.7334 ns	0.3553 ns	0.0084*	0.1598 ns	0.0278*
0	9.50 b	19.50 a	19.50 a	22.00 ab	22.50 a	7.33 b
25	16.00 ab	22.50 a	24.50 a	15.25 b	24.33 a	17.00 a
50	20.50 a	20.00 a	21.50 a	36.25 a	27.33 a	10.67 ab
C.V. (%)	22.38	18.74	13.35	29.98	11.78	24.17
Media	15.33	20.67	21.83	24.50	24.50	11.00

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 15A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre la calidad de fruto en plantas con origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$).

F.V.	Sólidos Solubles Totales (^o Brix)			Vida de anaquel		
	Días después del trasplante					
	92	102	119	102	115	130
NH₄⁺ (%)	0.5635 ns	0.0115*	0.0001*	0.0490*	0.0275*	0.4633 ns
0	15.65 a	13.00 b	15.65 a	9.50 a	12.00 b	7.00 a
25	15.23 a	14.35 a	9.93 b	5.50 ab	12.00 b	7.00 a
50	15.25 a	14.60 a	10.60 b	4.00 b	12.67 a	6.75 a
C.V. (%)	3.97	4.45	7.23	20.38	2.37	4.43
Media	15.38	13.98	12.06	6.33	12.18	6.91

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$

Cuadro 16A. Efecto de la aplicación de diferentes formas de nitrógeno sobre el rendimiento de fruto en plantas con origen de semilla origen de semilla (Tukey, $P \leq 0.05$)

F.V.	Número de frutos			Peso de frutos con cáliz			Peso de frutos sin cáliz		
	Días después del trasplante								
	92	102	119	92	102	119	92	102	119
NH₄⁺ (%)	0.3536 ns	0.4219 ns	0.0055*	0.8882 ns	0.1007 ns	0.0029*	0.7277 ns	0.2620 ns	0.0027*
0	4.50 a	11.00 a	18.50 b	14.83 a	34.00 a	60.30 b	11.40 a	30.74 a	54.75 b
25	3.50 a	11.50 a	44.25 a	14.20 a	36.33 a	168.38 a	10.47 a	38.50 a	153.60 a
50	4.00 a	12.50 a	29.50 ab	15.80 a	50.00 a	106.58 ab	12.95 a	45.25 a	97.35 b
C.V. (%)	14.43	8.57	26.88	36.40	22.76	28.06	28.65	18.30	27.79
Media	4.00	11.67	30.75	13.19	38.33	111.75	11.44	38.65	101.90

ns= no significativo

*= significativo con $P \leq 0.05$