

UPT

INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y DESARROLLO

Revista Científica



**UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE TULANCINGO**

MEMORIAS

VOL. 1 2018

ISBN: 978-607-95742-1-5

Técnicas ópticas usadas en la investigación de las hojas de nopal

A. Cárdenas Rosales¹, M. Cunill Rodríguez², J. A. Delgado Atencio³, J. Estrada Berni⁴

Resumen — Con el propósito de comprender cómo es que se llevan a cabo estudios del Nopal, en este trabajo se presenta una recopilación de diversos artículos de investigación, en los cuales se emplean diferentes técnicas para el estudio del Nopal. Dichas técnicas serán utilizadas para mejorar o llevar a cabo una propuesta de solución, en la detección de plagas que atacan al Nopal en la región del Estado de Hidalgo, como parte fundamental del trabajo de Tesis de Maestría.

Palabras Clave — Técnicas Ópticas, Nopal, Cladodios.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura hoy en día continúa siendo de las actividades de mayor relevancia a nivel mundial, dando lugar a una gran variedad de plantas, semillas, frutas y verduras [1].

El Nopal es una planta cactácea originaria de México [2], popularmente aceptado y comercializado en el resto del mundo. Perteneciente al género *Opuntia* de la familia de las cactáceas, se encuentran más de 300 especies [3] de las cuales: *Opuntia ficus-indica*, *Opuntia ficus-indica* mill y *Opuntia dillenii*, son presentadas en este trabajo. Sus propiedades y beneficios son muy amplios en el cuidado de la salud, como en la corrección de padecimientos del estómago debido a su alto contenido de fibra, y en la disminución de los niveles de glucosa sanguínea, de colesterol y triglicéridos (ácidos grasos) [4].

Esto ha motivado el interés en la comunidad científica, en llevar a cabo estudios del nopal, incorporando técnicas innovadoras, tal como es el caso de la óptica, usada como herramienta eficaz para obtener información de manera no invasiva.

En este trabajo se presenta una revisión preliminar del estado del arte sobre las diferentes técnicas ópticas usadas para estudiar al Nopal. Esto, con el objetivo de proponer y desarrollar una metodología que permita detectar oportunamente, con métodos ópticos, las plagas que dañan a los cultivos del Nopal, en las zonas de la región del Estado de Hidalgo.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica de la búsqueda de la información fue realizada en distintas bases de datos científicas tales como: ResearchGate y Redalyc; así como también en

revistas científicas entre las que se encuentran: OSA, Elsevier, IOP Science, Materials Research Innovations, Materials, Journal of Range Management y Agrociencia. De más de 15 artículos revisados, 8 son expuestos en el presente trabajo, donde hemos destacado aquellos aspectos de mayor relevancia referido por los autores que usan técnicas ópticas para analizar al Nopal.

III. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados más importantes que hemos considerado de los artículos de investigación seleccionados, en los cuales usan al Nopal, como objeto de estudio para diferentes aplicaciones.

A. Light reflectance characteristics and video remote sensing of pricklypear.

Se lleva a cabo un estudio de la viabilidad del uso de imágenes de video MIR (Infrarrojo Medio) en el aire para distinguir nopales de los pastizales, sobre áreas grandes e inaccesibles, a fin de recabar información beneficiosa para monitorear la propagación o contracción de alguna enfermedad en los cultivos, y delinear áreas que necesitan control.

Se realizaron mediciones de la reflectancia del suelo usando un espectro-radiómetro Exotech® con el objetivo de interpretar las imágenes de video tomadas desde una vista aérea. Las mediciones se realizaron bajo condiciones soleadas (11:00 - 15:00 h) y en diferentes estaciones del año. El equipo de video consistió en 1 cámara MI1 2500®, con sensibilidad espectral desde 0.4 a 2.4 μm .

En la Fig. 1 se pueden observar los resultados obtenidos



Fig. 1. Imágenes adquiridas con el equipo de video a distintas bandas espectrales: A) rojo (0.65 μm), B) infrarrojo cercano (0.80-0.85 μm) y C) infrarrojo medio (1.50-1.75 μm) [5].

del uso de imágenes aéreas en cultivos de Nopal. Como se observa, A) el tono gris del Nopal, se atribuye a la absorción por clorofila, B) el color gris-blancuecino resulta

^{1,2,3,4} Universidad Politécnica de Tulancingo Calle Ingenierías # 100. Col. Huapalcalco, Tulancingo, Hidalgo, México. C.P. 43629
e-mail: {alejandra.cardenas,margarita.cunill,jose.delgado,juan.estrada}@upt.edu.mx

ya que la vegetación verde refleja en esta región espectral y finalmente C) el tono de color gris oscuro en la imagen se relaciona con su tejido succulento, es decir, al alto contenido de agua.

Se pudo determinar la cantidad de agua en diferentes épocas del año usando estas imágenes, tomando en cuenta la luz reflejada por los cultivos (J.H. Everitt et al. 1991) [5].

B. Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterization.

Se investiga la morfología y estructura de los cladodios, así como de las espinas de cactus *Opuntia ficus-indica*, por transmisión y microscopía electrónica de barrido (SEM por sus siglas en inglés).

Cladodios frescos fueron reunidos en una plantación experimental, a los cuales las espinas fueron retiradas manualmente. Las observaciones de las fibras de pulpa se realizaron con un microscopio óptico Zeiss Axiophot 2, operado en contraste Nomarski (Mohamed E. Malainine et al. 2002) [6].

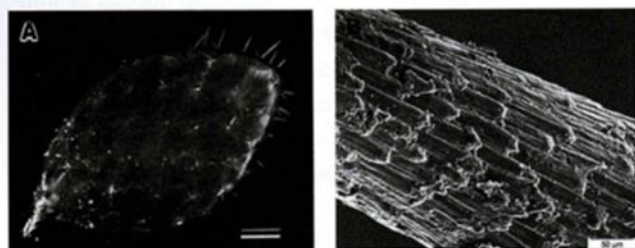
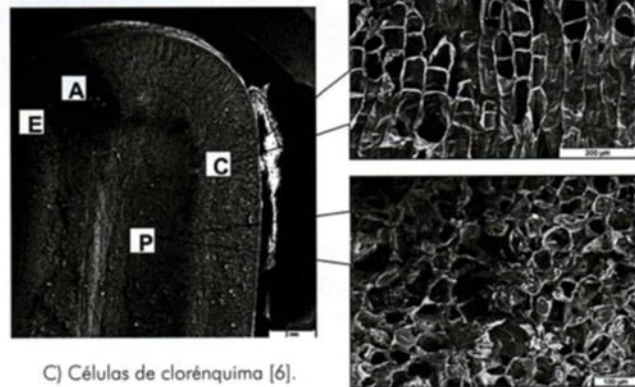


Fig. 2 A) Cladodios de nopal *Opuntia ficus-indica* con sus espinas. Escala a 5 cm. B) Micrografía SEM (Microscopio de Escaneo de Electrones) de una espina de cactus [6].

La Fig. 2 exhibe las imágenes obtenidas de la aplicación de la técnica de microscopía electrónica de barrido.

De igual manera, esta técnica provee información acerca de

Fig. 3 E) Células epidérmicas, R) Dominios de la areola, P) Parénquima y



C) Células de clorénquima [6].

la morfología tanto del cladodio como de las paredes celulares aisladas mediante SEM. La Fig. 3 corresponde a un corte

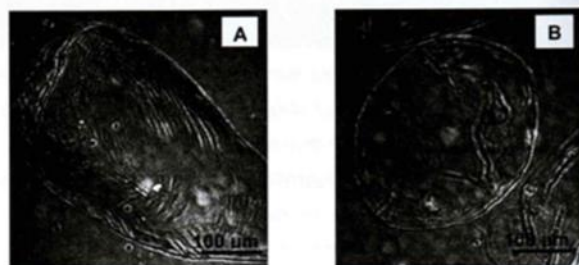


Fig. 4. Micrografía óptica en el contraste de Nomarski de (A) clorénquima y (B) parénquima [6].

transversal perpendicular al eje principal de un cladodio.

Finalmente, la Fig. 4 muestra la aplicación del contraste Nomarski en ciertas partes que componen al cladodio.

C. Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* mill) en Tlalnepantla, Morelos, México.

El objetivo de este artículo, se centra en determinar el agente causal de la mancha negra del Nopal, en donde se aislaron cladodios con síntomas de esta enfermedad, los hongos *Colletotrichum gloeosporioides* y *Pseudocercospora* sp.

Para ello, se recolectaron cladodios con diferentes grados de avance de la enfermedad. Las pruebas de patogenicidad de las muestras se realizaron en dos ambientes:

1. Cámara de ambiente controlado a 21 °C y fotoperiodo de 12 h luz (16 lámparas de luz blanca fluorescente de 160 watts).

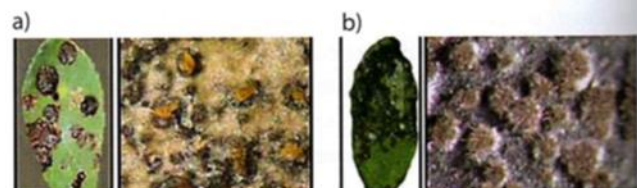


Fig. 5. a) Mancha negra circular, b) Mancha negra sin una forma definida [7].

2. A la intemperie cubriendo con bolsas de plástico para aumentar la humedad relativa.

Durante el análisis de muestras en fotoperiodo se pudo caracterizar dos tipos de síntomas, las cuales son mostradas en la Fig. 5.

Los síntomas de la mancha negra del nopal, son resultado de las condiciones de aislamiento como se observa en la Fig.5; en la Fig. 5a) la mancha negra circular predomina en plantas cultivadas en terrenos planos y en terrazas, con baja humedad, y en la Fig. 5b) donde la enfermedad pre-

dominó fue en parcelas localizadas en lomerío, con temperaturas frescas y humedad relativa alta (Andrés Quezada-Salinas et al. 2005) [7].

D. Emission spectroscopy analysis during Nopal cladodes dethorning by laser ablation.

Técnicas de espectroscopia de emisión de ablación láser, son aplicadas en este trabajo. Se analizan los espectros

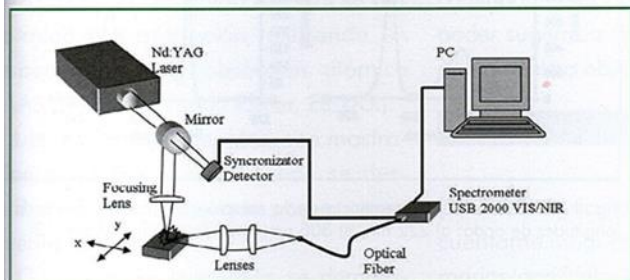


Fig. 6. Configuración experimental [8].

de emisión óptica del plasma durante el desespinado por ablación láser, en los cladodios de Nopal (Peña-Díaz et al. 2007) [8].

Las muestras se colocaron usando un sistema manual de microposicionamiento XY, Fig. 6, moviendo el punto de análisis sobre el centro del área de procesamiento.

Los cladodios de Nopal fueron irradiados con un láser pulsado Nd: YAG cuya longitud de onda es igual a 1064

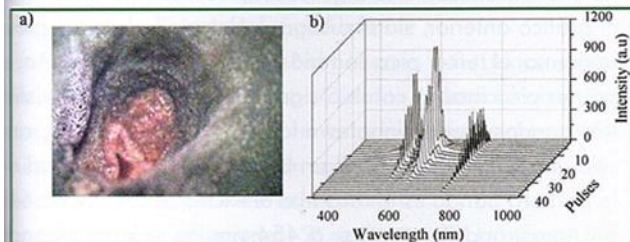


Fig. 7. a) Aspecto final de una aréola, después del proceso de desespinado. b) Espectros de emisión óptica [8].

nm, con 1.2 Joules por pulso de energía y con una duración de tiempo de 120 micro segundos, en su cuerpo y espinas. Se realizaron análisis de espectroscopia de emisión en la región de 350-1000 nm.

En la Fig. 7, se muestra la apariencia final de una aréola, así como los espectros de emisión obtenidos, en presencia del proceso de ablación láser:

E. Optical characterization of plant leaves.

Se realiza la investigación de la caracterización de la absorción óptica de diferentes vegetales importantes en la

dieta mexicana, en los rangos de Ultra Violeta, Visible, IR cercano e IR Medio. Las plantas seleccionadas para este experimento fueron: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), rábano (*Raphanus sativus*) y nopal (*Opuntia spp.*).

El método seleccionado para la caracterización óptica de tales plantas fue la espectrometría de absorción.

De acuerdo a los espectros obtenidos (Espinosa-Calderón et al. 2011) [9], los autores concluyeron lo siguiente:

- Picos de absorción alrededor de 400 y 750 nm confirman el uso de los colores azul y rojo, respectivamente, en el proceso de fotosíntesis.

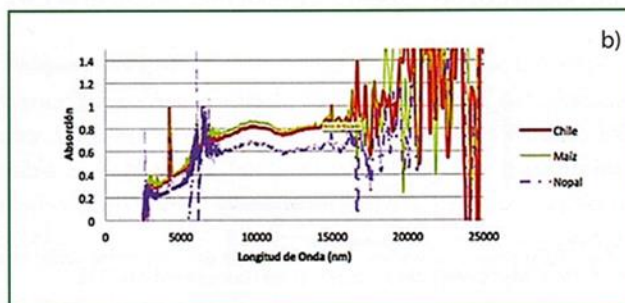
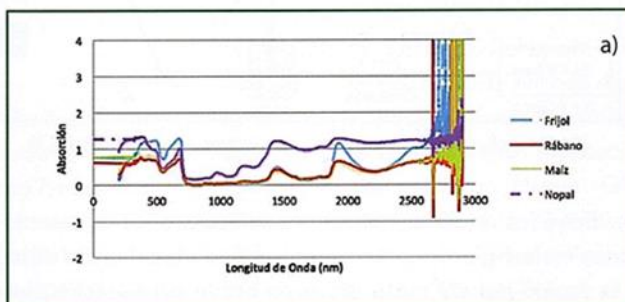


Fig. 8. a) Espectro de absorción de plantas de frijol, rábano, maíz y nopal, en la región UV-VIS-NIR. b) Espectro de absorción de plantas de frijol, rábano, maíz y nopal, en la región del infrarrojo [10].

- Picos cercanos a los 1500 y 2000 nm se deben a la presencia de agua en las muestras.

Un año después, Espinosa-Calderón et al. en el año 2012 [10], publicaron las gráficas de los espectros en las bandas de absorción, en los rangos de UltraVioleta (UV, 100-400 nm), Visible (VIS, 400-760 nm), Infrarrojo Cercano (NIR, 760 nm a 4 μ m), Infrarrojo Medio (MIR, 4 a 14 μ m), e Infrarrojo Lejano (FIR, 14 a 1000 μ m), como se muestran en la Fig. 8.

Los autores destacan los picos de absorción alrededor de 2500 y 4200 nm, siendo este último útil para estudios de procesos biológicos como es el caso de la fotosíntesis.

F. Nopal Cactus (*Opuntia Ficus-Indica*) as a Holographic Material.

En este trabajo se elabora una película holográfica fotosensible orgánica, a base de Nopal Cactus (*Opuntia Ficus-*

Indica) con Alcohol Polivinílico (PVA). El alcohol y el extracto del cactus nopal, se depositaron sobre un sustrato de vidrio, que se secó para formar una emulsión fotosensible, iluminando con un láser de He-Cd (442 nm).

Para el grabado sobre la película holográfica, se tomó en cuenta el arreglo óptico de la Fig. 9.

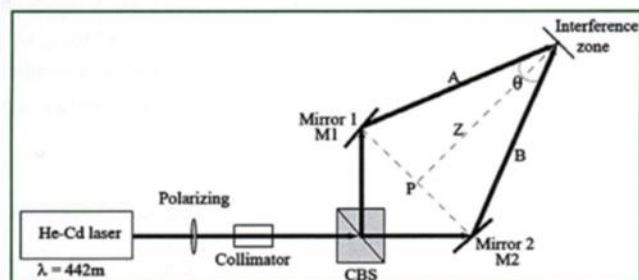


Fig. 9. Configuración experimental para el grabado holográfico [11].

Entre los resultados obtenidos se destaca los representados en la Fig. 10, donde se muestra la absorbancia desde la región del UV hasta el rango visible del espectro electromagnético, del fotosensibilizador mezclado con el PVA.

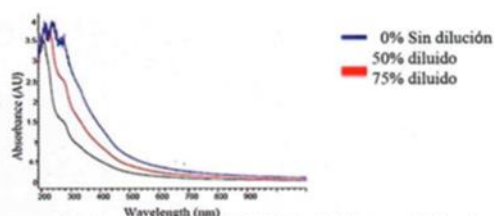


Fig. 10 Espectro de absorbancia en UV-Visible del fotosensibilizador mezclado con PVA a tres diferentes concentraciones [11].

Como se puede apreciar, la absorbancia aumenta a longitudes de onda cortas cuando la concentración aumenta, es por ello que la respuesta de longitud de onda es más adecuada para trabajar en la región cercana al UV, así como en el visible (400 - 700 nm). Esto significa que, variando la concentración entre ellos, los valores de absorbancia aumentan en el espectro visible, lo que permite al material brindar la capacidad de registrar hologramas en otras longitudes de ondas. Por ejemplo, la concentración al 75% puede trabajar óptimamente en los 220 nm (Olivares Pérez et al. 2012) [11].

G. Spectroscopic studies of chlorophyll a from *Opuntia ficus-indica*.

Se han realizado estudios de espectroscopia y aplicado técnicas de fluorescencia, usando una mezcla de extracto de clorofila de *Opuntia ficus-indica* con etanol.

Para ello, tallos de nopal, se cortaron en trozos pequeños. Las muestras se secaron a temperatura ambiente durante

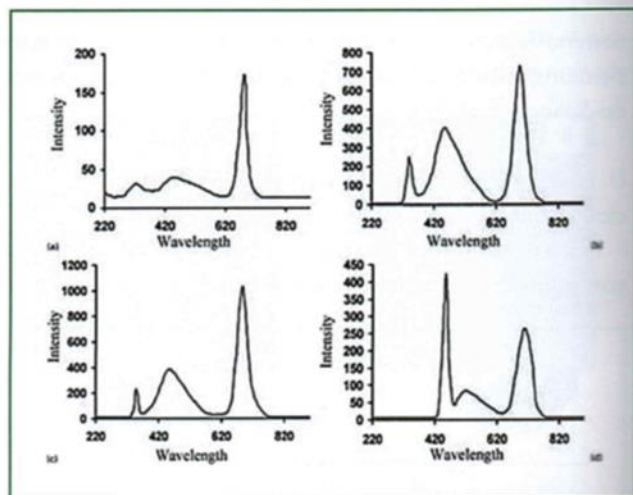


Fig. 11. Espectros de fluorescencia de la solución de clorofila, excitada a longitudes de onda: a) 222 nm, b) 308 nm, c) 337 nm y d) 448 nm [12].

48 h. Después del proceso de secado, las muestras se disolvieron en etanol durante 24 h para extraer clorofila. En la Fig. 11, se muestran los espectros de emisión de fluorescencia de la solución preparada a base de extracto de Nopal con etanol, excitada a diferentes longitudes de onda.

Como se puede observar, distintos picos de fluorescencia son detectados: en la Fig. 11a) existen dos bandas amplias a 337 y 461 nm, con baja intensidad y una banda fuerte a 680 nm, en la Fig. 11b) los dos primeros picos no mostraron cambios significativos en comparación con el gráfico anterior, sin embargo, la intensidad de los picos aumenta, el tercer pico cambió a 696 nm. En la Fig. 11c) el primer pico mostró cambio significativo, así mismo existen tres bandas predominantes a los 351, 460 y 686 nm, respectivamente, y finalmente en la Fig. 11d) la intensidad de la primera banda es la más alta al excitarse con luz de 448 nm, mostrándose un pico a 454 nm, la segunda banda alcanza los picos a 529 nm y la tercera banda se sitúa a 710 nm (M. S. Rusli et al. 2013) [12].

H. Minerals of cactus (*Opuntia dillenii*): cladode and fruit.

Se lleva a cabo un análisis del cladodio y el fruto de la especie *Opuntia dillenii*, para conocer su composición mineral, usando Espectroscopía de Absorción Atómica (AAS). El cladodio se analizó en tres etapas de crecimiento, para conocer su composición mineral, y así, determinar la contribución nutricional que proporciona en la dieta humana.

Las etapas del cladodio se designaron como I (7-11 cm), II (12-17 cm) y III (18-30 cm) de tamaño y grosor.

Los frutos frescos fueron recolectados, se lavaron y se retiraron las espinas. Las muestras se secaron en un horno

Element	Pulp	Peel	Seed
Fe	5.16 ± 0.0003	1.55 ± 0.0003	1.02 ± 0.0003
Zn	0.884 ± 0.0016	0.687 ± 0.0016	0.997 ± 0.0016
Cu	BDL of 0.1	BDL of 0.1	1.22 ± 0.00
Mn	1.285 ± 0.15	1.47 ± 0.01	2.65 ± 0.03
Se	BDL of 0.1	BDL of 0.1	BDL of 0.1
Al	1.16 ± 0.00	2.29 ± 0.00	2.68 ± 0.00
Ba	1.27 ± 0.01	1.695 ± 0.01	1.53 ± 0.00
Cr	BDL of 0.1	0.28 ± 0.00	0.116 ± 0.00

Fig. 12. Concentración de minerales (mg/100 g en peso seco) de Nopal [13].

de aire caliente a ~55 ° C y se pulverizaron. El contenido mineral se determinó por aspiración, utilizando un espectrómetro de absorción atómica (AAS, Analyst & Perkin Elmer, EE.UU.).

Los resultados obtenidos, son mostrados en la Fig. 12, en donde se describen los minerales que posee, como fuente nutricional, el Nopal.

Con base en lo anterior, se demuestra que tanto el sodio como el potasio, se encontraron en cantidades bajas en semilla y alto en cáscara. El magnesio y el calcio fueron encontrados en cantidades altas en semilla y bajo en la pulpa (Pavithra-Kalegowda et al. 2015) [13].

IV. CONCLUSIONES

Hemos revisado, analizado y resumido un número representativo de artículos de investigación científica que han abordado el estudio del nopal con diferentes técnicas ópticas. Concluimos que estas técnicas son variadas encontrándose entre ellas arreglos ópticos para: 1) análisis de espectros de fluorescencia de soluciones, 2) realizar registros holográficos 3) adquisición de imágenes ópticas, etc. Los trabajos anteriores abarcan el estudio del nopal desde su existencia en un ambiente natural hasta su estudio en laboratorios como es el caso del uso de extractos como el mucílago para material holográfico. La revisión anterior nos ha permitido formarnos una idea real de la posibilidad que tenemos de realizar estudios novedosos en el campo de la detección oportuna y eficiente de las plagas que afectan a este vegetal de consumo nacional e internacional.

En esta primera revisión bibliográfica,

hasta donde hemos investigado, no se ha encontrado información relevante del estudio del Nopal con técnicas de fluorescencia en muestras in vivo o ex vivo, por lo que se propone utilizar esta técnica para investigar su factibilidad en la detección de plagas que dañan a los cultivos del Nopal. No obstante, se deberá continuar revisando la literatura para poder sugerir la técnica que mejor aplique a nuestro objetivo de investigación.

REFERENCIAS

[1] INEGI Agricultura [En línea]. - <http://cuentame.inegi.org.mx/economia/primarias/agri/default.aspx?tema=E.5>

[2] Los beneficios del Nopal [En línea]. - <https://lpcdedios.wordpress.com/2013/11/22/los-beneficiosdel-nopal/>.

[3] Colaboradores de Wikipedia. Opuntia [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2016 [fecha de consulta: 9 de noviembre del 2016]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Opuntia&oldid=94664241>>.

[4] LaLinaza, «LaLinaza,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.lalinaza.com/propiedades-del-nopal.htm>. [Último acceso: 09 noviembre 2016].

[5] J.H. Everitt D.E. Escobar, M.A. Alaniz, And M.R. Davis., Light reflectance characteristics and video remote sensing of pricklypear., *The Journal of Range Management.*, 63-68, Vol. 44, No. 6, Denver Colorado November 1991.

[6] Mohamed E. Malaininea Alain Dufresnea, Daniele Dupeyrea, Mostafa Mahrouza., Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficusindica*. Cellulose extraction and characterization, Elsevier, 2-8, 2002.

[7] Quezada Salinas, Andrés, Sandoval Islas, J. Sergio, Alvarado Rosales,

Dionicio, Cárdenas Soriano, Elizabeth, Etiología de la mancha negra del nopal (*Opuntia ficus-indica* Mill) en Tlalnepantla, Morelos, México, *Agrocien-cia*, 2006, 14 (septiembre-octubre).

[8] M Peña-Díaz L Ponce, M Arronte y T Flores., Emission spectroscopy analysis during Nopal cladodes dethorning by laser ablation., *Journal of Physics: Conference Series*, 2007.

[9] Alejandro Espinosa-Calderon, Irineo Torres-Pacheco, José Alfredo Padilla-Medina, Roque Alfredo Osornio-Rios, Rene de Jesus Romero-Troncoso, Carlos Villaseñor-Mora, Martin Olmos-Lopez, Ramon Gerardo Guevara-Gonzalez., Optical characterization of plant leaves., OSA (Optical Society of America), 2011.

[10] A. Espinosa Calderón, I. Torres Pacheco, R. Guzmán Cruz, A.A. Fernández Jaramillo, R.F. Muñoz Huerta, J.G. Torres López, R.G. Guevara González., Principios Ópticos para el Diseño de Sensores No Invasivos de Fotosíntesis en Plantas., Universidad Autónoma de Querétaro, Dirección de Investigación y Posgrado., Vol. 5 No 1, Enero – Junio de 2012.

[11] Arturo Olivares-Pérez Santa Toxqui-López y Ana L. Padilla-Velasco., Nopal Cactus (*Opuntia Ficus-Indica*) as a Holographic Material., *Materials*, 1-20, 2012.

[12] Pavithra Kalegowda, Devendra Jagannath Haware, Somasundaram Rajarathnam and Mysore Nanjarajurs-Shashirekha., Minerals of cactus (*Opuntia dillenii*) cladode and fruit., *Current science*, 1-5, Vol. 109, no. 12, 25 diciembre 2015.

[13] M. S. Rusli Z. H. Z. Abidin, R. M. Taha & A. K. Arof., Spectroscopic studies of chlorophyll a from *Opuntia ficus-indica*., W. S. Maney & Son Ltd. 2009, 2013. 6



OFERTA EDUCATIVA

UPT



POSGRADOS

MAESTRÍAS

1. Automatización y Control
2. Computación Óptica
3. Contribuciones Fiscales
4. Desarrollo de Software
5. Dirección de Organizaciones
6. Energías Renovables
7. Optimización de Procesos

DOCTORADO

1. Optomecatrónica
2. Ciencias de la Gestión Administrativa



Calle Ingenierías #100
Col. Huapalcalco,
Tulancingo, Hgo.

(775) 75 5 82 02
ext. 1301

@UPTulancingo1

@UPTulancingo

@UPTulancingo

/UPTTULANCINGO

www.upt.edu.mx

¡ÚNETE!

