

Pruebas preliminares para evaluar el potencial de la tecnología “Factory farm” en la producción de cannabis en Colombia

José Luis Valencia Cano¹, Hugo Restrepo Pulgarín²

¹*Ingeniero Agrícola. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Colombia*

²*Ingeniero Agrícola, MSc, Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia*

Resumen: Luego del decreto 2467 de 2015 y de la ley 1787 de 2016, en Colombia se abrieron las puertas para la investigación y uso con fines medicinales de cannabis. Consciente de los retos y oportunidades, se propuso a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín iniciar pruebas preliminares sobre el potencial productivo que puede tener la tecnología conocida como “factory farm” (“indoor farm” o “vertical farm”), pero desarrollada en el país, evitando hacer grandes importaciones. Adicionalmente, se deben tener en cuenta las ventajas comparativas de dicha tecnología ya que el propósito es la producción de cannabis con fines medicinales o suplementos que mejoren la calidad de vida de las personas, y es inadmisible cualquier traza de veneno en el producto ofrecido. Es así como, la producción de aquella mediante la agricultura tradicional contamina las plantas por el uso de agro-tóxicos, así mismo ocurre con el agua de riego cuando es contaminada por la minería con metales pesados. En otros términos, la tecnología propuesta recurre a técnicas que protegen los recursos naturales, el medioambiente y la salud humana. Para dichas pruebas se utilizó una estructura de 4 m², ubicada en las instalaciones de la Universidad que era utilizada para el cultivo de tomate, pero se modificó con el objetivo de sembrar cannabis. Se contaba con aire acondicionado, dos tipos de lámparas LED, sistema de control de humedad relativa y temperatura, automatización y control. Realizando un análisis de la literatura actual, se consideró evaluar dos tipos de fuente de irradiación LED, una lámpara construida con LED comerciales y una CI 800 de BioScience con espectro controlado (450-475nm y 625-660nm) con las cuales se estimuló un periodo vegetativo de 5 semanas con un fotoperiodo de 18 horas con irradiación y 6 horas sin ella. De este modo, el trabajo presenta los resultados obtenidos por una sola siembra y hasta fin del periodo vegetativo, con la tecnología disponible actualmente para el país. Se midió la longitud del tallo y de raíces, el diámetro del tallo, el número de nudos y tasa de crecimiento. Los resultados obtenidos a los 38 días mostraron cómo las lámparas montadas con LEDs comerciales presentaron mejores desarrollos que las lámparas importadas de BioScience. Así, se obtuvieron los siguientes resultados: la longitud del tallo 38%, diámetro 13%, longitud de raíces 17%, tasa de crecimiento 24%, respectivamente mayor. Por otra parte, la longitud del tallo de 322,3 mm; el diámetro fue de 8,3 mm; longitud de raíces 606,2 mm; número de nudos 8, y la tasa de crecimiento alcanzó 8,5 mm día⁻¹. Teniendo en cuenta que durante el proceso, se presentaron dificultades menores, se puede afirmar que la tecnología de “factory farm” es una nueva alternativa de producción de cannabis en el país, dado que los resultados preliminares son alentadores al compararlos con la información de la literatura consultada.

Palabras Clave: Indoor, LED, Aeroponía, Colombia, Cannabis.

INTRODUCCIÓN

El *Cannabis Sativa L.* es una especie anual, de la familia Cannabaceae, originaria de Asia, cultivada durante toda la historia de la humanidad para aprovechar sus diferentes componentes como tallo para fibra, semilla para consumo y sus flores para efectos medicinales y recreativos. Satanizada por muchos años por diferentes factores pero presente en la legislación colombiana desde la ley 30 de 1986 en la que se permitía el cultivo de hasta veinte plantas, luego con el decreto 2467 de 2015 se abrieron las puertas a la investigación y uso con fines medicinales consciente de los retos y oportunidades venideras, se redactó la ley 1787 de 2016 en la que estableció el marco regulatorio para el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados; y posteriormente el decreto 613 de 2017 especifica el proceso de obtención de licencias, reglamenta las actividades de cultivo y uso de semillas de cannabis para fines médicos y científicos en Colombia, y conforma el grupo técnico encargado de supervisar dichas actividades. Las resoluciones 2891 y 2892 de 2017 definen quiénes serán considerados pequeños y medianos cultivadores y fijan los requisitos técnicos y las tarifas para el cultivo de la planta y su transformación en productos medicinales, fitoterapéuticos y homeopáticos. Y finalmente las resoluciones 577,578 y 579 en las que se regulan técnicamente todas las medidas necesarias.

La legislación permite exportar el extracto obtenido de las flores de cannabis a países en los que el uso médico es igualmente legal como Estados Unidos (7 estados), Uruguay, Bélgica, Austria, Italia, Chequia, Polonia, Macedonia, Finlandia, Holanda, Irlanda, Croacia, Alemania, Canadá, Israel, Chile y Argentina. Enmarcados en una tendencia global de desmitificación y aumento del consumo de cannabis con fines medicinales, se ha potenciado un mercado de grandes posibilidades, dejando amplios márgenes de ganancia entre el 43% y 65%.

Es un campo que no se ha estudiado a profundidad hasta ahora en Colombia, y la Universidad Nacional como cabeza de la investigación en el país ya está empezando a involucrarse con proyectos de investigación con el Grupo de Investigación y Estudio del Cannabis y otros Enteógenos (Giece) y Grupo de Investigación en Sistemas Integrales de Producción Agrícola y Forestal (Sipaf), asimismo, con el presente trabajo se pretende conocer la viabilidad de establecer este tipo de estructuras para una producción limpia a gran escala que permitan realizarse en las ciudades, generar nuevos empleos de calidad y proteger el medio ambiente de agroquímicos. De esta manera, se espera crear una industria rentable, que pueda apalancar el crecimiento y desarrollo económico equitativo de las ciudades en el país, considerando que el 70% de la población colombiana se encuentra en centros urbanos (El Tiempo, 2017), y que el 60% del PIB se produce en las ciudades (McKinsey Global Institute, 2011).

El desarrollo de las “Granjas industriales” o “Factory farm” como nuevas tecnologías de para la producción de vegetales se viene dando por grandes empresas en el mundo como PlantLab, The plant, Plantagon, Terrasphere, Gotham greens, Fermes Lufa, Sky Greens, Eurofresh farms, Bright farm, Farmdhere y otras. Esta tecnología, tiene fundamentos que se diferencian marcadamente de la agricultura. En primer lugar en la infraestructura donde se cultiva, pues no se utiliza tierra; se realiza en estructuras cerradas que impiden el ingreso de plagas (no se requieren agrotóxicos); el consumo de agua es menor al 5% de la agricultura; se utiliza radiación mediante LEDs; su producción es altamente intensiva y se puede llevar a cabo

por pisos o niveles; respeto al medio ambiente y tiene carácter urbano; requiere alta tecnología para la automatización, el control y la robótica; producción limpia. En segundo lugar, la producción se basa en la teoría de Taylor y Slatyer (1960) quienes establecen los principios para las relaciones termodinámicas entre los factores de producción: transpiración (nutrición)-irradiación-CO₂-O₂. Los edificios donde se hacen estas fábricas tienen por objeto controlar de la mejor manera los factores mencionados. Por otro lado, los biólogos moleculares y vegetales (Cooper, G.M. y Hausman, R.E. (2006), Taiz, L. y Zeiger, E. (2006), Lodish, H. et al (2005), Azcon-Bieto, J. y Talon, M., (1996), Salisbury, F.B. y Ross, C.W., (1994)) han definido muy bien el complejo metabolismo que ocurren en los cloroplastos para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis donde se transforma la energía radiante en biológica (ATP y NADPH), pero en los últimos años, ha dado mucha importancia a los fenómenos fotomorfogénicos, pues tienen que ver con otros fenómenos diferentes a la fotosíntesis pero que afectan de alguna manera la producción, tal como, la germinación, crecimiento entre los nudos, inducción de la floración, inducción de metabolitos secundarios entre otros. Ellos, están relacionados con la calidad de las fuentes de radiación en términos de la energía fotónica de la longitud de onda que incide sobre la planta (Hernández, R. et al (2016); Piovene, C. et al (2015); Xiaoying, L. et al (2012); Lazo, J.V. y Ascencio J. (2010); Li, H. et al (2010); Hogewoning, S. W. et al, (2010); Matsuda, R. et al (2004)). Sin embargo, debido al manifiesto prejuicio que tiene este cultivo, poco se ha investigado con relación a los temas aquí mencionados, lo cual motivó el presente trabajo, con el cual además, se espera ganar experticia en el manejo de un cultivo aún por conocer en muchos aspectos de su compleja fenomenología.

Los resultados del presente trabajo corresponde al periodo vegetativo, ya que debido a la ausencia de una pre-cámara desinfección y sanitización, sumada a un corte de la energía eléctrica en las edificaciones de la Universidad, llevó a las plantas a un estrés fisiológico y pérdida de resistencia a enfermedades, que permitieron un ataque de fusarium que causó el fin del experimento e impidió llegar al periodo de floración y cosecha.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Infraestructura

El cultivo se llevó a cabo en un cuarto cerrado de 4 m², con un área neta de siembra de 1,5 m² ubicado en la Sede Medellín de la Universidad Nacional, el cual cuenta con sistema automatizado de control de temperatura y humedad relativa a través de equipos de aire acondicionado, ventiladores y nebulizadores, donde se llevaban anteriormente investigaciones relacionadas con el cultivo de tomate, por lo que fue necesaria una adecuación de las instalaciones. Las plantas se sembraron en un arreglo consistente en cuatro tubos de PVC corrugados de 10" de 1,5 m de longitud ubicados en paralelo con cuatro orificios distanciados 30 cm cada uno, para un total de cuatro orificios por tubo, dieciséis en total.

1.2. Iluminación

Se usaron dos tipos de lámparas LED, en primer lugar, dos lámparas CI 800 de potencia nominal de 200W de la empresa CID Biosciences con espectro e intensidad ajustable, que están en capacidad de entregar 350 µmol/m²/s a 30 cm con un pico de espectro ubicado en las longitudes de onda de 450-475nm y 625-660nm. En segundo lugar, un arreglo de 6 reflectores

LED Full espectro con una potencia nominal de 50W, con un espectro que abarca desde 380 nm hasta 840 nm, con picos en 470 nm y 610 nm.

1.3. Nutrición

Fue personalizada, siguiendo la fórmula (Resh, 1978):

Tabla 1: Concentración Elementos Nutrición Personalizada

Elemento	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B	Mo
Ppm	220	50	220	210	54	75	5	0.5	0.13	0.11	0.5	0.05

Fuente: (Valencia, 2018)

1.4. Variables Medidas

1.4.1. pH y Conductividad eléctrica

Los valores de pH y CE se midieron mediante el uso de un medidor de pH portátil marca Hanna modelo HI 9811-5 debidamente calibrado

1.4.2. Temperatura, Humedad Relativa y CO2

Los valores de Temperatura, Humedad Relativa y concentración de CO2 se midieron cada diez minutos usando un medidor de dióxido de carbono de la empresa EXTECH modelo CO240, el cual permite una transferencia en tiempo real de los datos al computador, donde se almacenaron para su posterior análisis.

1.4.3. Longitud tallo, longitud raíces, diámetro tallo, número de nudos

Se compararon los promedios de las alturas de las plantas crecidas bajo las lámparas CI800 y las crecidas bajo los LED full espectro (LFE). Se midió una vez por semana la longitud de tallo desde la base hasta la yema apical y la longitud de raíces desde la base hasta la punta radical usando un flexómetro de 5.0 m. Las medidas de diámetro del tallo se hicieron a la altura del primer entrenudo usando un calibrador o pie de rey.

1.5. Material Vegetal

Se usaron 12 unidades germinadas de semilla de una variedad indica, ya que su estructura arbustiva y su porte bajo eran primordial en este cultivo donde la optimización del espacio es muy importante. Con una densidad de siembra de 12 plantas/m². De esta manera, se ubicaron 6 plantas bajo las dos lámparas CI800 y otras 6 plantas bajo los 6 reflectores LED; obteniendo en el caso de las CI800 una potencia de 533,3 W/m² o 66,6 W/planta. Finalmente, con los reflectores se obtuvo una potencia de 400 W/m² o 50 W/planta

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1. pH y CE

En la Tabla 2, se evidencia que los valores de pH siempre se encuentran en el rango recomendado (5.5-6.5), rango en el cuál están disponibles todos los elementos (Resh, 1978). Por su parte, los valores de conductividad eléctrica presentan una tendencia ascendente dado que a medida que la planta crece aumenta su demanda de nutrientes ya que la cantidad de biomasa aumenta y acepta una concentración mayor de los mismos (Resh, 1978)

Tabla 2: Seguimiento pH Y CE

Día No.	pH	CE (μ S/cm)
10	6,1	1200
15	6,4	1240
18	6,3	1250
28	5,6	1590
31	5,7	1640
38	5,8	1890

Fuente: (Valencia, 2018)

2.2. T, HR y CO2

En primer lugar, el control de temperatura del cuarto es eficiente, puesto que siempre se mantuvo debajo de 30°C, el promedio se ubica alrededor de los 26°C. Por otra parte los valores de humedad relativa también son adecuados (menores al 70%), reduciéndose en el intervalo entre las 9am y las 3pm debido a que en estas horas las lámparas estuvieron apagadas y por tanto no había transpiración. La concentración de CO2 siempre estuvo por encima de 400 ppm, valor adecuado para el correcto proceso fotosintético. (Chandra et al., 2015)

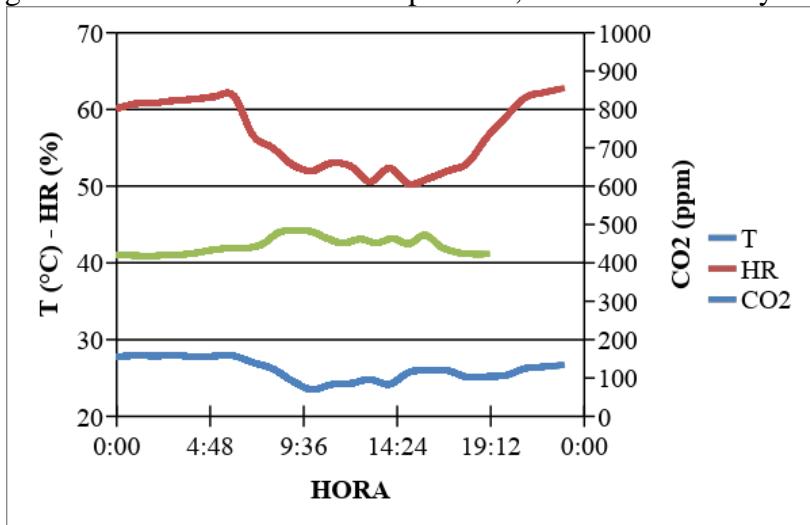
Tabla 3: Valores horarios promedio de temperatura, humedad relativa y CO2

HORA	T (°C)	HR (%)	CO2 (ppm)
12:00 AM	27,8	60,1	420
1:00 AM	27,9	60,8	419
2:00 AM	27,9	60,9	418
3:00 AM	28,0	61,2	420
4:00 AM	27,8	61,3	422
5:00 AM	27,9	61,6	427
6:00 AM	27,9	61,8	434
7:00 AM	27,0	56,6	438
8:00 AM	26,2	51,3	439
9:00 AM	24,6	52,8	449
10:00 AM	23,5	55,7	480
11:00 AM	24,1	54,2	485
12:00 PM	24,3	52,6	482
1:00 PM	24,8	50,6	463

HORA	T (°C)	HR (%)	CO2 (ppm)
2:00 PM	24,2	52,3	451
3:00 PM	25,7	50,3	462
4:00 PM	26,1	49,7	452
5:00 PM	25,9	50,6	464
6:00 PM	25,1	53,0	450
7:00 PM	25,2	56,4	472
8:00 PM	25,4	59,1	441
9:00 PM	26,3	61,6	427
10:00 PM	26,5	62,2	423
11:00 PM	26,7	62,8	423

Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 1: Valores horarios de temperatura, humedad relativa y CO2



Fuente: (Valencia, 2018)

2.3. Efecto del tipo de irradiación sobre:

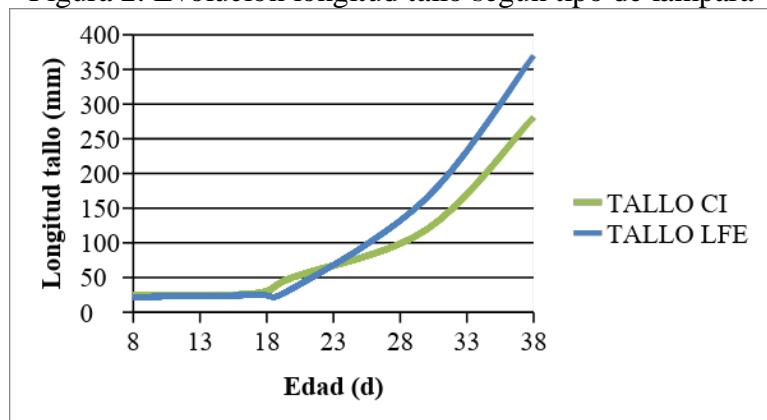
Longitud tallo, longitud raíces, diámetro tallo, número de nudos

Tabla 4: Valores promedio según tipo de luz

Edad (días)	Luz	Longitud tallo (mm)	Longitud raíz (mm)	Diámetro tallo (mm)	Número de nudos
8	CI 800	24	22	1,0	1
8	Full espectro	22	21	1,0	1
17	CI 800	27	94	1,6	2
17	Full espectro	25	79	1,6	2
20	CI 800	51	173	2,2	3
20	Full espectro	35	153	2,5	3
30	CI 800	119	436	4,0	6
30	Full espectro	165	438	5,6	6
38	CI 800	267	564	7,9	8
38	Full espectro	370	662	8,9	8

Fuente: (Valencia, 2018)

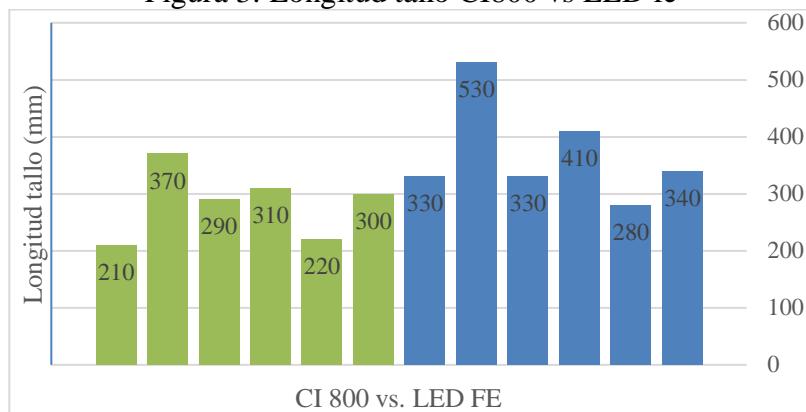
Figura 2: Evolución longitud tallo según tipo de lámpara



Fuente: (Valencia, 2018)

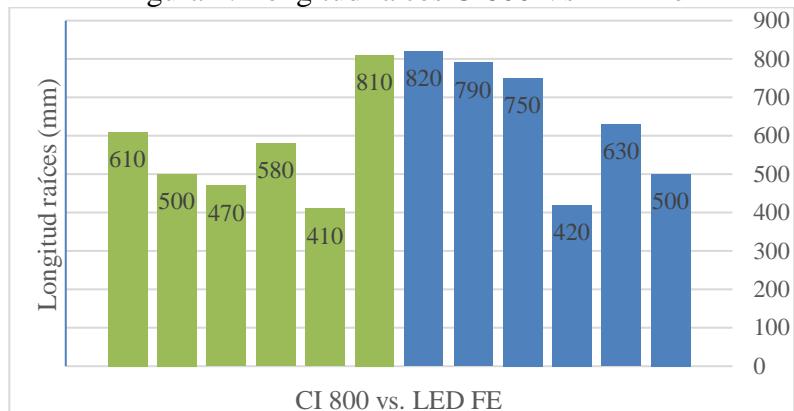
A continuación, se presentan las mediciones de todas las plantas el día 38, en el que se diferencia el crecimiento bajo las lámparas CI800 y los reflectores LED FE.

Figura 3: Longitud tallo CI800 vs LED fe



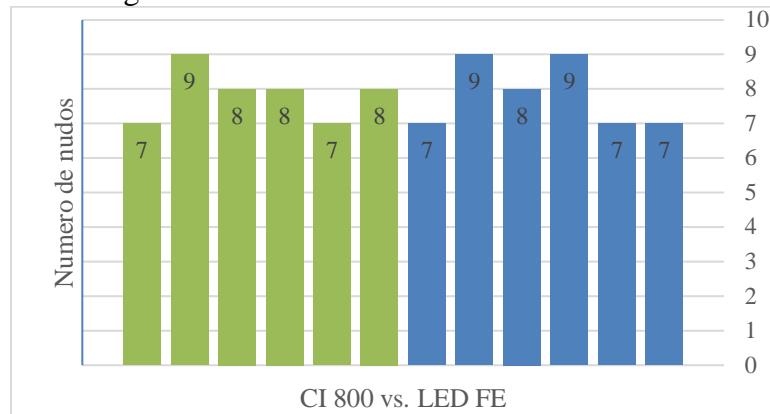
Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 4: Longitud raíces CI800 Vs LED Fe



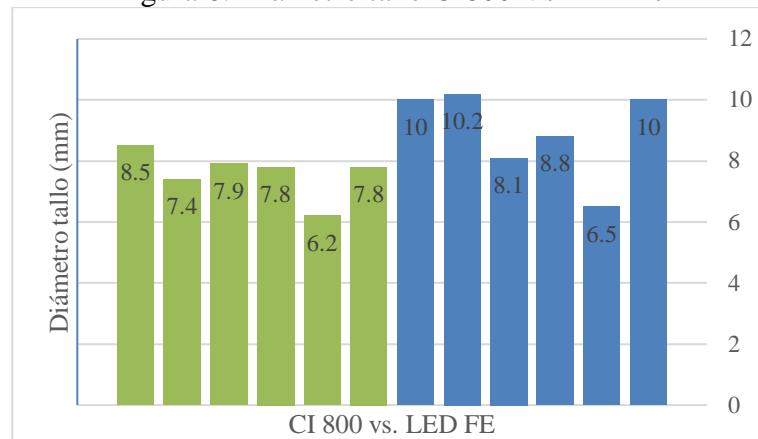
Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 5: Número de nudos CI800 Vs LED Fe



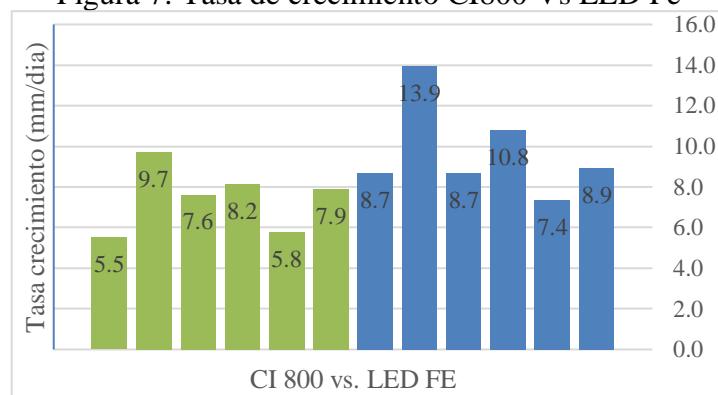
Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 6: Diámetro tallo CI800 Vs LED Fe



Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 7: Tasa de crecimiento CI800 Vs LED Fe



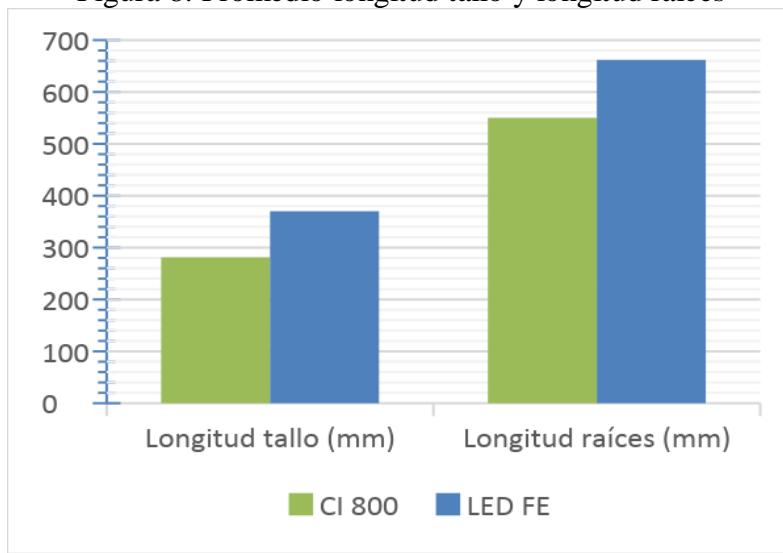
Fuente: (Valencia, 2018)

Tabla 5: Mediciones finales día 38

Luz	ID Planta	Longitud tallo (mm)	Longitud raíces (mm)	Diámetro tallo (mm)	Número nudos	Tasa de crecimiento (mm/día)
CI 800	5	290	610	7,9	8	7,6
	6	310	500	7,8	8	8,2
	7	220	470	6,2	7	5,8
	8	300	580	7,8	8	7,9
	9	270	410	9	8	7,1
	11	210	810	8,5	7	5,5
PROM.		267	564	7,9	8	7,0
LED FULL ESPECTRO	15	330	820	10	7	8,7
	16	530	790	10,2	9	13,9
	17	330	750	8,1	8	8,7
	19	410	420	8,8	9	10,8
	20	280	630	6,5	7	7,4
	21	340	500	10	7	8,9
PROM.		370	662	8,9	8	9,7
VARIACIÓN	38%	17%	13%	0	24%	

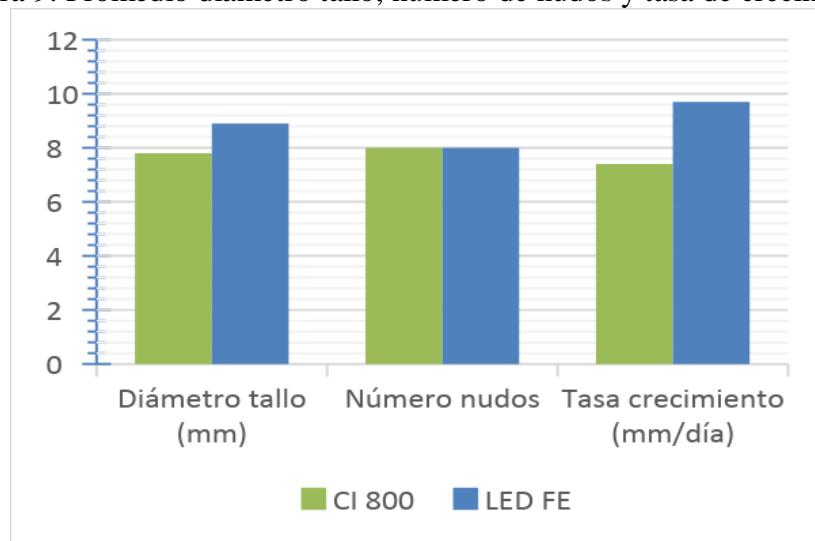
Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 8: Promedio longitud tallo y longitud raíces



Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 9: Promedio diámetro tallo, número de nudos y tasa de crecimiento



Fuente: (Valencia, 2018)

Figura 10: Estado día 17



Fuente: Valencia, 2018

Figura 11: Estado general día 38



Fuente: Valencia, 2018

A pesar de tener una fuente de iluminación mayor las ubicadas bajo las CI800 (66,6 W/planta (CI800) vs 50 W/planta (LED)) las plantas ubicadas bajo los reflectores LED alcanzaron una mayor altura promedio, mayor longitud de raíces, mayor diámetro de tallo y mayor tasa de crecimiento, es decir, en todas las variables medidas y estudiadas presentaron un mejor comportamiento. Probablemente sea debido a que las lámparas presentan una densidad de flujo de fotones mayor que los $350 \mu\text{mol/m}^2/\text{s}$ a 30 cm de distancia están en capacidad de entregar las CI800.

Si bien la cantidad de nudos es la que determina el número de inflorescencias, generalmente un mayor desarrollo vegetativo está asociado a una mayor producción, así como también un mayor volumen radicular permite una mayor absorción de agua y nutrientes. Lo anterior lleva a pensar que, a un desarrollo vegetativo superior, se puede esperar un rendimiento mayor.

Se considera importante en los proyectos futuros a desarrollar incluir el análisis para cuantificar la potencia óptica (no la nominal o de consumo) de ambas fuentes de radiación, ya que esa es la variable que gobierna la tasa fotosintética, transpiración, entre otras. (Chandra, et al. 2008).

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en fase vegetativa son alentadores para continuar con posteriores experimentos.
- Resulta fundamental realizar futuras evaluaciones en términos de potencia óptica, para cuantificar correctamente el flujo de fotones, pues en la mayoría de los casos se usa W/m^2 referidos a potencia de consumo.
- Así mismo, se hace necesario llevar a cabo investigaciones relacionadas con la calidad del espectro electromagnético que requiere esta especie en particular.

- De esa manera, se puede avanzar en temas de eficiencia y ahorro energético, que son aspectos a tener en cuenta en la viabilidad económica de estos proyectos con miras a su escalado industrial.
- Igualmente, es importante realizar posteriores investigaciones en términos de densidades de siembra óptimas, variedades que mejor responden a sistemas indoor y concentraciones de nutrientes en la solución.

REFERENCIAS

- Azcon-Bieto, J. y Talon, M., (1996) Fisiología y Bioquímica Vegetal. Madrid, España, Interamericana-McGraw-Hill.
- Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. y ElSohly, M. 2015. Light dependence of photosynthesis and water vapor exchange characteristics in different high $\Delta 9$ -THC yielding varieties of *Cannabis sativa* L. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*. 2. 39-47
- Chandra, S., Lata, H., Khan, I. y ElSohly, M. 2008. Photosynthetic response of *Cannabis sativa* L. to variations in photosynthetic photon flux densities, temperature and CO₂ conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 14(4).
- Chandra, S., Lata, H., ElSohly, M., Walker, L. y Potter, D. 2016. Cannabis cultivation: Methodological issues for obtaining medical-grade product. *Epilepsy & Behavior*. 70. 302-312
- Cooper, G.M. y Hausman, R.E., (2006). La Célula. Madrid, España. Marbán Libros, S.L.
- Evans, J. y Poorter, H. 2001. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. *Plant, Cell and Environment*. 24. 755–767.
- Hernández, R.; Eguchi, T.; Deveci, M.; Kubota, C. 2016. Tomato seedling physiological responses under different percentages of blue and red photon flux ratios using LEDs and cool white fluorescent lamps. *Scientia Horticulturae*, Vol. 213, Pages 270-280.
- Hogewoning, S. W.; Trouwborst, G.; Maljaars, H.; Poorter, H.; Ieperen, W. van; Harbinson, J. 2010. Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of Experimental Botany*. Mayo 26. Page 1 of 11. http://jxb.oxfordjournals.org/open_access.html for further details. doi:10.1093/jxb/erq132.
- Kulik, K. 2015. Growing *Cannabis sativa* in the AEtrium-4 Growth Platform, Grow 2. *AEssense Corporation*.
- Kulik, K. 2016. Cannabis Grow Report 6. *AEssense Corporation*.
- Lazo, J.V., Ascencio J. 2010. Efecto de diferentes calidades de luz sobre el crecimiento de *Cyperus rotundus*. *Bioagro*. 22(2): 153-158.

Li, H.; Zhang, J.; Vierstra, R. D.; Li, H. 2010. Quaternary organization of a phytochrome dimer as revealed by cryoelectron microscopy. *PNAS*. 107 (24): 10872-10877.

Lin, G. 2016. Plant nutrition: Essential elements for plants, what they are and why plants need them. *AEssense Corporation*.

Lodish, H., Berk, A.. Matsudaira, P., Kaiser, Ch. A., Krieger, M., Scott, M.P., Zipursky, S.L., Darnell, J. (2005). Biología Celular y Molecular. Buenos Aires, Argentina, Editorial Médica Panamericana S.A.

Matsuda, R.; Ohashi-Kaneko, K.; Fujiwara, K; Goto, E.; Kurata, K. 2004. Photosynthetic Characteristics of Rice Leaves Grown under Red Light with or without Supplemental Blue Light *Plant Cell Physiol*. 45(12): 1870–1874.

McKinsey Global Institute. 2011. Building globally competitive cities: The key to Latin American growth. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/urbanization/building-competitive-cities-key-to-latin-american-growth>

Piovene, C.; Orsini,, F.; Bosi, S.; Sanoubar, R.; Bregola, V.; Dinelli, G.; Gianquinto G. 2015. Optimal red:blue ratio in led lighting for nutraceutical indoor horticulture. *Scientia Horticulturae*. Vol. 193, Pages 202–208.

Ozturk, I., Holst, N. y Ottosen, C. 2012. Simulation of leaf photosynthesis of C3 plants under fluctuating light and different temperatures. *Acta Physiologiae Plantarum*. 34. 2319-2329.

Salisbury, F.B. y Ross, C.W., (1994), *Fisiología Vegetal* , México, D.F., Grupo Editorial Iberoamericana S.A.

Potter, D. y Duncombe, P. 2012. The Effect of Electrical Lighting Power and Irradiance on Indoor-Grown Cannabis Potency and Yield. *Journal of Forensic Sciences*. 57 (3). 618-622.

Resh, H. 1978. *Hydroponic Food Production*. Santa Barbara, Estados Unidos de América. Woodbridge Press Publishing Company.

Taiz, L. y Zeiger, E. 2002. *Plant physiology 3rd edn*. Sinauer Ed.

Taylor, S.A. and R.O. Slatyer. 1969. Proposals for a Unifield Terminology in Studies of Plant - Soil - Water Relations. En: Procedings of a Madrid Symposium on Plant Water Relations,. UNESCO. Arid Zone Research. Serie XLV. Paris. p 339 - 349.

Xiaoying, L.; Shirong, G.; Taotao, Ch.; Zhigang, X.; Tezuka, T. 2012. Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). Academic Journal. Vol. 11(22): 6169-6177.