

INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE EN LA PITAHAYA ROJA COMO RESPUESTA AL ESTRÉS PROVOCADO POR LA MODIFICACIÓN DEL PROCESO FOTOSINTÉTICO

Echeverría-Troya Mónica¹, Argüello-Rezabala Juliana², Solís-Álvarez Mevelyn³, Fernández Argüelles Ricardo⁴, Terán Verzola Wilfrido⁵

monica.echeverriat@ug.edu.ec, juliana.arguellar@ug.edu.ec, meverlyn.solisa@ug.edu.ec ricardo.fernandeza@ug.edu.ec, wilfrido.teranv@ug.edu.ec

ORCID⁴: <https://orcid.org/0000-0001-7475-1737>

Universidad de Guayaquil

Facultad de Ingeniería Química, Guayaquil, Ecuador

Recibido (15/07/19), Aceptado (12/08/19)

Resumen: En este artículo se describe el incremento de la actividad antioxidante de la Pitahaya roja *Hylocereus undatus* frente el estrés provocado por la modificación del proceso fotosintético, asistido para incrementar la producción de los cultivos de 90 plantas de *Hylocereus undatus*, de aproximadamente 12 años, con 1m 50cm de altura. Se trabajó en un área de 180m² donde las plantas fueron sometidas a un sistema de energías renovables (paneles solares, regulador de carga, baterías, inversor y los bombillos o lámparas) durante 6 horas (21:00pm-3:00am) por un período prolongado de 18 meses. Para acelerar su crecimiento la plantación fue dividida entre una zona de control de 90m² y una zona de experimentación de igualmente 90m². Para determinar su capacidad antioxidante se evaluó el nivel de absorción de radicales libres utilizando el método DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo). Se obtuvo como resultado que el estrés provocó aumento en 70% de su actividad, aumentando su capacidad antioxidante.

Palabras Claves: *Hylocereus undatus*, actividad antioxidante, Pitahaya roja, proceso fotosintético, método DPPH

INCREASED ANTIOXIDANT ACTIVITY IN RED PITAHAYA IN RESPONSE TO STRESS CAUSED BY THE MODIFICATION OF THE PHOTOSYNTHETIC PROCESS

Abstract: This article describes the increase in the antioxidant activity of the red Pitahaya *Hylocereus undatus* against the stress caused by the modification of the photosynthetic process, assisted to increase the production of the crops of 90 plants of *Hylocereus undatus*, approximately 12 years old, with 1m 50cm tall. We worked in an area of 180m² where the plants were subjected to a renewable energy system (solar panels, charge regulator, batteries, inverter and bulbs or lamps) for 6 hours (21:00 pm-3:00am) for a period prolonged for 18 months. To accelerate its growth, the plantation was divided between a control area of 90m² and an experimental area of 90m². To determine its antioxidant capacity, the level of absorption of free radicals was evaluated using the DPPH method (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl). It was obtained as a result that stress caused an increase in 70% of its activity, increasing its antioxidant capacity.

Keywords: : *Hylocereus undatus*, antioxidant activity, Red Pitahaya, photosynthetic process, DPPH method.

I. INTRODUCCIÓN

Hylocereus undatus también conocida como la fruta dragón, es de la familia de las cactáceas, que se encuentra en las zonas tanto húmedas como secas. [1] Las plantas de *H. undatus* son perennes y requieren de soporte porque su morfología les impide sostenerse [2]; requieren temperaturas de 18 a 26 °C, su desarrollo mejor se logra en climas cálidos subhúmedos. [3]



Figura 1. De izquierda a derecha. Tallos aurealados con cladodio suculentos y brote de flor de pitahaya. Fruto pitahaya de 1 día de brote. Finca La Voluntad De Dios.

La importancia del *H. undatus* radica en su poder antioxidante y sus características nutricionales ya que contiene un alto contenido de fibra, minerales y vitaminas, contiene bioflavonoides y una alta concentración de ácidos grasos, lo que hace que éste sea un fruto alimenticio completo [4]. La mayoría de las cactáceas presentan el metabolismo ácido de las crasuláceas, el cual es benéfico para la planta que crecen en sitios con poca agua [5]. Las plantas con metabolismo ácido de las crasuláceas fijan el carbono por la noche, cuando la temperatura es menor y la humedad relativa del aire es mayor que durante el día [5].

La planta de pitahaya se usa principalmente como alimento [6], en especial su fruto, pero su limitante es que se produce dos veces al año [3], debido a esta característica de las plantas de *H. undatus* se implementaron paneles solares con los cuales se sometían a estos cultivos durante 6 horas en horario nocturno [7].

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la respuesta al estrés provocado por la modificación del proceso fotosintético en los *Hylocereus undatus* durante 18 meses. La hipótesis fue la respuesta de *Hylocereus undatus* de incremento de los antioxidantes en un 60% por el estrés fotosintético provocado por la exposición de paneles solares.

Este trabajo está compuesto por cuatro secciones: en la segunda es posible observar el desarrollo realizado

para la ejecución del mismo, tomando en cuenta los aspectos teóricos y la fundamentación referencial para su elaboración, luego se encuentra la sección tres, la cual consta de la metodología desempeñada, con los detalles propios realizados para llevar a cabo los objetivos planteados. En la sección cuarta se exponen los resultados producto de este trabajo, finalmente se muestran las conclusiones encontradas.

II. DESARROLLO

Este trabajo se desarrolló en la hacienda la Voluntad de Dios, que se encuentra ubicada en el km 51 vía la Costa, Recinto Cerecita por el trasvase Chongón - Playas, comunidad baja de Progreso, Parroquia Rural del Cantón Guayaquil, perteneciente a la Provincia del Guayas-Ecuador (20°21'09.7"S80°15'34.5"W) la característica climática de este recinto es que presenta un clima templado [3].

El material vegetal que se tomó en cuenta para este estudio consistió de plantas de *Hylocereus undatus*, de aproximadamente 12 años de edad, con 1m 50cm de altura, apoyadas por tutores de cemento. Estas plantas fueron sometidas a un sistema de energías renovables que constan de paneles solares, regulador de carga, baterías, inversor y los bombillos o lámparas, por un tiempo de 6 horas, específicamente desde las 9:00pm hasta las 3:00am, durante un período de 18 meses. Para acelerar su crecimiento la plantación fue dividida entre una zona de control y una zona de experimentación, las cuales constaban de 90m² cada una.

2.1. Diseño experimental

Se instalaron 90 plantas con sus respectivos tutores, que consistían de una estructura de cemento para soporte de la planta, que cubrían un área de 180 m². El sustato edáfico fue tratado de manera orgánica: una composición de cáscaras de frutas y heces de ganado vacuno y aviar el cual fue primeramente tratado por un proceso de secado y molienda. La pitahaya fue elegida debido a la baja productividad en el Ecuador y por su alta demanda nacional e internacional. Para evaluar la cantidad de antioxidante de la *H. undatus* se usó el diseño experimental del método de ensayo DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo). Con este método se evaluaron las variaciones en las concentraciones metanólicas de los extractos de las partes de la pitahaya, utilizando los extractos de la cáscara, pulpa y semillas de la fruta obtenidos a partir de lixiviación con metanol a una longitud de onda de 517nm, un tiempo de reacción de 30 minutos y 50° de temperatura.

Se preparó una disolución de DPPH 0.1 Mm en metanol C18H12N5O6 PM: 394.32g/molg; 0.39432g/

Mng; 0.0139432 g/l. Con cinco disoluciones de un volumen de 10ml de concentración: 0.01, 0.02, 0.04, 0.05, 1.0 y un blanco de 10ml de disolvente (Metanol). Se midió la absorción de estas disoluciones a una longitud de onda de 517nm para determinar la recta de concentración radical expuesta en (1)

$$\text{DPPH} = (0.328 * \text{Asb } 517) - 0.018 \quad (1)$$

Se tomó en cuenta una probabilidad del 0.993. Las repeticiones fueron nueve con cuatro corridas que generaron 36 datos estadísticos de lectura, los frutos de las plantas de la zona de experimentación se usaron para evaluar la respuesta al estrés provocado por la modificación del proceso fotosintético [7].

III.METODOLOGÍA

Después de 18 meses de haber sido sometida la planta al estrés fotosintético se procedió a realizar el análisis de los frutos en dos de sus estados: fresco y seco, con el fin de evaluar las propiedades físicas de la planta como el color y peso de la fruta en gramos. Además las variables químicas que corresponden a los parámetros de pH y grados brix. Para determinar su capacidad antioxidante se evaluó el nivel de absorción de radicales libres utilizando el método DPPH.

Se tomaron muestras de la cáscara, pulpa y pepa del fruto de la zona experimental, las cuales pasaron por el proceso de lixiviación, que consta de introducir a la cubeta del espectrofotómetro Genesys 10UV, 2ml de la disolución de DPPH 0.1MN y se añadió además 0.05 ml del extracto metanólico de pitahaya y se leyó a 517 nm. Se determinó el tiempo de concentración del DPPH, se redujo a la mitad y se midió luego el porcentaje de inhibición al llegar a los 30 minutos $((A^\circ - A_e) / A^\circ) * 100$ A° = Absorción sin extracto).

Los datos se analizaron en el programa DATALYSE que se encuentra conectado con el espectrofotómetro Genesys 10UV, para la obtención de la curva de absorción de la cáscara, pulpa y semilla de *H. undatus* [7]. Aportando con la gráfica de relación entre tiempo y grado de absorción de cada uno de los elementos utilizados del fruto (cáscara, pulpa y semillas).

Se evaluaron los grupos normales y de prueba, tomando en cuenta tres aspectos: la semilla, la pulpa y la cáscara. Se empleó el método estadístico ANOVA para la valoración entre grupos y dentro de los grupos, de manera que fuese posible evaluar los resultados obtenidos en el año 2015 con los resultados obtenidos en el año 2018. Según los valores estadísticos obtenidos, se pudo constatar con una confiabilidad de 95% que no existen diferencias sustanciales entre el fruto evaluado

en el año 2015 y el fruto que ha estado sometido a cambios fotosintéticos durante 3 años, por lo que resulta posible asegurar que el fruto de Pitahaya no presenta cambios sustanciales ante la presencia de luz emitida en el proceso del estudio aquí presentado.

De acuerdo al ensayo ANOVA realizado (Tabla I), no existen evidencias estadísticas suficientes para que indiquen la existencia de variaciones en las concentraciones metanólicas de los extractos de las partes de la pitahaya con lo que no se puede rechazar la hipótesis de que las medias de oblación son iguales.

Tabla I. ANOVA para 36.33 por ppl

Fuente	Suma de cuadrados	Df	Media cuadrática	F-Ratio	P-Valor
Entre grupos	30764,5	32	961,39	2,51	0,3257
Dentro de grupos	766,999	2	383,499		
Total (Corr.)	31531,5	34			

El StatAdvisor

La tabla ANOVA (Tabla I) descompone la varianza de 36.33 en dos componentes: un componente entre grupos y un componente dentro de un grupo. La relación F, que en este caso es igual a 2,50689, es una relación de la estimación entre grupos y la estimación dentro de un grupo. Dado que el valor P de la prueba F es mayor o igual a 0,05, no hay una diferencia estadísticamente significativa entre la media 36.33 de un nivel de pp1 a otro con un nivel de confianza del 95,0%.

IV.RESULTADOS

En los frutos de la zona de control se realizó el análisis pertinente en la semilla, la pulpa y la cáscara, con el fin de poder realizar una comparación efectiva, separando la cáscara de la pulpa y de las semillas. La tabla II muestra los datos recolectados en el año 2015.

Tabla II. Tabla de datos recopilados en el año 2015, referentes a inhibición, mescron, phase.

num	year	inhibition	mescron	phase
1,1	2015	36,33	3	1
1.2	2015	30,15	3	1
1.3	2015	35,80	3	1
2.1	2015	97,12	3	1
2.2	2015	90,00	3	1
2.3	2015	85,25	3	1
3.1	2015	12,90	3	1
3.2	2015	10,55	3	1
3.3	2015	13,60	3	1
4.1	2015	19,15	3	1
4.2	2015	17,20	3	1
4.3	2015	15,10	3	1
5.1	2015	10,81	3	1
5.2	2015	9,70	3	1
5.3	2015	11,10	3	1
6.1	2015	37,61	3	1
6.2	2015	30,41	3	1
6.3	2015	36,70	3	1
7.1	2015	55,58	3	1
7.2	2015	56,80	3	1
7.3	2015	50,45	3	1
8.1	2015	89,33	3	1
8.2	2015	91,10	3	1
8.3	2015	85,75	3	1
9.1	2015	14,16	3	1
9.2	2015	12,30	3	1
9.3	2015	10,45	3	1
10.1	2015	45,85	3	1
10.2	2015	40,70	3	1
10.3	2015	44,35	3	1
11.1	2015	7,68	3	1
11.2	2015	5,15	3	1
11.3	2015	6,70	3	1
12.1	2015	80,41	3	1
12.2	2015	65,40	3	1
12.3	2015	75,20	3	1

En este estudio fue posible hacer una relación del porcentaje de inhibición presente en el fruto, la pepa, y la cáscara. (Figura 2)

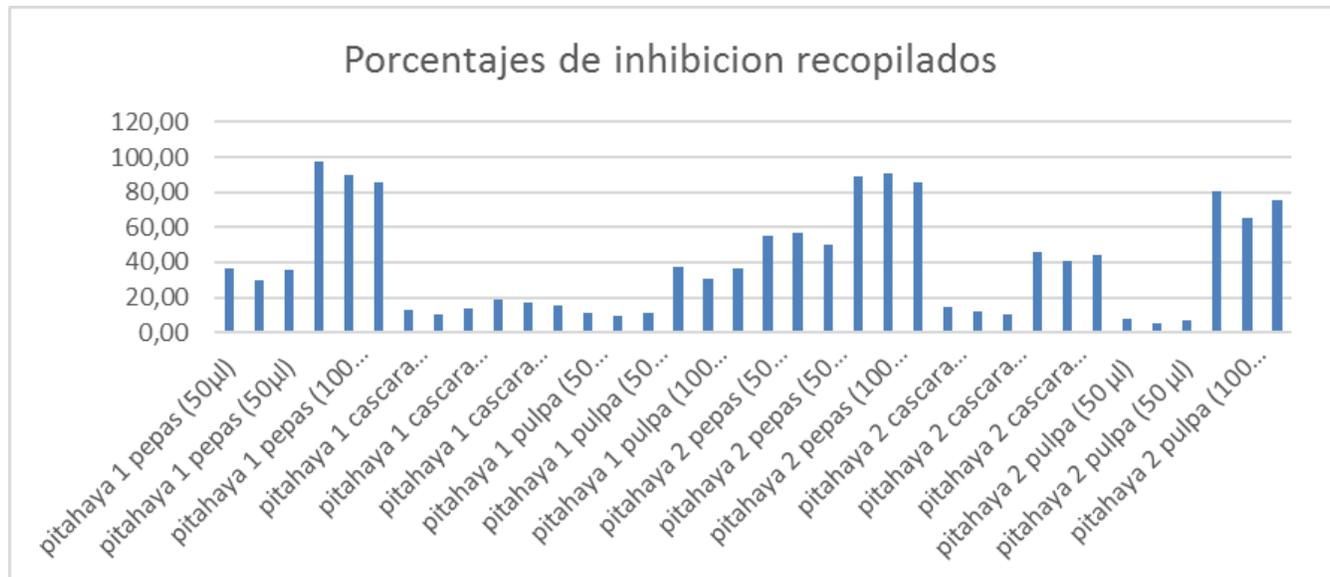


Figura 2. Representación de grado porcentajes de inhibición en el año 2015, para pulpa de frutos, pepas y cáscaras.

La grafica determina el porcentaje de inhibición del extracto de la muestra; cuanto del Dpph residual queda durante la reacción entre el Dpph y el reactivo antioxidante en este caso de las partes de la Pitahaya (*Hylocereus undatus*), en estos resultados se observa la diferencia entre las partes de la pitahaya ya sea semillas(pepeas),pulpa y cáscara siendo el que sobresale de estos las pepas (semillas)

Los valores que se dispone son la carga inhibidora de los extractos frente al radical libre Dpph y están dados en porcentaje siendo la escala de 0 al 100 %, ya como un mínimo del 25% de inhibición es considerado bueno debido a la decoloración del reactivo Dpph en un tiempo de 15 minutos.

Los resultados obtenidos evalúan la actividad antioxidante a través de fuentes generadoras de radicales libres en el sistema de pruebas [8], asumiendo que la oxidación es inhibida en un alto porcentaje por captura de estos, el enfoque fue evaluar y monitorear la capacidad de aditivos y extractos para la captura de radicales o la inhibición de su formación [9], por lo que este estudio se realizó bajo este principio. La aplicación del método DPPH siendo un método indirecto [10], género que se evidenciara que la fruta *H. undatus* de la zona de experimentación presentara más capacidad antioxidante que las de la zona de control, se puede apreciar el significativo valor antioxidante de las frutas sometidas superando con el 97.12% al valor antioxidante del grupo de control debido a su capacidad de estabilizar los radicales libres 2,2-definil-1picril hidrazilo al reaccio-

nar con las sustancias donadoras de H^+ , para medir la actividad de compuestos de naturaleza lipofílica [10].

Al determinar que la respuesta de la planta al ser sometida al estrés fotosintético fue elevar su nivel antioxidante; el uso de antioxidantes de origen vegetal [11], tales como los ácidos fenólicos, flavoides, tocoferoles en los alimentos, es cada día de mayor importancia debido al efecto anti carcinogénico, antidiabético y varios otros atributos que son de beneficio para la salud humana. [11]. Los resultados demostraron un aumento en la proporción antioxidante en las pepas y que la pulpa y la cáscara son ricas en polifenoles y buena fuente de antioxidantes, [12], e inhiben el crecimiento de las células del melanoma coincidiendo con él estudio realizado de actividades antioxidantes de la *H. Undatus*. [13]

V.CONCLUSIONES

Se obtuvo como resultado que en respuesta de la exposición a intensidad lumínica durante un periodo de 6 horas nocturna las plantas de *H. undatus* respondieron aumentando su capacidad antioxidante. La luz que proviene de los paneles solares provocó estrés lo que conllevó a un aumento en 33.30% su actividad. Durante este periodo hubo valores que evidenciaron la absorbancia de cada uno de los elementos de la planta resaltando el grado de absorbancia de las pepas del fruto en un 38% cuando este se encuentra seco, además de evidenciarse la riqueza en polifenoles que tienen la pulpa y cáscara del fruto; sin duda alguna la exposición lumínica favorece la calidad del fruto en gran manera.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Cárdenas Calle Maritza por su constante apoyo en la estructura y revisión del trabajo presentado, Sr. Romero dueño de la hacienda la Voluntad de Dios zona donde se realizó el experimento de campo, Universidad de Guayaquil quien nos brindó las herramientas necesarias y capacitación para hacer realidad este trabajo experimental.

VII. BIBLIOGRAFÍA

[1] G. Poveda, «Demand of the Ecuadorian Pitahaya towards the Dutch Market Period 2014-2015,» Biodiversity International Journal, pp. 35-38, 2018.
 [2] A. Nerd, Y. Sitrit, R. Kaushik y Y. Mizrahi, «High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (Hylocereus spp.),» Scientia Horticulturae, pp. 343-350, 2002.
 [3] R. Cáliz, «El cultivo de la pitahaya en el trópico,» Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción, 2005.
 [4] L. Huachi, E. Yugsi, M. F. Paredes, D. Coranel, K. Verdugo y P. C. Santamaría, «Desarrollo de la pitahaya (Cereus SP.) en Ecuador,» LA Granja: Revista de cien-

cias de la vida, vol. 22, pp. 50-58, 2015.

[5] J. Andrade, E. Rengifo, M. F. Ricalde, J. L. Simá, J. C. Cervera y G. Vargas-Soto, «MICROAMBIENTES DE LUZ, CRECIMIENTO Y FOTOSÍNTESIS DE LA PITAHAYA (Hylocereus undatus) EN UN AGROSIS-TEMA DE YUCATÁN, MÉXICO,» Agrociencia, vol. 40, n° 6, pp. 687-697, 2006.

[6] J. Cruz, L. Rodríguez-Larramendi, R. Ortiz-Pérez, M. Fonseca-Flores, G. Herrera y F. Guevara-Hernández, «PITAHAYA (Hylocereus spp.) UN RECURSO FITOGENÉTICO CON HISTORIA Y FUTURO PARA EL TRÓPICO SECO MEXICANO,» Cultivos Tropicales, pp. 67-76, 2015.

[7] L. Fernández, «Aumento de la productividad de la Pitahaya Roja (Hylocereus undatus) mediante la iluminación artificial con energía renovable,» Revista de la Universidad de Guayaquil, pp. 73-78, 2015.

[8] L. Serna-Cock, L. S. Torres Valenzuela y A. A. Ayala Aponte, «APLICACIÓN DE 1-METILCICLOPROPENO, UNA ALTERNATIVA A LA ESTACIONALIDAD DE LA PITAHAYA AMARILLA,» Revista Alimentos Hoy, vol. 20, n° 23, pp. 79-98, 2011.