

**Efecto de dosis de fertilizantes de liberación
lenta en el rendimiento y calidad de pimiento
bajo estructuras protegidas**

Daniel Alexander Espinoza Valdes

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Efecto de dosis de fertilizantes de liberación lenta en el rendimiento y calidad de pimiento bajo estructuras protegidas

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

Presentado por

Daniel Alexander Espinoza Valdes

Zamorano, Honduras

Efecto de dosis de fertilizantes de liberación lenta en el rendimiento y calidad de pimiento bajo estructuras protegidas

Daniel Alexander Espinoza Valdes

Resumen. El pimiento es una hortaliza que se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo. La producción convencional enfrenta retos en manejo, hidratación y nutrición. Una solución a las deficiencias en nutrición son los Fertilizantes de Liberación Lenta. El ensayo se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, en la casa malla #2 de la vega Lote 4, Monte Redondo. El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de fertilizantes hidrosolubles por fertilizantes de liberación lenta en el rendimiento y desarrollo de pimiento bajo estructura protegida. Se sustituyó porcentualmente las dosis de fertilizante hidrosoluble por fertilizantes de liberación lenta. Los tratamientos fueron de 0, 5, 10, 15, 20 y 25% de sustitución de fertilizantes hidrosolubles por fertilizantes de liberación lenta. Las variables medidas en el ensayo fueron: biomasa, altura de planta, número de frutos por planta, rendimiento, peso de fruto y conductividad eléctrica y pH del suelo. Solamente se encontraron diferencias significativas en el peso de fruto ($P \leq 0.05$) a favor de los Fertilizantes de Liberación Lenta. Se puede sustituir hasta un 25% de fertilizante hidrosoluble por fertilizantes de liberación lenta sin afectar el rendimiento ni la calidad del fruto.

Palabras clave: Fertilización pre-siembra, nutrición, rendimiento.

Abstract. Pepper is a vegetable grown in most of the tropical and subtropical countries of the world. Conventional production faces challenges in management, hydration and nutrition. One solution to the deficiencies in nutrition are Slow Release Fertilizers. The test was carried out at the Pan American Agricultural School, Zamorano, Honduras, in the protected structure # 2 of Batch 4, Monte Redondo. The objective of the trial was to evaluate the effect of the partial substitution of water-soluble fertilizers by release fertilizers on yield and development of pepper under protected structure. The water-soluble fertilizer dose was replaced with slow release fertilizers. Treatments were 0, 5, 10, 15, 20 and 25% replacement of water-soluble fertilizers by slow release fertilizer. The variables measured in the trial were: biomass, plant height, number of fruits per plant, yield, average fruit weight and soil's electrical conductivity and pH. Only significant differences in fruit weight ($P \leq 0.05$) were found in favor of Slow-Release Fertilizers. Up to 25% water-soluble fertilizer can be substituted for slow-release fertilizers without affecting yield or fruit quality.

Key words: Nutrition, pre-plant fertilization, yield.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES	12
5. RECOMENDACIONES	13
6. LITERATURA CITADA	14

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Resultado de análisis químico del suelo de casa malla No. 2 del Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.....	4
2. Descripción de los tratamientos presiembra evaluados en el rendimiento y calidad de pimiento en casa malla No. 2 del Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.....	6
3. Efecto de dosis pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en altura de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	7
4. Efecto de dosis pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en biomasa de follaje verde de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	8
5. Efecto de dosis pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en biomasa de raíz de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	8
6. pH y conductividad eléctrica en solución de suelo de tratamientos de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) bajo estructura protegida entre abril y mayo, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	9
7. Efecto de la dosis de Fertilizantes de Liberación Lenta pre-siembra en rendimiento de pimiento en calidad U.S. Fancy y U.S. No. 1 bajo estructuras protegida en Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	10
8. Efecto de dosis de fertilizantes de liberación lenta pre-siembra en número de frutos, peso promedio y rendimiento de pimiento U.S. No. 2 y descarte bajo estructuras protegida en Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	10
Figuras	
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, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	3

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*) se cultiva en la mayoría de los países tropicales y subtropicales del mundo (FAO 2014). La producción promedio de pimiento en América Central al año 2014 fue de 19 Mg·ha⁻¹ (FAO 2014). Sin embargo, en Honduras, la producción de pimiento al año 2014 fue 31% menor al promedio de la región con 13 Mg·ha⁻¹ (FAO 2014). Gran parte de la producción se desarrolla a campo abierto, donde cambios bruscos de temperatura, incidencia de plagas y enfermedades, vientos fuertes, lluvias, pérdida de nutrientes por volatilización y lixiviación contribuyen activamente a la reducción de rendimiento (Viguera et al. 2017). Estas condiciones han influido en el crecimiento de sistemas de producción protegida.

La agricultura protegida es una alternativa a las diversas problemáticas de campo abierto. Esta se realiza con la finalidad de proteger el cultivo de factores bióticos y abióticos (Juaréz et al. 2011). La producción bajo estructuras protegidas restringe el impacto del clima en el cultivo y reduce los daños ocasionados por plagas, enfermedades (Santos et al. 2010). Tradicionalmente, la fertilización bajo estructura protegida se hace a través del sistema de riego, en concentraciones diarias expresadas en partes por millón (ppm) (Bojacá y Monsalve 2012). Las aplicaciones de fertilizantes basadas en ppm están directamente influenciadas por la cantidad de agua aplicada al cultivo. Varias desventajas emergen en el uso de este sistema, desde alto costo de mano de obra, hasta la regulación inadecuada de fertilizantes dada la influenciada de requerimientos hídricos (Ruiz 1996).

Las dosis de N varían dependiendo de la especie, requerimientos del suelo, frecuencia y volumen de riego y sistema productivo (Santos et al. 2010). Tradicionalmente, las recomendaciones de N para el cultivo del pimiento rondan entre 150 y 308 kg·ha⁻¹ (Cuadra y Ramos 2002; Lardizabal y Cerrato 2009; Peña et al. 2002; Santos et al. 2010). Una alternativa al uso de fertilizantes hidrosolubles aplicado en ppm, es el uso de fertilizantes de liberación lenta. Los fertilizantes de liberación lenta suministran los nutrientes de forma más eficiente durante largos periodos de tiempo. Esto permite reducir las pérdidas, permitiendo mantener en el perfil de suelo niveles persistentes de nutrientes a lo largo del ciclo del cultivo (Hernández et al. 2009).

Existen diversas variaciones de fertilizantes de liberación lenta. Unas de las alternativas de mayor comercialización son los fertilizantes cubiertos con base de azufre (CBA) (Sartain y Millaway 1998). Esta formulación emplea una cubierta soluble de azufre y un polímero termo-sensible de dicyclopentadiene y aceite de linaza (Varshovi et al. 1993). Una de las características más sobresalientes de CBA es su estabilidad en el suelo (5 a 16 meses), la cual está regida por la temperatura y humedad del suelo (Varshovi y Sartain 1996).

Reyes et al. (2008) evaluó el efecto de fertilizantes de liberación lenta en pimiento en California, USA, comparando tres fuentes de N, en interacción con dosis entre $170 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $340 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Los resultados mostraron que al utilizar fertilizantes de liberación lenta el rendimiento fue 63% mayor que el rendimiento con fertilización convencional. Por otro lado, Stagnari y Pisante (2012), evaluaron diferentes fuentes de N en pimiento bajo estructura protegida en Córdoba, España, con dosis entre $93 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. A diferencia de Reyes et al. (2008), los resultados no mostraron diferencias entre el uso de fertilizantes de liberación lenta, urea y nitrato de calcio en la producción de biomasa de la planta, sin evaluación de rendimiento por parte de los autores. Por otro lado, Zambrano (2011), evaluó cuatro fuentes de N, dos convencionales y dos de fertilizantes de liberación lenta, con dos dosis entre $168 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $224 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Similar a Stagnari y Pisante (2012), el autor mostró que los fertilizantes hidrosolubles presentaron los mayores rendimientos en comparación con las fuentes de fertilizantes de liberación lenta.

Dada la variabilidad de resultados a nivel mundial relacionados al uso de fertilizantes de liberación lenta en estructuras protegidas, es probable que la eficacia del uso de estas fuentes esté relacionada a las condiciones de suelo, riego y dosis utilizadas en el sistema productivo. El uso de fertilizantes de liberación lenta podría resultar en la disminución de pérdidas de fertilizantes en el subsuelo por exceso de volúmenes de riego o alta pluviometría. Además, este sistema productivo podría disponer de nutrientes para las plantas durante momentos que comúnmente no estarían presentes, y de manera más estable. Sin embargo, es necesario evaluar esta premisa en áreas y sistemas de producción específicos, dado esto, el objetivo de este estudio fue:

- Evaluar el efecto de la sustitución parcial de fertilizantes hidrosolubles por fertilizantes de liberación en el rendimiento y desarrollo de pimiento bajo estructura protegida.

2. METODOLOGÍA

Ubicación. El estudio fue realizado entre el 20 de marzo y 16 de junio de 2017 (89 días), en el Centro Regional de Innovación para las Hortalizas y Frutas, de 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 GroWeather (tecnología UC 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 Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Durante el tiempo del estudio la temperatura promedio durante el estudio fue de 24.4 °C. Para el mes de marzo fue de 23.2 °C (máx. 35.4 °C, min. 11.1 °C), para abril de 24.1 °C (máx. 35.4 °C, min 12.8 °C), para mayo de 24.0 °C (máx. 33.1 °C, min 15.0 °C), para junio de 25.1 °C. (máx. 32.5 °C, min. 17.8 °C) (Figura 1).

La acumulación de radiación solar promedio durante el tiempo del ensayo fue de 39.8 MJ/m²/día. El promedio para el mes de marzo, abril, mayo y junio fue 47.9 MJ/m²/día, 40.9 MJ/m²/día, 38.3 MJ/m²/día, y 34.6 MJ/m²/día, respectivamente. La pluviometría total durante el tiempo del ensayo 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).

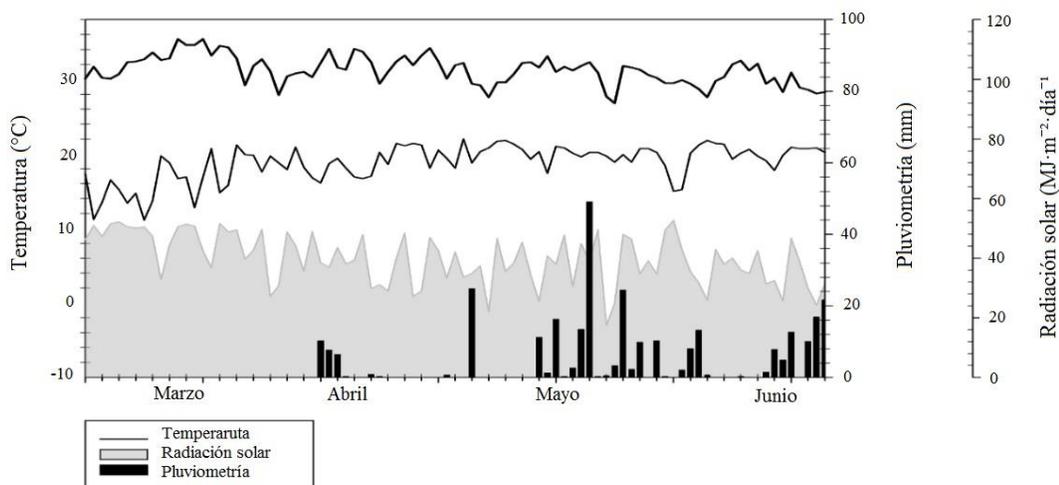


Figura 1. Temperatura, pluviometría y radiación solar diaria desde el 20 de marzo hasta el 16 de junio de 2017 en estación meteorológica ubicada en Zorrales, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Cultivo. Se utilizó el cultivar Aristóteles, pimiento determinado (SeminiTM). 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. Posteriormente a la germinación se procedió a trasplantar 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.

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, 2.97% de materia orgánica y un pH de 5.11 (Figura 2).

Cuadro 1. Resultado de análisis químico del suelo de casa malla No. 2 del Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

pH	M.O. ^Ω N total		P	K	Ca	M	Na	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	CIC ^ε
	g·100 g ⁻¹													
5.11	2.97	0.15	95	274	1,165	92	12	3	2	218	113	1	2	12.8
INT. ^ξ FA	M	B	A	A	M	M	M	B	M	A	A	B	M	

^Ω: materia orgánica; ^ε: capacidad de intercambio catiónico; INT.^ξ: 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 trapezoide, con una altura de 0.35 m, 0.60 m de ancho en la base superior y 0.80 m en base inferior, separadas a una distancia de 1.50 m desde centro a centro. A cada cama de siembra se le colocó dos líneas de cinta de riego (Netafim) con goteros separados a 10 cm y descarga promedio de 0.50 L/h 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. La desinfección se hizo a través del sistema de riego, utilizando un venturi con una entrada de 2.5 cm a una presión de 20 PSI con una inyección de 1.5 L/min. 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 7 y 9 de la mañana, de lunes a sábado. La dosis total utilizada fue 350 kg/ha de N, 170 kg/ha de P, 400 kg/ha K, 300 kg/ha de Ca y 150 kg/ha de Mg, ajustada para los tratamientos.

Variables evaluadas

- **Análisis de suelo:** Se realizaron dos muestreos del suelo, el primero previo y el segundo posterior a la aplicación de los tratamientos. Para el análisis previo se recolectaron cuatro muestras conjuntas del área total del ensayo. Para el análisis de suelo posterior, se recolectó muestras conjuntas 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.
- **Altura.** Se tomó la altura de cinco plantas en muestreo aleatorio a cada parcela a las 2, 4, 6, 8, 10, 12 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 aérea 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 conductividad eléctrica y pH de la solución del suelo durante cuatro semanas continuas, entre 7 SDT y 10 SDT. Se utilizó un extractor de solución del suelo (Modelo: SSAT Fabricante: Irrrometer Company), enterrado a 0.2 m de profundidad y colocado entre las dos hileras de plantas por parcela. 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 8 SDT y 12 SDT, muestreando 10 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.
 - **U.S Fancy:** Frutos de diámetro no menos de 3 pulgadas, y no menos de 3½ pulgadas de longitud.
 - **US. No. 1:** Frutos de diámetro no menos de 2½ pulgadas, y no menos de 2½ pulgadas de longitud.
 - **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 (rendimiento por parcela dividido al número de plantas).

Tratamientos. Se establecieron siete tratamientos presiembra con diferentes dosis de N. Se utilizó Osmocote® Plus (FLL) (15-9-12) y nitrato de amonio NO₃NH₄ (NH) (33-0-0).

Los tratamientos fueron balanceados para potasio, con cloruro de potasio (KCL) (0-0-60) y para fósforo con fosfato monopotásico, MKP™ (0-52-34).

- a) Control absoluto (Fertilización tradicional (FT)); (No fertilizante pre-siembra) (FLL 0-0 NH)
- b) Control relativo (185.3 kg/ha NO₃NH₄ (63 kg N)) + FT (FLL 0-83 NH)
- c) Sustitución 5% con FLL (83.3 kg/ha Osmocote (12.5 kg N))+ 147 kg/ha NO₃NH₄ (50 kg/ha N) + FT (FLL 12.5-50 NH)
- d) Sustitución 10 con FLL (167 kg/ha Osmocote (25 kg N))+ 112 kg/ha NO₃NH₄ (38 kg/ha N) + FT (FLL 25-38 NH)
- e) Sustitución 15% con FLL (250 kg/ha Osmocote (37.5 kg N))+ 75 kg/ha NO₃NH₄ (25.5 kg/ha N) + FT (FLL 37.5-25.5 NH)
- f) Sustitución 20% con FLL (333.3 kg/ha Osmocote (50 kg N))+ 38.2 kg/ha NO₃NH₄ (18 kg/ha N) + FT (FLL 50-18 NH)
- g) Sustitución 25% con FLL (420 kg/ha Osmocote (63 kg N))+ FT (FLL 83-0 NH)

Cuadro 2. Descripción de los tratamientos presiembra evaluados en el rendimiento y calidad de pimiento en casa malla No. 2 del Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Aporte de Osmocote®	Aporte de NO ₃ NH ₄	Aporte de P	Aporte de K	Ajuste de P	Ajuste de K (KCl
					(MPK™ ^ε 0-52-34)	0-0-60)
kg·ha⁻¹						
a) FLL ^ε 0 - NH ^γ 0	0.0	0.0	0.0	0.0	37.6	50.0
b) FLL 0 – NH 83	0.0	83.0	0.0	0.0	37.6	50.0
c) FLL 12.5- NH 50	12.5	50.0	7.5	10.0	30.0	40.0
d) FLL 25- NH 38	25.0	38.0	15.0	20.0	22.5	30.0
e) FLL 37.5- NH 25.5	37.5	25.5	22.5	30.0	15.1	20.0
f) FLL 50- NH 18	50.0	18.0	30.0	39.9	7.7	10.1
g) FLL 83- NH 0	83.0	0.0	37.6	50.0	0.0	0.0

FLL^ε: Osmocote® (15-9-12); NH^γ: nitrato de amonio; MPK™^ε: fosfato monoamónico.

Diseño del experimento. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar (BCA) con 4 repeticiones. El experimento contó con un total de 28 unidades experimentales; que contaban con 3.2 m de largo y 16 plantas por parcela. Las parcelas fueron separadas 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 entre las medias de los tratamientos, estas fueron separadas por un análisis de “least significant difference” (LSD) (P ≤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 pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en altura de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (kg·ha ⁻¹)	Altura (cm)					
	SDT [‡]					
	2	4	6	8	10	12
FLL [€] 0 - NH [‡] 0	25.3	30.9	35.8	45.8	69.3	94.1
FLL 0 - NH 83	24.5	29.7	35.4	47.5	71.2	93.3
FLL 12.5- NH 50	25.5	30.8	33.6	48.4	64.4	91.1
FLL 25- NH 38	24.6	31.6	35.9	46.1	65.8	91.5
FLL 37.5- NH 25.5	25.5	31.6	36.9	46.7	67.9	91.2
FLL 50- NH 18	24.8	31.2	35.2	48.1	69.7	93.4
FLL 83- NH 0	25.3	31.3	36.2	48.5	65.6	97.4
Significancia (P<0.05)	NS	NS	NS	NS	NS	NS

SDT[‡]: Semana Después de Trasplante; FLL[€]: Osmocote® (15-9-12); NH[‡]: nitrato de amonio; NS: No tiene Significancia (P≤0.05).

Para la variable de biomasa de follaje a 4 SDT, los tratamientos FLL 25- NO₃NH₄ 38 y FLL 50 - NO₃NH₄ 18 resultaron en 60% (87.6 g·planta⁻¹) mayor biomasa foliar que el resto de los tratamientos (54.5 g·planta⁻¹). A las 8 SDT y 12 SDT, no se encontró diferencia en los tratamientos. Las plantas tuvieron una biomasa de follaje promedio de 104 g·planta⁻¹ y 559.2 g·planta⁻¹ a las 8 y 12 SDT, respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de dosis pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en biomasa de follaje verde de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (kg·ha ⁻¹)	Biomasa de follaje verde (g·planta ⁻¹)		
	SDT [‡]		
	2	4	6
FLL [€] 0 - NH [¥] 0	44.5 c [§]	108.4	535.5
FLL 0 – NH 83	56.6 c	95.3	642.4
FLL 12.5- NH 50	57.8 bc	122.0	384.0
FLL 25- NH 38	94.4 a	93.3	500.0
FLL 37.5- NH 25.5	55.8 c	108.0	636.0
FLL 50- NH 18	80.8 ab	96.0	553.8
FLL 83- NH 0	57.9 bc	108.8	662.8
Significancia (P<0.001)	**	NS	NS

SDT[‡]: Semana Después de Trasplante; FLL[€]: Osmocote® (15-9-12); NH[¥]: nitrato de amonio; NS: No tiene Significancia; *: Significancia (P<0.001).

Para la variable de biomasa de raíz, no se encontró diferencia entre los tratamientos a las 4, 8, 12 SDT. Las plantas tuvieron una biomasa de raíz promedio de 11.5 g·planta⁻¹, 29.6 g·planta⁻¹, 69.4 g·planta⁻¹ a las 4, 8, 12 SDT, respectivamente (Cuadro 5).

Cuadro 5. Efecto de dosis pre-siembra de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) en biomasa de raíz de pimiento bajo estructura protegida entre abril y junio 2017, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (kg·ha ⁻¹)	Biomasa de Raíz (g·planta ⁻¹)		
	SDT [‡]		
	2	4	6
FLL [€] 0 - NH [¥] 0	13.0	31.5	67.4
FLL 0 – NH 83	10.5	27.4	61.4
FLL 12.5- NH 50	14.5	37.0	89.0
FLL 25- NH 38	9.8	28.6	74.6
FLL 37.5- NH 25.5	12.6	24.9	68.1
FLL 50- NH 18	9.8	30.3	59.6
FLL 83- NH 0	10.6	27.4	65.9
Significancia (P<0.05)	NS	NS	NS

SDT[‡]: Semana Después de Trasplante; FLL[€]: Osmocote® (15-9-12); NH[¥]: nitrato de amonio; NS: No tiene Significancia (P<0.05).

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 6). El tratamiento FLL 25 – NO₃NH₄ 38 resultó en valores de EC dos veces mayor, comparado a la media del resto de los tratamientos (1.5 dS·m⁻¹) (Cuadro 6).

Cuadro 6. pH y conductividad eléctrica en solución de suelo de tratamientos de fertilizantes de liberación lenta (Osmocote® 15-9-12) bajo estructura protegida entre abril y mayo, Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (kg·ha ⁻¹ de N)	pH	CE ^ψ dS·m ⁻¹
FLL ^ε 0 - NH ^ξ 0	7.8	0.1 d [§]
FLL 0 – NH 83	8.3	1.5 c
FLL 12.5- NH 50	8.6	1.8 bc
FLL 25- NH 38	8.3	3.0 a
FLL 37.5- NH 25.5	7.8	1.5 c
FLL 50- NH 18	8.3	2.0 b
FLL 83- NH 0	8.1	1.0 d
Significancia (P<0.001)	NS	**

CE^ψ: Conductividad Eléctrica; dS/m: decisiemens por metro; SDT: Semana Después de Trasplante; FLL^ε: Osmocote® (15-9-12); NH^ξ: nitrato de amonio; NS: No tiene Significancia; **: Significancia (P<0.001).

Para la categoría Fancy, no se encontró diferencia en el número de frutos entre tratamientos con un promedio de 3.7 fruto·planta⁻¹. Para el rendimiento por planta, no se encontró diferencia entre los tratamientos, con un promedio de 2.7 kg·m⁻². Aunque las variables anteriores no presentaron ninguna diferencia, en el peso promedio por fruto del tratamiento FLL 25–NO₃NH₄ 38 presentó un 4% (230.8 g·fruto⁻¹) más de peso promedio en comparación al resto de los tratamientos. En cuanto a la categoría US No. 1, no se encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables evaluadas. Los tratamientos resultaron en un promedio de 2.3 fruto·planta⁻¹, con un peso promedio de fruto de 217.8 g·fruto⁻¹, con un rendimiento promedio de 1.6 kg·m⁻² (Cuadro 7).

Cuadro 7. Efecto de la dosis de Fertilizantes de Liberación Lenta pre-siembra en rendimiento de pimiento en calidad U.S. Fancy y U.S. No. 1 bajo estructuras protegida en Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (kg de N·ha⁻¹)	NFF^ψ	RDTF^ψ (kg·m⁻²)	PPFF^ψ (g·fruto⁻¹)	NF1^ψ	RDT1^ψ (kg·m⁻²)	PPF1^ψ (g·fruto⁻¹)
FLL ^ε 0-0 NH [¥]	4.3	2.9	212.5 c [§]	2.6	1.8	216.8
FLL 0-83 NH	3.8	2.7	220.0 bc	2.1	1.5	236.9
FLL 12.5-50 NH	3.5	2.5	220.9 bc	2.1	1.4	214.1
FLL 25-38 NH	3.5	2.6	230.8 a	2.3	1.6	216.9
FLL 37.5-25.5 NH	3.6	2.7	221.7 abc	2.3	1.6	218.1
FLL 50-18 NH	3.7	2.6	222.8 ab	2.4	1.7	217.0
FLL 83-0 NH	3.5	2.5	225.3 ab	2.5	1.7	205.2
Significancia (p<0.05)	NS [£]	NS	*	NS	NS	NS

FLL^ε: Osmocote[®] (15-9-12); NH[¥]: nitrato de amonio, NFF^ψ: Número de frutos US Fancy por planta; RDTF^ψ: Peso de Frutos US Fancy; PPFF^ψ: Peso de Fruto US Fancy; NF1^ψ: Número de frutos US 1; RDT1^ψ: Peso de Frutos US 1; PPF1^ψ: Peso de Fruto US 1; NS[£]: No significancia; *: Significancia (P<0.05).

Para la categoría US No.2, no se encontró diferencias en los tratamientos. Para el número de frutos promedio con 3.1 fruto·planta⁻¹ y un rendimiento de 1.5 kg·m⁻². Sin embargo, el tratamiento (FLL 83– NO₃NH₄ 0) resultó en 8% (161.75 g·fruto⁻¹) más de peso por fruto en comparación al resto de los tratamientos. Para el descarte, no se encontró diferencia entre los tratamientos con promedio de 3.0 fruto·planta⁻¹, un rendimiento de 1.8 kg·m⁻² y con un peso promedio de 194 g· fruto⁻¹ (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto de dosis de fertilizantes de liberación lenta pre-siembra en número de frutos, peso promedio y rendimiento de pimiento U.S. No. 2 y descarte bajo estructuras protegida en Lote Vega 4 de Monte Redondo, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis pre-siembra (Kg de N·ha⁻¹)	NF2^ψ	RDT2^ψ (kg·m⁻²)	PPF2^ψ (g·fruto⁻¹)	NFD^ψ	RDTD^ψ (kg·m⁻²)	PPFD^ψ (g·fruto⁻¹)
FLL ^ε 0-0 NH [¥]	2.3	1.0	143.2 c [§]	2.9	1.6	180.8
FLL 0-83 NH	3.2	1.6	158.2 ab	2.8	1.8	195.5
FLL 12.5-50 NH	2.9	1.4	154.3 abc	2.2	1.4	198.4
FLL 25-38 NH	3.1	1.4	147.2 bc	3.0	1.7	177.8
FLL 37.5-25.5 NH	4.2	2.0	147.3 bc	3.7	2.4	202.0
FLL 50-18 NH	3.5	1.6	143.3 c	3.6	2.4	206.1
FLL 83-0 NH	2.7	1.6	161.7 a	3.0	1.9	197.6
Significancia (p<0.05)	NS [£]	NS	*	NS	NS	NS

^ψ:NF2: Número de frutos US 2; PF2^ψ: Peso de Frutos US 2; PPF2^ψ: Peso de Fruto US2; NFD^ψ: Número de frutos Descarte; PFD^ψ: Peso de Frutos Descarte; PPFD^ψ: Peso de Fruto Descarte; NS[£]: No significancia; *: Significancia (P<0.05).

La respuesta del cultivo a fuentes de fertilizantes esta usualmente relacionada al sistema productivo. Guertal (2000) evaluó la interacción entre dosis de N entre 90 y 225 kg·ha⁻¹ y fuentes convencionales y de liberación lenta (nitrato de amonio, urea recubierta de azufre, urea recubierta de resina, y un control absoluto con 1% de N). Los métodos de aplicaciones fueron estandarizados en el tiempo, con aplicaciones distribuidas cada dos días. Sus resultados mostraron que no hubo un incremento en rendimiento consistente a través de las fuentes de N, mientras que los rendimientos más altos se alcanzaron con dosis de 135 kg·ha⁻¹ de N. Un estudio similar fue llevado a cabo por Csizinszky (1994), donde se evaluaron diferentes porcentajes del total de N y K en forma de FLL en la producción de tomates y pimiento. Dos dosis totales de aplicaciones de N fueron evaluadas, 195 kg·ha⁻¹ de N y 292 kg·ha⁻¹ de N, donde de dichos totales fueron establecidos cuatro porcentajes en forma de FLL (0, 25, 50 y 75%). Sus resultados mostraron un incremento en el rendimiento del pimiento con porcentajes de 50% del N en forma de FLL. El autor expresa que la razón de esta respuesta del cultivo no es clara, dado que los resultados, dado que este no fue el caso para el tomate, y las variables vegetativas y de concentraciones de NO₃-N no mostraron diferencias entre los tratamientos. A partir de esto, se podría establecer la hipótesis de que la respuesta del cultivo a la aplicación de FLL depende de la interacción entre fuente, dosis y momento y lugar de aplicaron.

Morgan et al. (2009), establece que los FLL representan una oportunidad para aumentar el uso eficiente de los nutrientes en la agricultura, particularmente en suelos con basa capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, fumigaciones de suelo, temperatura, y humedad deben de tomarse en cuenta al momento de elegir la fuente de FLL a utilizar. Una selección adecuada de FLL permitirá sincronizar la tasa de la liberación del fertilizante con el requerimiento diario del cultivo. El fallo en encontrar diferencias en nuestro ensayo, muestra dos respuestas principales: En primer lugar, el control absoluto resulto en los mismos rendimientos que los tratamientos con dosis mayores de fertilizantes. Dado esto, es posible pensar que la respuesta del cultivo a FLL pudo estar enmascarada por las dosis utilizadas durante el ensayo, dado que el cultivo estaba en suficiencia y las aplicaciones de fertilizantes convencional se realizaban diariamente. En segundo lugar, los tratamientos con sustitución de FLL resultaron en los mismos rendimientos que tratamientos con fertilizantes hidrosolubles. Dado esto, es pertinente pensar que la tasa de liberación del FLL fue suficientemente similar al requerimiento del cultivo bajo las condiciones evaluadas. Es importante destacar, que esta hipótesis aún queda a ser probada. En términos prácticos, los FLL podrían fungir como alternativa de fertilización a los fertilizantes hidrosolubles. Sin embargo, es necesario un análisis económico de este sistema de producción antes de determinar una recomendación final a los productores de pimiento.

4. CONCLUSIONES

- No hubo efecto del fertilizante de liberación lenta en el rendimiento y desarrollo del pimiento bajo estructura protegida en comparación de fertilizantes convencionales con dosis de N totales de $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.
- Los fertilizantes de liberación lenta pueden servir de sustituto de los fertilizantes hidrosolubles hasta un 25% del total de nitrógeno aplicado sin decremento en el rendimiento y calidad del cultivo del pimiento con dosis de N total de $83 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el ensayo con dosis totales de N menores a $250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, porcentajes de sustituciones mayores en diferentes medios de siembra, con mayor amplitud de tiempo entre aplicaciones.
- Evaluar la viabilidad económica de la aplicación de Osmocote® (15-9-12) en sistemas productivos del cultivo del pimiento.

6. LITERATURA CITADA

- Bojacá C, Monsalve O. 2012. Manual de Producción de Pimentón Bajo Invernadero [internet]. Bogotá, Colombia; [consultado 2017 feb 15]. http://avalon.utadeo.edu.co/servicios/ebooks/manual_pimenton/files/assets/common/downloads/Manual%20de%20producci.pdf
- Cuadra Castillo SA, Ramos Pérez N. 2002. Efecto de Diferentes Niveles de NPK en el Comportamiento Agronómico Del Tomate, En El Valle De Sebaco [tesis]. Universidad Nacional Agraria-Nicaragua. 11 p.
- Csizinszky A. 1994. Yield response of bell pepper and tomato to controlled-release fertilizers on sand. *J. Environ. Hortic.* 10: 1535-1549.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2014. FAOSTAT. Producción Agrícola. Revisado [internet]. [consultado 2017 ene 20]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Guertal, E.A. 2000. Preplant slow-release nitrogen fertilizers produces similar bell pepper yield as split applications of soluble fertilizers. *Agron. J.* 81: 290-294.
- 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>
- Hernández M I, Chailloux M, Moreno V, Ojeda A, Salgado JM, Bruzón O. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en el suelo Ferralítico Rojo. *Pesq. Agropec. Bras. Brasilia. Oxf j.* 44 (5): p429-436.
- Juaréz LP, Bugarín MR., Castro BR, Sánchez-Monteon AL, Cruz-Crespo E, Juaréz RC, Santiago GA, Balois MR. 2011. Estructuras utilizadas en la agricultura protegida [internet]. Nayit, México; [consultado 2017 ene 20]. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-08/4.pdf>
- Lardizabal R, Cerrato C. 2009. Manual de Producción, Producción de Tomate [internet]. La Lima, Cortés; [consultado 2017 marz 20]. [file:///D:/Downloads/EDA_Manual_Produccion_Tomate_02_09%20\(6\).pdf](file:///D:/Downloads/EDA_Manual_Produccion_Tomate_02_09%20(6).pdf)

- Morgan K, Cushman K, Shinjiro S. 2009. Release Mechanism for Slow- and Controlled-release fertilizers and strategies for their use in vegetable production. *HortTechnology*. 19 (1): 10-12
- Obreza T, Sartain J. 2010. Improving Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Use Efficiency for Florida's Horticultural Crops. *HortTechnology*. 20(1): p1-2.
- Peña A, Martínez A, Ramos C, Galvis A, Alcántar G. 2002. Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en fertirriego. *Terra Latinoamericana*. 20(4): 465-469
- Reyes L, Sanders D, Buhler W. 2008. Evaluation of slow-release fertilizers on bell pepper [internet]. [consultado 2017 marz 20]. <http://horttech.ashspublications.org/content/18/3/393.full.pdf+html>
- Ruiz FJF. 1996. Fertilizantes y la fertilización orgánica bajo la óptica de un sistema de producción orgánica. 1er Foro Nacional sobre Agricultura orgánica. Colima, México. Universidad Autónoma de México, 1994. Xochimilco, México.
- Santos B, Obregón-Olivas H, Salamé-Donoso T. 2010. Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida. U.S. Department of Agriculture, UF/IFAS Extension; [consultado 2017 mar 15] P. 2-4. <http://grec.ifas.ufl.edu/static/docs/pdf/PAInet/spanish/Estructuras-protegidas.pdf>
- Sartain JB, Millaway R. 1998. Fertilizer use in the US – past, present, and future. *Fertilizers and the environment*. 33(4): 29-35.
- Stagnari F, Pisante M, 2012. Slow release and conventional N fertilizers for nutrition of bell pepper. *Plant Soil Environ*. 58 (6): 268-274.
- Varshovi A, Sartain JB. 1996. Nitrogen uptake of Tifway bermudagrass in response to polymer-coated ammonium sulfate. *HortTechnology*. 10(3); 150-153
- Varshovi, A., Sartain J.B., y L. B. McCarty. (1993). Leaching characteristics of polymer-coated N sources applied to USGA specification golf green. *Agronomy abstracts*. 12 (1) 164

- Viguera, B, Martínez-Rodríguez M R, Donatti C, Harvey C A, Alpizar F. 2017. El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Conservación Internacional (CATIE). [consultado 2017 marz 20].
http://infoagro.net/archivos_Infoagro/Ambiente/biblioteca/ES_modulo2color.compres.pdf
- Villarreal M, García E, Osuna T, Armenta A. 2002. Efecto de Dosis y Fuentes de Nitrógeno en Rendimiento y Calidad Postcosecha de Tomate en Fertirriego. *Terra* 20 (3): 311-320.
- Zambrano Vaca C. 2011. Efecto de cuatro fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento y desarrollo de chile dulce (*Capsicum annuum*) en casa malla [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 20 p.