

## PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE TRES MÉTODOS PARA CALCULAR EL ÁREA DE CLADODIOS EN PLANTAS DE NOPAL PARA VERDURA

Sofía López Acosta<sup>1\*</sup>, Ricardo Nuño Romero<sup>2</sup> y Martha Isabel Torres Morán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Manejo y Aprovechamiento de Recursos Fitogenéticos. Departamento de Producción Agrícola. <sup>2</sup>Departamento de Desarrollo Sustentable. CUCBA. Universidad de Guadalajara. Km. 15.5 Carretera a Nogales, Zapopan Jalisco, México. CP 45110. Tel: (33)3777-1150 ext. 3141 e-mail \*[ccm.sophiala@hotmail.com](mailto:ccm.sophiala@hotmail.com)

### Introducción

El nopal en México se ha considerado uno de los cultivos que conforman la agricultura de los mexicanos. En algunos estados como Oaxaca, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Puebla, Morelos, Distrito Federal y Baja California se lleva a cabo su cultivo, utilizando las plantas del género *Opuntia*, ya que dentro de este género, se encuentran especies con potencial alimenticio.

Las especies de nopal más importantes que se cultivan para verdura (nopalitos), fruta (tuna) y forraje (cladodios) son: *Opuntia amyclaea*, *Opuntia streptacantha*, *Opuntia atropes* Rose y *Opuntia ficus-indica* L. Mill., donde estas dos últimas son las que más se recomiendan para verdura, por ser sin espinas (Scheinvar 2004) y son comúnmente conocidas como nopal blanco y nopal mexicano respectivamente. Las plantaciones comerciales más importantes, se encuentran en el área de Milpa Alta, en el Distrito Federal (Granados 1991).

*O. atropes* Rose es una planta arbustiva, de 1 a 3 m de alto; tiene un tronco leñoso bien definido de 60 cm. a 1.50 m de altura y 20 a 30 cm. de diámetro; artículos aplanados, de oblongos a abovados, de 17 a 30 cm. de largo y 8 a 11 cm. de ancho, color verde claro; integra ramas de varios artículos que forman una copa muy ramosa; epidermis pubescente, cuando jóvenes algo brillantes; hojas en los cladodios jóvenes de 4 a 5 mm de largo, acuminadas, pubescentes, con la punta rojiza. Arbolos redondas a obovadas, en series de 4 a 7; glóquidas aciculares de 2 a 7 mm, amarillas, surgen en la parte superior de la aréola; sin pelos setosos. Espinas dos de ellas aciculares, algo angulares, de 3 a 6 cm de largo, generalmente de 1 a 3, blancas grisáceas, con la punta amarilla translúcida, en la base marrón claro. Flores de 5 cm de largo y de diámetro en la antesis, amarilla con manchas rojas en el borde de los segmentos. Pericarpelo globoso de 2 cm de largo y hasta 2 cm de ancho, arbolos con fieltro marrón claro, glóquidas largas. Frutos globosos, de 1.5 a 3 cm de diámetro, verdes; glóquidas densamente agrupadas en la parte superior de las areolas del pericarpelo, amarillas; semillas reniformes de 3 a 5 mm de largo y ancho, blancas amarillo-rojizas. (González, et al 2001).

Los cladodios tienden a almacenar agua y formar tejido, el cual crece hasta alcanzar un máximo de capacidad, sobre esto cladodios se forman nuevos brotes, haciendo una secuencia de pisos e incrementando el índice del área foliar, es decir, los cladodios hacen las veces de las hojas del árbol, por lo cual se considera que la suma del número total de cladodios, por sus dimensiones, constituye su área foliar total. La totalidad de área foliar, puede verse modificada y resultar negativa en plantaciones con

altas densidades. En el caso de las brotaciones (producción de cladodios), estas se ven influenciadas por el contenido de la humedad en el suelo.

Los cladodios representan los cuerpos más eficientes para evitar la evapotranspiración de la planta al ser aplanados y discordes; la orientación de estos influye en el proceso de fotosíntesis que por lo general se realiza en hojas; al principio del desarrollo de *Opuntia* spp, tiene hojas pequeñas que posteriormente se caen. En ausencia de hojas, la fotosíntesis se realiza en los cladodios, es decir los tallos (Nobel 1998). Se ha observado que cuando se eliminan brotes de un cladodio se favorece la emisión de retoños; esta brotación es más numerosa mientras más extensa es la poda (Barbera, et al 1999).

Los objetivos del presente trabajo fueron, comparar la estimación del área de los cladodios utilizando tres métodos de cálculo de la misma, en nopal blanco (*Opuntia atropes* Rose), esta información es básica para la posterior inferencia sobre eficiencia fotosintética y cantidad de biomasa.

### Materiales y métodos

El trabajo se realizó en los meses de octubre y noviembre en el rancho “Los Laureles” el cual está ubicado en la localidad Las Cuevas, Municipio de Zapopan. Se realizaron mediciones en 50 plantas de la especie *O. atropes* Rose, tomando parámetros específicos de 2 a 7 cladodios por planta, en total se hicieron 186 mediciones.

En la Figura 2 se muestra un esquema de las medidas que fueron tomadas en cada cladodio en particular. Para realizarlo, se dividió al cladodio en 5 secciones y con el flexómetro se midió cada una de éstas. El largo de los cladodios que forman el 3<sup>o</sup> nivel se determinó utilizando el flexómetro.

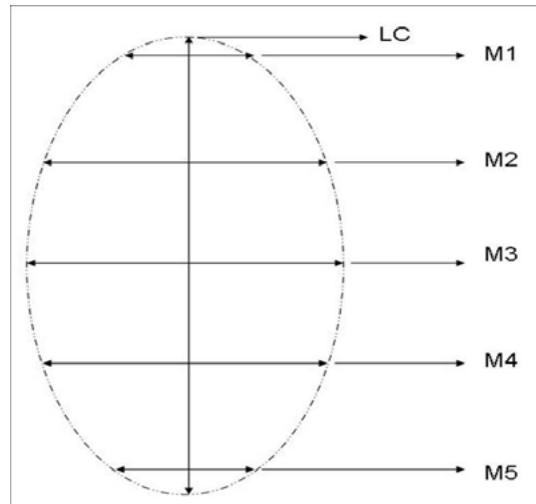


Figura 2. Medidas tomadas de los cladodios en estudio. LC= Largo de cladodio, M1-M5= medidas de ancho en las diferentes secciones.

Los métodos utilizados para el cálculo del área de los cladodios fueron:

Método del área intermedia (Área It).

Estimación del área considerando una superficie intermedia entre un rectángulo y un triángulo, mediante la fórmula largo por ancho máximo por 0.75 ( $L \cdot AM \cdot 0.75$ ).

Método del área foliar caulinar (ÁreaFC).

Aplicando la fórmula utilizada por Sánchez (1995), que calcula Área fotosintética caulinar (AFC) =  $3.211 + 0.764 (AR)$ , donde AR es el área rectangular.

Método de los trapecios (Str).

Dividiendo el área en cuatro trapecios cada uno con base igual a longitud entre cuatro y por altura medida en cinco puntos (Longitud = 0; L/4; L/2; L\*3/4; y L).

Se calculó el área del cladodio para cada planta medida (50 plantas), una vez obtenida el área por los tres métodos, se realizó un análisis de varianza para determinar si existe diferencia entre los métodos utilizados y se realizó una comparación de medias por el método de contrastes ortogonales. El estadístico de prueba en todos los casos de análisis de varianza y de comparaciones ortogonales, fue la prueba de Fisher (prueba de F) (Cochran, 1908).

## Resultados

El análisis de varianza realizado para los diferentes métodos de determinación del área del cladodio, reveló diferencias altamente significativas entre los métodos, lo cual es reportado en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Promedios y varianza entre métodos de determinación del área de cladodios de nopal.

<i>Métodos</i>	<i>No. mediciones</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Area It	186	68435.505	367.9328226	8031.72116
Str	186	75046.7525	403.477164	9571.4738
AreaFC	186	70402.0191	378.505479	8356.2027

Cuadro 2. Análisis de varianza para métodos de determinación del área de cladodios de nopal.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>FC</i>	<i>FT</i>
Métodos	123923.5118	2	61961.75589	7.16061559	3.01196**
error	4802488.567	555	8653.132553		
Total	4926412.079	557			

\*\*Altamente significativo  $p=0.00085041$ )

Para el caso de la comparación entre medias, los contrastes ortogonales permitieron subdividir la suma de los cuadrados obtenidos en el análisis de varianza, de tal manera que las comparaciones que resultan ortogonales puedan utilizarse para comparar los grupos formados, en este caso, comparar un método, contra los otros dos. Los resultados de ésta comparación, se muestran en el siguiente cuadro, en donde se comparan en la primera línea, el método del área de los trapecios (Str) contra los otros

dos métodos. En el segundo contraste, se comparó el método del Área intermedia (Área It) contra el método del área foliar caulinar (FC).

Cuadro 3. Prueba de F en los contrastes ortogonales para métodos de determinación del área de cladodios de nopal.

Contrastes	Zw	Zw <sup>2</sup>	Dw	Zw <sup>2</sup> /Dw	FC	F (0.01)
STr vs otros	11255.9809	126697106	1116	113527.8728	13.1198583	6.68076027**
Areait vs FC	1966.5141	3867177.705	372	10395.63899	1.20137291	6.68076027ns

GL=555 CM error= 8653.132553

ZW= valor del contraste

DW= línea ortogonal de la matriz de contrastes

\*\*altamente significativo

ns= no significativo

Los resultados obtenidos indican que el método más confiable para la determinación del área de cladodios en nopal para verdura, es el método de los trapecios, que está basado en el cálculo del el área en cuatro trapecios cada uno con base igual a longitud del cladodio entre cuatro y por altura medida en cinco puntos.

## Conclusiones

El conocimiento del área total de cladodios de un nopal, es determinante en el cálculo de la eficiencia fotosintética de las plantas y puede ser también utilizado en la predicción de la producción de nopales para verdura. Lo anterior está sustentado en el mecanismo fisiológico de las plantas CAM, cuya eficiencia fotosintética es mayor que las plantas C3 y C4 (Pimienta y Ramírez, 2001).

Lo anterior puede ser también utilizado en apoyo a capacitación a productores que hasta hoy han realizado la práctica de poda en el periodo de más producción con la creencia de que la planta acumula reservas.

## Bibliografía:

**Barbera, G., P. Inglese y E. Pimienta.** 1999. Agroecológica, cultivo y usos del nopal. FAO, Roma. pp 97-105

**Cochran, W.G, G.M. Cox.** 1980. Diseños experimentales. Trillas. México, D.F. pp 485.

**González Durán Adriana, Riojas López Mónica E. y Arreola Nava Hilda J.** 2001. El Genero Opuntia en Jalisco: Guía de campo. Universidad de Guadalajara. México. pp 135.

**Granados Sánchez Diodoro y Castañeda Pérez Ana Dunia.** 1991. El nopal: historia, fisiología, genética e importancia frutícola. Trillas, México. pp 227

**Nobel Park S.** 1998. Los incomparables agaves y cactus. Trillas, México. pp 122-134.

- Pimienta, E.** y B. Ramírez. 2001. Fisiología del Agave Azul. Programa General de Apoyo y Desarrollo Tecnológico a la Cadena Productiva Agave-Tequila. UdG. CRT. pp 31.
- Sánchez, V.G.** 1995. Estimación del área fotosintética caulinar de *Nopalea cochinillifera* (L.) Salm-Dyck. Conocimiento y aprovechamiento del Nopal. Memorias 6to. Congreso nacional y 4to. Congreso internacional. Universidad de Guadalajara, México.
- Scheinvar Léia.** 2004. Flora Cactológica del Estado de Querétaro: Diversidad y riqueza. Fondo de la cultura económica, México. pp 79-145

