

**Efecto del calcio presiembra en el
rendimiento y calidad de pimiento bajo
estructura protegida**

Kevin William Rojas Oropel

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto del calcio presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento bajo estructura protegida

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Kevin William Rojas Oropel

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2017

Efecto del calcio presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento bajo estructura protegida

Kevin William Rojas Oropel

Resumen. La capacidad de intercambio catiónico es una propiedad química del suelo que actúa como un regulador de nutrientes, secuestrando y liberando elementos en la solución de suelo. El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del calcio aplicado al suelo antes de la siembra (presiembra) en el rendimiento y calidad de pimiento bajo estructura protegida. El ensayo fue establecido en un diseño de bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones y siete tratamientos presiembra. Los tratamientos fueron a) 11.2 kg/ha de nitrato de amonio (NA), b) 5 kg·ha⁻¹ de nitrato de calcio (NC) + 8.9 kg·ha⁻¹ NA, c) 10 kg·ha⁻¹ de NC + 6.7 kg·ha⁻¹ de NA, d) 15 kg·ha⁻¹ de NC + kg·ha⁻¹ de NA, e) 20 kg·ha⁻¹ de NC + 2.2 kg·ha⁻¹ de NA f) 25 kg·ha⁻¹ de NC g) testigo sin fertilizante. No se encontraron diferencias significativas en las variables altura, biomasa, número de frutos, rendimiento ni en el pH de la solución del suelo. La falta de respuesta del cultivo a la aplicación de calcio presiembra pudo deberse a la suficiencia de calcio en el sistema de producción. La omisión de estas prácticas dentro de las especificaciones de este sistema productivo puede repercutir en ahorros.

Palabras clave: Agricultura protegida, capacidad de intercambio catiónico, *Capsicum annum*, fertilización, pimiento var. Aristotle.

Abstract. Cation exchange capacity is a chemical property of soils that regulates the withhold and release of nutrients into the soil solution. Calcium is commonly used as a supplement to this property in fertilization programs. We evaluated the effect of pre-plant application of calcium on bell pepper yield and quality in nethouse. The study was established in a complete randomized block design with four replications and seven treatments. Treatments were a) 0 kg·ha⁻¹ of calcium nitrate (CN) + 0 kg·ha⁻¹ of ammonium nitrate (AN), b) 11.2 kg·ha⁻¹ of AN, c) 5 kg·ha⁻¹ of CN + 8.9 kg·ha⁻¹ of AN, d) 10 kg·ha⁻¹ of CN + 6.7 kg/ha de AN, e) 15 kg·ha⁻¹ of CN + 4.4 kg·ha⁻¹ of AN, f) 20 kg·ha⁻¹ of CN + 2.2 kg·ha⁻¹ of AN, g) 25 kg·ha⁻¹ of CN. No significant differences were found for all plant growth variables, pH, fruit number, and yield. The lack of response of the crop to pre-plant calcium could be related to sufficiency of the calcium rate within the production system. The omission of this practice in this production system could result savings for bell pepper growers.

Key words: Bell pepper var. Aristotle, *Capsicum annum*, cation exchange capacity, fertilization, nethouse.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	8
4. CONCLUSIONES.....	13
5. RECOMENDACIONES.....	14
6. LITERATURA CITADA.....	15

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Resultado de análisis químico del suelo de casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.	5
2. Descripción de los tratamientos presiembra evaluados en el rendimiento y calidad de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.	6
3. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en altura de pimiento var. Aristotle en casa malla no. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	8
4. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en biomasa área y de raíz de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	9
5. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en el pH y la conductividad eléctrica de solución de suelo en la producción de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	9
6. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento en las clasificaciones U.S Fancy y U.S 1 de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	10
7. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento en las clasificaciones U.S 2 y Descarte de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	11
8. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en número de frutos, peso promedio de frutos y rendimiento total de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.	11
9. Análisis de suelos de los tratamientos, posterior a la aplicación de N y Ca en pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.....	12
Figura	Página
1. Temperatura, pluviometría y radiación solar diaria desde el 20 de marzo hasta el 16 de junio de 2017 en estación meteorológica ubicada en Zorrales, Zamorano.....	4

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de pimiento (*Capsicum annuum*) es uno de los rubros más importante en la familia de las solanáceas a nivel mundial. El género *Capsicum* es originario de América del Sur, entre los actuales territorios de Perú y Bolivia. Sin embargo, México es el centro de domesticación y diversificación de este género (Castellón *et al.* 2014).

Dentro del género *Capsicum* están comprendidas alrededor de 30 especies (Moscone *et al.* 2007), de las cuales solo 5 especies son cultivadas comercialmente (Ayala *et al.* 2014), *C. annuum* var. *annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* var. *pendulum*, y *C. pubescens*. De estas especies la de mayor importancia económica es *annuum* var. *Annuum* (Hernández 2014).

En los años recientes ha existido un aumento en su demanda, iniciando en los años 70's, donde el consumo per cápita en los Estados Unidos de América fue entre 0.9 a 1.15 kg. A finales de los años 90's, el consumo incrementó a 3.2 kg, llegando a un consumo récord en el año 2014 de 4.9 kg per cápita (USDA 2017), donde se cosecharon 1.93 millones de ha. de pimiento a nivel mundial. China es el país más productor de pimiento del mundo; cosechando un área de 711,690 mil ha. y produciendo un total de 21.7 millones de toneladas de pimiento; equivalentes al 67% de la producción mundial en el año 2014 (FAO 2017). Honduras, es el segundo país de Centroamérica con mayor producción de pimiento, solamente superado por Guatemala. En el año 2014, se cosechó un área total de 1,253 ha, con una producción total de 16,319 toneladas de pimiento (FAO 2017).

Una de las razones por las que los productores han adaptado nuevas tecnologías de producción, es el aumento de la demanda de frutos de pimiento de mayor calidad. Algunas de estas nuevas tecnologías de producción son el uso de sistemas de riego más eficientes, uso de coberturas vegetales o mulching para impedir el crecimiento de malezas, y siembras bajo estructuras protegidas (Juárez *et al.* 2011). Sin embargo, el uso de estructuras protegidas en Honduras, ha sido muy limitado por los altos costos de inversión y la falta de precios garantizados para productos de calidad (FHIA 2004). En los últimos años en México, la agricultura protegida ha incrementado su extensión como alternativa de producción debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades presente en campo abierto (Carrillo *et al.* 2003).

La agricultura protegida es definida como aquellos sistemas de producción bajo estructuras cerradas o semi-cerradas, que permiten la creación de un microclima durante el ciclo de producción de manera parcial o total (Santos *et al.* 2013). Los microtúneles, macrotúneles, invernaderos (greenhouses) y casas mallas (nethouses) son algunos ejemplos de sistemas de producción protegidas.

Las casas mallas son utilizadas principalmente para sistemas de producción ubicados en zonas de baja pluviometría, altas temperaturas y alta radiación solar (Alvarado *et al.* 2014). Estas estructuras permiten la disminución en el uso de plaguicidas al estar cubiertas generalmente por una malla de alto grado de finura (>40 mesh; 0.420 mm), las cuales limitan la penetración de insectos. De igual manera, esta cobertura disminuye la humedad relativa y evapotranspiración, y reduce el estrés calórico que usualmente experimentarían las plantas, disminuyendo el consumo de agua (Santos *et al.* 2013).

Dentro de los principales retos en la producción de hortalizas está la selección de variedades adaptadas a las zonas de producción, el control eficiente de plagas y enfermedades y el manejo adecuado del riego y la fertilización (Porres *et al.* 2015). Una fertilización adecuada juega un papel primordial en el desarrollo de un sistema productivo agrícola. Todas las plantas requieren de 16 elementos esenciales para su crecimiento y desarrollo. Estos se clasifican en macro y micro nutrientes. Dentro de los macronutrientes se encuentran: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) (Navarro y Navarro 2003), todos estos nutrientes en su mayoría, son aportados al suelo o a los medios de crecimiento a través de fertilizantes.

Los sistemas productivos en suelo permiten una mayor rentabilidad de la explotación, dado el ahorro de inversión, comparado con la producción en sustrato. Uno de los mayores productores de pimiento de América Latina es México, y se estima que el 80% de la industria hortícola mexicana establece los cultivos en el suelo y un 20% restante utiliza algún tipo de sustrato o medio de cultivo (Ojodeagua *et al.* 2008). El suelo cumple diferentes funciones en los sistemas de producción, desde proveer anclaje a las plantas, hasta almacenamiento de agua y nutrientes (Mingorance 2010).

Todos los suelos son diferentes en su física, química o biología. Dentro de las características químicas más particulares del suelo encontramos la capacidad de intercambio catiónico (CIC; suma total de cationes intercambiables que el suelo puede absorber), la cual es comúnmente utilizada como indicador de secuestro de fertilizante. El intercambio entre aniones y cationes ocurre debido a la carga negativa o positiva que poseen los coloides inorgánicos como arcillas cristalinas, geles amorfos, óxidos y sesquióxidos de hierro y aluminio junto con la materia orgánica (Martínez *et al.* 2008).

La retención de cationes y aniones en el suelo proviene en gran parte de la sustitución de silicio (Si^{4+}), magnesio (Mg^{2+}), aluminio (Al^{3+}), hierro (Fe^{3+}) y zinc (Zn^{2+}) en el centro de las hojas tetraédricas y octaédricas de los silicatos. Estas hojas conforman estructuras comúnmente conocidas como arcillas de tipo 1:1 y 2:1. Dependiendo de la sustitución en la arcilla, las cargas netas pueden ser positivas o negativas, adsorbiendo cationes o aniones hidratados de la solución de suelo (Contreras *et al.* 2003). Este fenómeno es común en arcillas expandibles de tipo 2:1 como Montmorillonitas. Otro fenómeno, comúnmente responsable del secuestro de cationes y aniones son los cambios en el pH de la solución y la liberación de espacios en los bordes de los cristales de arcilla, por sustitución de moléculas de hidroxilos (OH^-) o por remoción de complejos de hidroxilos de aluminio (Besoain 1985).

En términos prácticos, la CIC actúa como un regulador en algunos suelos permitiendo a la planta tener nutrientes a su disposición (Navarro y Navarro 2003). Sin embargo, esto repercute en el secuestro de cationes (aniones en menor proporción), originalmente previstos para suplir requerimientos nutricionales en los cultivos. Los cationes más comunes secuestrados en los suelos son K^+ , Na^+ , Ca^+ y Mg^+ .

Existe un orden de cationes para ser absorbidos dentro de la fracciones de las arcillas, tomando en consideración la carga y el tamaño del catión. El orden de intensidad de atracción es el siguiente: $H^+ > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^+ > Na^+$ (Navarro y Navarro 2003).

Es común suplir la CIC de los suelos de los sistemas de producción, con fertilizantes ricos en Ca. Estudios anteriores han encontrado que suplir a las plantas con fertilizantes a base de Ca, afecta positivamente el rendimiento de los pimientos, logrando frutos con mayor resistencia a la penetración y mayor peso (Gutiérrez 2002). Así mismo, se ha determinado una relación positiva entre dosis de Ca y la respuesta del cultivo de tomate en los sustratos de producción (Martínez *et al.* 2013). El alza de los precios de los fertilizantes durante los últimos 10 años y efecto ambiental a largo plazo de la adición de nitratos al suelo, hace necesaria la regulación de las aplicaciones de fertilizantes. Los programas de fertilización deben de estar determinados por las necesidades del cultivo y regulados por la rentabilidad del sistema (FHIA 2008).

Suplir la CIC, anterior al establecimiento del cultivo, asegurará la disponibilidad de los nutrientes en el suelo o medio de siembra. Sin embargo, aplicaciones presiembra de N también ha sido relacionado a aumento de rendimiento en hortalizas (Tucuch *et al.* 2012). La adicción de Ca en los sistemas productivos es generalmente realizada a partir de nitrato de calcio, el cual aporta como enmienda secundaria N. Esto pone en duda si la respuesta de rendimiento en hortalizas está relacionada a la compensación de la CIC y/o a la adición presiembra de N durante las aplicaciones de nitrato de calcio. A partir de esto, se estableció la siguiente hipótesis: la adición de N presiembra puede resultar en los mismos rendimientos que la adición de Ca presiembra para compensación de la CIC en producción en suelo, dado esto, el objetivo de este estudio fue:

- Evaluar el efecto de aplicación de N y Ca en presiembra en el rendimiento y desarrollo de pimiento bajo estructura protegida.

2. METODOLOGÍA

Ubicación.

El estudio fue realizado entre el 20 marzo y 16 de junio de 2017 (89 días), en la casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas, en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Honduras (lat. 14° 0' 50" N, long. 87° 0' 50" O). Los parámetros climatológicos son resultado del análisis de datos de la estación meteorológica automatizada EAP- Zorrales GroWeather (tecnología Davis Instruments) ubicada en Zamorano. Los valores registrados por la estación sirvieron de base para estimar los datos de temperatura, pluviometría y radiación solar del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas de Zamorano.

La temperatura promedio durante el estudio fue de 24.4 °C. Para el mes de marzo fue de 23.2 °C (máx. 35.4°, min. 11.1°), para abril de 24.1 °C (máx. 35.4°, min 12.8°), para mayo de 24.0 °C (máx. 33.1°, min 15.0°), para junio de 25.1 °C. (máx. 32.5°, min. 17.8°) (Figura 1).

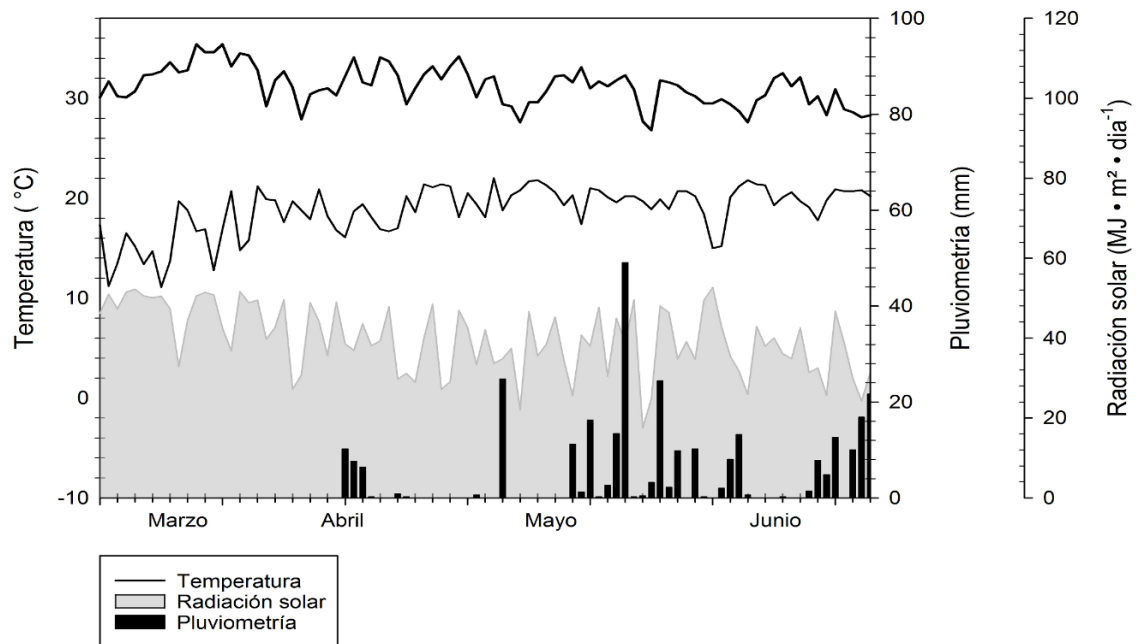


Figura 1. Temperatura, pluviometría y radiación solar diaria desde el 20 de marzo hasta el 16 de junio de 2017 en estación meteorológica ubicada en Zorrales, Zamorano.

La acumulación de radiación solar promedio durante el tiempo del ensayo fue 39.8 MJ·m²·día⁻¹. Para el mes de marzo el promedio fue 47.9 MJ·m²·día⁻¹, en abril 40.9 MJ·m²·día⁻¹, en mayo 38.3 MJ·m²·día⁻¹ y en junio 34.6 MJ·m²·día⁻¹. El total de lluvia fue 294.2 mm. El mes con mayor precipitación fue mayo con 179.8 mm; seguido de junio con 89 mm, abril con 25.4 mm y el mes de marzo donde no hubo precipitación (Figura 1).

El ensayo se desarrolló en una casa malla de 25 m de ancho por 50 m de largo (1,250 m²), con una altura de 4.5 m desde el suelo hasta la parte superior, recubierta con tela antivirus de 50 mesh (0.297 mm).

Cultivo. Se utilizó el cultivar Aristotle, pimiento determinado (Seminis™). El cultivar esta descrito como un pimiento de frutos en forma de bloque y tamaño grande, con colores que varían de verdes a rojos según el grado de maduración (Gowan 2010). Las semillas fueron germinadas en bandejas de 244 celdas por un tiempo de 35 días.

Suelo. El suelo fue clasificado como franco arenoso con 60% arena, 22% limo y 18% arcilla, con una capacidad de intercambio catiónico de 12.8 centimoles·kg⁻¹, 1165 ppm de Ca (140 kg·ha⁻¹) expresado en saturación de calcio de 45%, 2.97% de materia orgánica y un pH de 5.11, clasificado como fuertemente ácido (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado de análisis químico del suelo de casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

pH	M.O ^Ω	N total	P	K	Ca	Mg	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CIC [€]
	g·100 g ⁻¹		mg·kg ⁻¹ (extractable)											
5.11	2.97	0.15	95	274	1165	92	12	3	2	218	113	1	2	12.8
INT. [£]	FA	M	B	A	A	M	M	M	B	M	A	A	B	M

^Ω: materia orgánica; [€]: capacidad de intercambio catiónico; [£]: interpretación; FA: fuertemente ácido; B: bajo, M: medio; A: alto.

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de Zamorano (LSZ).

Preparación de suelo. Antes de la siembra, el suelo fue arado con dos pases de un motocultor (Ferrari 12 HP) a una profundidad de 0.40 m. Posteriormente se prepararon las camas de siembra en forma de trapecioide, con una altura de 0.35 m, 0.60 m de ancho superior y 0.8 m de ancho inferior, separadas a una distancia de 1.50 m de centro a centro. A cada cama de siembra se le colocó dos líneas de cinta de riego (Netafim) con goteros separados a 0.1 m y descarga promedio de 0.50 L·h⁻¹ por emisor. Todas las camas fueron cubiertas con plástico mulch (Oleofinas 6 mm) de color gris, con un ancho de 1.2 m. Una vez terminada la preparación de camas, se fumigaron con Metam Sodio (C₂H₄NNaS₂) (Mercenario 51 SL), a una dosis de 750 L·ha⁻¹. La desinfección se hizo a través del sistema de riego, utilizando un venturi con una entrada de 0.025 m a una presión de 20 PSI con una inyección de 1.5 L·min⁻¹. El tiempo de desinfección fue de dos semanas, durante el cual la estructura permaneció cerrada.

Siembra. En el día 17 posterior a la desinfección, se trasplantó el pimiento a doble hilera con una distancia entre plantas de 0.40 m, y una distancia entre hileras de 0.25 m, logrando una densidad de 33,333 plantas·ha⁻¹.

Fertilización. Se fertilizó a través del sistema de riego en inyecciones entre siete y nueve de la mañana, de lunes a sábado. La dosis total utilizada fue 180 kg·ha⁻¹ de N, 80 kg·ha⁻¹ de P, 200 kg·ha⁻¹ K, 170 kg·ha⁻¹ de Ca y 75 kg·ha⁻¹ de Mg, ajustada para los tratamientos.

Tratamientos. Se establecieron siete tratamientos presiembra con diferentes dosis de Ca y N. Se utilizó nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂) soluble (CalcinitTM), que aporta 15.5% de N y 26% de Ca. Los tratamientos fueron balanceados para N, con nitrato de amonio (NO₃NH₄ 33.5% de N). Los rangos de Ca(NO₃)₂ fueron desde 0 a 25 kg·ha⁻¹ y las compensaciones de N se mantuvieron en 3.75 kg·ha⁻¹ (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos presiembra evaluados en el rendimiento y calidad de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Nitrato de calcio	Nitrato de amonio
	(kg·ha ⁻¹)	
Sin fertilizante	0.0	0.0
11.2 NA [¥]	0.0	11.2
5.0 NC [§] + 8.9 NA	5.0	8.9
10.0 NC + 6.7 NA	10.0	6.7
15.0 NC + 4.4 NA	15.0	4.4
20.0 NC + 2.2 NA	20.0	2.2
25.0 NC	25.0	0.0

¥: nitrato de amonio; §: nitrato de calcio.

Variables evaluadas

Análisis de suelo. Se realizaron dos muestreos del suelo, el primero previo al trasplante de pimiento y el segundo 30 días posterior a la aplicación de los tratamientos. Para el análisis previo se recolectaron cuatro submuestras del área total del ensayo. Para el análisis de suelo posterior, se recolectaron submuestras de las cuatro repeticiones para cada tratamiento. La muestra fue recolectada a una profundidad de 0.30 m y colocada en bolsas plásticas para posteriormente ser enviadas al Laboratorio de Suelos Zamorano (LSZ).

Altura. Se tomó la altura de cinco plantas en muestreo aleatorio a cada parcela a las dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce SDT (semanas después de trasplante). La altura fue tomada desde la base del tallo hasta el ápice de la yema ubicada en la rama de mayor altura.

Biomasa. Se midió el peso fresco de la biomasa aérea y de raíz de seis plantas por parcela durante el ensayo, muestreando dos plantas en cada una de las semanas de medición. Los muestreos se realizaron a las cuatro, ocho y doce SDT. Esta variable fue destructiva, en

donde se separó la parte área de la planta de la raíz, cortando en la base del tallo con una tijera. Luego se enjuagaron las raíces en un recipiente con agua y se pesó en una balanza (Modelo: CS2000 Fabricante: Ohaus Corporation).

Conductividad eléctrica y pH. Se tomaron muestras de la solución del suelo durante cuatro semanas continuas, entre siete SDT y diez SDT, utilizando un extractor de solución del suelo (Modelo: SSAT Fabricante: Irrometer Company), enterrado a 0.2 m de profundidad y colocado entre las dos hileras de plantas de cada unidad experimental. Se procedió a extraer la solución con una jeringa de 10 ml del extractor y se analizó *in situ* la conductividad eléctrica y pH, haciendo uso de un medidor multiparámetros portátil Groline HI98131 (Hanna Instruments®).

Rendimiento comercial y no comercial. Se evaluaron seis cosechas, en un tiempo de 30 días; entre ocho SDT y doce SDT, muestreando diez plantas por parcela. Se consideró como rendimiento comercial la sumatoria de tres categorías (U.S Fancy, US. No. 1 y US. No. 2) de acuerdo a las normas de clasificación de pimiento sugeridas por USDA (2005). Los frutos clasificados debían estar maduros, firmes, libres de lesiones, cicatrices, quemaduras de sol, enfermedades, daño por insectos y daño mecánico.

1. **U.S Fancy:** Frutos de diámetro no menos de 3 pulgadas, y no menos de 3½ pulgadas de longitud.
2. **US. No. 1:** Frutos de diámetro no menos de 2½ pulgadas, y no menos de 2½ pulgadas de longitud.
3. **US. No. 2:** Frutos sin restricciones de diámetro ni longitud, pero si deben cumplir con las características antes mencionadas.

Todos aquellos frutos que no cumplieron con estas normas fueron denominados como descarte y se denominó rendimiento no comercial. Se contabilizó el número de frutos comerciales y no comerciales, y el peso promedio de frutos comerciales (rendimiento por parcela dividido el número de plantas).

Diseño del experimento. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con cuatro repeticiones. El experimento contó con un total de 28 unidades experimentales; cada una con 3.2 m de largo y 16 plantas. Las parcelas fueron divididas por un borde de separación de 0.5 m donde no se sembraron plantas.

Análisis estadístico. Las variables fueron analizadas a través de un análisis de varianza; siempre y cuando estas cumplieran con los supuestos de homogeneidad de varianza y normalidad. En caso de encontrar diferencias las medias de los tratamientos fueron separadas por un análisis de “least significant difference” (LSD) ($P \leq 0.05$), en el programa “Statistix Analytical Software” 9.0 ©.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No hubo en la altura de planta diferencias entre los tratamientos a las dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce SDT. Las plantas tuvieron una altura promedio de 13.6 cm a las dos SDT, 32.2 cm a las cuatro SDT, 50.5 cm a las seis SDT, 65.8 cm a las ocho SDT, 79.1 cm a las diez SDT y 92.2 cm a las doce SDT (Cuadro 3).

Cuadro 3. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en altura de pimiento var. Aristotle en casa malla no. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Semanas después de trasplante					
	2	4	6	8	10	12
	Altura (cm)					
Sin fertilizante	13.1	32.6	53.0	67.6	81.3	93.7
11.2 NA [¥]	13.3	30.5	48.0	65.1	80.0	94.6
5.0 NC [§] + 8.9 NA	14.2	31.7	53.7	68.7	82.5	96.2
10.0 NC + 6.7 NA	13.1	31.0	51.7	71.1	85.8	96.1
15.0 NC + 4.4 NA	14.0	30.7	52.2	68.6	81.2	95.8
20.0 NC + 2.2 NA	13.8	33.8	52.6	67.8	82.3	95.5
25.0 NC	13.5	35.0	54.8	69.2	81.2	97.2
P (<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¥: nitrato de amonio; §: nitrato de calcio; NS: no diferencia significativa.

En la biomasa aérea y biomasa de raíz, no se encontraron diferencias significativas en ninguno de los muestreos. Las plantas tuvieron un promedio de biomasa foliar de 79 g a las cuatro SDT, 401 g a las ocho SDT y 615 g a las doce SDT (Cuadro 4). En el caso de biomasa de raíz, las plantas tuvieron un promedio de 9 g a las cuatro SDT, 41 g a las ocho SDT y 73 g a las doce SDT (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en biomasa área y de raíz de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Biomasa aérea (g·planta ⁻¹)			Biomasa de raíz (g·planta ⁻¹)		
	4 SDT ^Ω	8 SDT	12 SDT	4 SDT	8 SDT	12 SDT
Sin fertilizante	78.1	362.1	540.1	11.0	39.8	80.0
11.2 NA [¥]	65.5	337.4	620.1	9.0	41.4	69.5
5.0 NC [§] + 8.9 NA	72.4	456.0	754.8	8.0	48.0	84.1
10.0 NC + 6.7 NA	106.4	510.4	608.5	11.7	46.3	68.2
15.0 NC + 4.4 NA	65.5	443.8	539.0	8.5	41.0	68.5
20.0 NC + 2.2 NA	65.3	374.1	484.3	9.4	36.6	67.3
25.0 NC	102.4	329.5	762.4	11.0	36.5	77.0
P (<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^Ω: semanas después de trasplante; [¥]: nitrato de amonio; [§]: nitrato de calcio; NS: no diferencia significativa.

En cuanto al pH de la solución de suelo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El pH promedio de la solución de suelo fue de 8.2 para todo el ensayo (Cuadro 5). Durante el mismo periodo, la conductividad eléctrica (C.E), fue diferente significativamente (P<0.01), donde la combinación de 10 kg de nitrato de calcio + 6.7 kg de nitrato de amonio, resultó en 2.3 dS·m⁻¹, mientras el resto de los tratamientos presentaron un promedio de 1.23 dS·m⁻¹.

Cuadro 5. Efecto de dosis de calcio y nitrógeno presiembra en el pH y la conductividad eléctrica de solución de suelo en la producción de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	pH	Conductividad eléctrica (dS·m ⁻¹)
Sin fertilizante	7.8	0.95 c ^Ω
11.2 NA [¥]	8.5	1.30 bc
5.0 NC [§] + 8.9 NA	8.7	1.40 bc
10.0 NC + 6.7 NA	8.0	2.30 a
15.0 NC + 4.4 NA	8.5	1.50 b
20.0 NC + 2.2 NA	8.3	1.50 b
25.0 NC	8.1	0.90 c
P (<0.05)	NS	0.001

[¥]: nitrato de amonio; [§]: nitrato de calcio; NS: no diferencia significativa; ^Ω: valores en la columna con letras diferentes, son estadísticamente diferentes.

En términos de rendimiento, los tratamientos no presentaron diferencia en rendimiento total o por clasificación es de venta (Cuadro 6-7). Para la clasificación U.S Fancy, En cuanto a número de frutos clasificados como U.S. Fancy, las plantas resultaron en un promedio de 3.5 frutos por planta con un peso promedio de 203 gramos por fruto, equivalentes a un rendimiento de 0.74 kg por planta (Cuadro 6). La clasificación U.S. 1 resultó en un promedio de 2.7 frutos por planta con un peso promedio de 153 gramos por fruto, equivalentes a un rendimiento de 0.43 kg por planta (Cuadro 6).

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento en las clasificaciones U.S Fancy y U.S 1 de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	U.S. Fancy			U.S. 1		
	NFP ^Ω	kg·planta ⁻¹	g·fruto ⁻¹	NFP ^Ω	kg·planta ⁻¹	g·fruto ⁻¹
Sin fertilizante	3.8	0.76	202	3.5	0.53	153
11.2 NA [¥]	3.3	0.66	203	2.5	0.4	162
5.0 NC [§] + 8.9 NA	4.1	0.87	211	2.7	0.45	163
10.0 NC + 6.7 NA	2.7	0.55	150	1.8	0.31	132
15.0 NC + 4.4 NA	3.7	0.76	205	2.8	0.45	160
20.0 NC + 2.2 NA	3.8	0.84	222	2.6	0.4	153
25.0 NC	3.3	0.74	228	3.1	0.48	156
P (<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^Ω: número de frutos por planta; [¥]: nitrato de amonio; [§]: nitrato de calcio; NS: No diferencia significativa.

La clasificación U.S 2, resultó en un promedio de 1.5 frutos por planta con un peso promedio de 124 gramos por fruto, equivalentes a un rendimiento de 0.20 kg por planta (Cuadro 7). En términos de descarte, las plantas resultaron en un promedio de 1.3 frutos de descarte con un peso promedio de 135 gramos por fruto, equivalentes a un rendimiento por planta de 0.18 kg de frutos de descarte (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en el rendimiento y calidad de pimiento en las clasificaciones U.S 2 y Descarte de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	U.S. 2			Descarte		
	NFP ^Ω	kg·planta ⁻¹	g·fruto ⁻¹	NFP ^Ω	kg·planta ⁻¹	g·fruto ⁻¹
Sin fertilizante	1.7	0.25	147	1.95	0.26	136
11.2 NA [¥]	1.6	0.22	121	1.20	0.15	123
5.0 NC [§] + 8.9 NA	1.4	0.19	123	1.50	0.22	148
10.0 NC + 6.7 NA	1.1	0.15	94	0.90	0.12	105
15.0 NC + 4.4 NA	1.4	0.19	128	0.90	0.13	151
20.0 NC + 2.2 NA	1.4	0.17	124	1.35	0.19	149
25.0 NC	1.6	0.22	134	1.40	0.19	135
P (<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^Ω: número de frutos por planta; [¥]: nitrato de amonio; [§]: nitrato de calcio; NS: No diferencia significativa.

Para los rendimientos totales, no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos. Las plantas resultaron en un promedio de 7.7 frutos comerciales por planta, con un peso promedio de 170 g por fruto, con un rendimiento total de 1.4 kg por planta, equivalente a 46 ton·ha⁻¹ (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de calcio y nitrógeno presiembra en número de frutos, peso promedio de frutos y rendimiento total de pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha ⁻¹)	Número de frutos por planta	frutos kg·planta ⁻¹	g·fruto ⁻¹	Rendimiento t·ha ⁻¹
Sin fertilizante	9.0	1.5	171	50.0
11.2 NA [¥]	7.4	1.3	174	43.3
5.0 NC [§] + 8.9 NA	8.3	1.5	180	50.0
10.0 NC + 6.7 NA	5.7	1.0	133	33.3
15.0 NC + 4.4 NA	7.9	1.4	175	46.7
20.0 NC + 2.2 NA	7.8	1.4	181	46.7
25.0 NC	8.0	1.4	180	46.7
P (<0.05)	NS	NS	NS	NS

[¥]: nitrato de amonio; [§]: nitrato de calcio; NS: No diferencia significativa.

Rendimientos e indicadores vegetativos similares a este ensayo fueron encontrados por Marcía (2004), donde se evaluó la adaptabilidad y rendimiento de la misma variedad de pimiento. Marcía (2004), reportó que la altura a ocho SDT, fue de 65.8 cm y el rendimiento total fue de 50 ton·ha⁻¹. El promedio de rendimiento de este ensayo fue de 46 ton·ha⁻¹, en un ciclo de producción de 4 meses y un total de 6 cosechas.

La similitud de rendimiento de pimiento con otros ensayos, podría considerarse un indicador de eficiencia del sistema de producción y potencial aplicabilidad para productores. No obstante, 88% del rendimiento total estuvo dentro de las categorías de frutos comerciales, mientras un 12% fue categórico como descarte. Durante el establecimiento del ensayo, las plantas se vieron afectadas por fuertes lluvias e incidencia de enfermedades durante los últimos meses de cosecha, bajo de la casa malla (Figura 1), esto pudo incrementar nuestro porcentaje de descarte en comparación con otros ensayos.

Alexander y Clough (1998), reportaron un incremento lineal del rendimiento del pimiento en respuesta al aumento en la dosis de Ca, de 0 a 68 kg·ha⁻¹. Nuestros datos no indicaron incremento en el rendimiento en relación a la cantidad de Ca aplicado. Esto pudo estar relacionado a que las dosis totales de calcio utilizadas en el ensayo sobrepasaron los 310 kg·ha⁻¹ de calcio, dada la combinación del aporte de suelo (140 kg·ha⁻¹) y el aporte total por fertilización en toda la temporada (170 kg·ha⁻¹), presentando suficiencia del nutriente a lo largo de la temporada.

Estas conclusiones están sustentadas por los análisis de suelo posteriores al termino del ensayo, donde se encontraron concentraciones promedio de 692 ppm (83 kg·ha⁻¹ ~ 40% menor al análisis inicial) y 0.17 g·100 g (4.1 kg·ha⁻¹) de Ca y N, respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de suelos de los tratamientos, posterior a la aplicación de N y Ca en pimiento en casa malla No. 2 del Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas.

Tratamiento (kg·ha⁻¹)	N (g·100 g)⁻¹	Ca (mg·kg⁻¹)
Sin fertilizante	0.17	994
11.2 NA [¥]	0.15	649
5.0 NC [§] + 8.9 NA	0.17	778
10.0 NC + 6.7 NA	0.15	645
15.0 NC + 4.4 NA	0.16	794
20.0 NC + 2.2 NA	0.17	909
25.0 NC	0.16	781

¥: nitrato de amonio; §: nitrato de calcio.

Estos resultados indican que la aplicación de Ca y N presiembra no es adecuada en sistemas de producción, con aplicaciones de 180 kg·ha⁻¹ de N y 170 kg·ha⁻¹ de Ca, en suelos con saturación de calcio de 45% y pH de 5.11. Más aun, un análisis económico simple muestra que no aplicar nitrato de calcio presiembra en dosis de 25 kg·ha⁻¹, representa una reducción de costos aproximada de US\$164 por ha, basado en los precios de nitrato de calcio (US\$10.6) a julio 2017, en Tegucigalpa, Honduras, y costos de mano de obra para aplicación, asumiendo US\$13.7 por día por hombre y 8 hombres por ha, en un tiempo de aproximadamente 11.2 h.

4. CONCLUSIONES

- La aplicación de nitrato de calcio en presembrado en dosis de $5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y N de $3.75 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ no afectó el rendimiento, desarrollo y calidad de pimiento en suelos franco arenosos, con pH de 5.11 y saturación de calcio de 45%.

5. RECOMENDACIONES

- Realizar el mismo estudio en la época seca del año regulando el riego y dosis totales de N menores a $180 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y de Ca menores a $170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ajustando previamente el pH del suelo.
- No adicionar nitrato de calcio presiembra en dosis entre 5 y $25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la producción de pimiento bajo casa malla número 2 del Centro Regional para las Hortalizas y Frutas.

6. LITERATURA CITADA

- Alexander S, Clough G. 1998. Spunbonded rowcover and calcium fertilization improve quality and yield in bell pepper. *HortScience* 33(7):1150-1152.
- Alvarado M, Díaz A, Hernández R. 2014. Tecnología para producir tomate en casa malla para el norte de Tamaulipas [internet]. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). [consultado 2017 abr 18]. http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4204/0102_081100070704_CIRNE.pdf?sequence=1
- Ayala M, Ayala O, Aguilar V, Corona T. 2014. Seed quality evolution of *Capsicum annuum* through different fruit development stages. *Rev. Fitotec. Mex.* 37(1):79-87.
- Besoain E. 1985. Mineralogía de arcillas de suelos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. San José. Costa Rica.
- Carrillo J, Jiménez F, Ruiz J, Díaz G, Sánchez P, Perales C, Arellanes A. 2003. Evaluación de densidades de siembra en tomate en invernadero. *Agron. Mesoam.* 14(1):85-88.
- Castellón E, Carrillo J, Chávez J, Vera A. 2014. Phenotype variation of chile morphotypes (*Capsicum annuum*) native to Oaxaca, Mexico. *PHYTHON* 83: 225-236.
- Contreras M, Escolano O, Rodríguez V, Díaz F, Pérez R, García S, García F. 2003. Estudio de adsorción de fenantreno en diferentes tipos de arcillas. Madrid (España): Editorial CIEMAT. 98 p.
- FAO. 2017. FAOSTAT Producción Agrícola [internet]; Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations; [consultado 2017 abr 20]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- FHIA. 2004. Producción de tomate y chile en túneles en temporada de lluvias [internet]; Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado 2016 oct 05]. http://www.fhia.org.hn/downloads/hortalizas_pdfs/hojatecnica5prodtomate.pdf
- FHIA. 2008. Razones para aumento en precio de fertilizantes [internet]; Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado 2017 sep 27]. http://www.fhia.org.hn/downloads/lab_quimico_agricola_pdfs/hojatecnican2lqa.pdf

- Gowan. 2010. Gowan semillas S.A. de C.V: categoría chiles pimientos[internet]. México: [consultado 2017 jun 03] <http://www.gowansemillas.com.mx/productosd.php?producto=146&idioma=3&categoria=47>
- Gutiérrez M. 2002. Potasio y calcio aplicado al suelo y su influencia en la productividad y calidad en hortalizas. Memorias II Simposio Nacional de Horticultura. Octubre 13,14,15 2004. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Hernandez S. 2014. The wild-type relatives of chile (*Capsicum annum*) a valuable genetic resource in Mexico. Mensaje Bioquímico 41:289-304.
- Juárez P, Bugarín R, Castro R, Sánchez A, Cruz E, Juárez C, Santiago G, Morales R. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Revista Fuente 3(8):21-27.
- Marcía R. 2014. Adaptabilidad y desempeño agronómico de diez cultivares de chile dulce cultivados en ambiente de mega túnel y campo abierto en el CEDEH-FHIA. In: Programa de hortalizas informe técnico 2014 [internet]; Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola; [consultado 2017 jun 28]. http://www.fhia.org.hn/downloads/informes_tecnicos/Inf_Tec_Hortalizas_2014.pdf
- Martínez E, Fuentes J, Acevedo E. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. R.C Suelo Nutr. Veg. 8(1):68-96.
- Martínez L, Velasco V, Ruiz J, Enríquez J, Campos G, Montaña M. 2013. Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 4(Pub. Esp. Núm. 6):1175–1184.
- Mingorance M. 2010. El suelo, regulador fisicoquímico de elementos traza para las plantas. In: C4 y CAM: Características generales y uso en programas de desarrollo de tierras. Madrid (España): Editorial CSIC. p. 129-143.
- Moscone E, Scaldaferrò M, Gabriele M, Cecchini N, Sánchez Y, Jarret R, Daviña J, Ducasse D, Barboza G, Ehrendorfer F. 2007. The evolution of Chili Peppers (*Capsicum- Solanaceae*): A Cytogenetic Perspective. Acta Hort. 745: 137-170.
- Navarro S, Navarro G. 2003. Química agrícola: El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2a. ed. Madrid (España): Mundi-Prensa. 487 p.
- Ojodeagua J, Castellanos J, Muñoz J, Alcántar G, Tijerina L, Vargas P, Enríquez S. 2008. Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. Rev. Fitotec. Mex. 31(4):367-374.
- Porres V, León E, Cifuentes R. 2015. Evaluación de cuatro híbridos de tomate y tres programas de fertilización bajo condiciones de invernadero en el departamento de Sololá. Revista de la Universidad del Valle de Guatemala 30:71–77.

- Santos B, Obregón H, Salamé T. 2013. Producción de hortalizas en ambientes protegidos: estructuras para la agricultura protegida. Estados Unidos de América: Universidad de Florida (UF). 4 p; [consultado 2017 ene 28]. https://horticulture.ucdavis.edu/main/Deliverables/Santos_manual_produccion_de_hortalizas_en_ambientes_protegidas.pdf
- Tucuch C, Alcántar G, Ordaz V, Santizo J, Larqué A. 2012. Production and Quality of Habanero Pepper (*Capsicum chinense Jacq.*) with Different NH_4^+ + NO_3^- ratios and size of substrate particles. Terra Latinoamericana, 30:9-15.
- USDA. 2005. United States standards for grades of sweet peppers [internet]. Estados Unidos de América: United State Department of Agriculture; [consultado 2017 may 05]. https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Sweet_Pepper_Standard%5B1%5D.pdf
- USDA. 2017. Sistema de datos de disponibilidad de alimentos [internet]; Estados Unidos de América: United State Department of Agriculture; [consultado 2017 abr 04]. <https://www.ers.usda.gov/data-products/food-availability-per-capita-data-system/>