

22
2ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales
"ZARAGOZA"

RESISTENCIA A LA SEQUIA XXVII. LOS ESTOMAS
DE Solanum cardiophyllum Lindl. LONGITUD
FRECUENCIA E INDICE ESTOMATICO.

T E S I S

Que para obtener el Título de

B I O L O G O

presenta

LUCERO DEL MAR RUIZ POSIDAS



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

	Página
INDICE DE FIGURAS Y CUADROS - - - - -	i
RESUMEN - - - - -	v
I. INTRODUCCION - - - - -	1
II. REVISION BIBLIOGRAFICA - - - - -	3
2.1. Características de <u>Solanum cardiophyllum</u> L.-	3
2.1.1. Generalidades - - - - -	3
2.1.2. Morfología - - - - -	4
2.1.3. Hábitat - - - - -	4
2.1.4. Aspectos Fisiológicos - - - - -	5
2.2. Generalidades de Estomas - - - - -	6
2.3. Morfología de estomas - - - - -	7
2.4. Distribución y disposición de estomas - - - - -	9
2.5. Ontogenia de estomas - - - - -	9
2.6. Clasificación de estomas - - - - -	10
2.7. Características generales de estomas en el género <u>Solanum</u> . - - - - -	12
III. OBJETIVO - - - - -	14
IV. MATERIALES Y METODOS - - - - -	15
4.1. Material biológico - - - - -	15
4.2. Variables que se determinaron - - - - -	17
4.3. Descripción de técnicas - - - - -	17
4.3.1. Impresión de epidermis - - - - -	17
4.3.2. Determinación de la longitud de estomas -	18
4.3.3. Determinación de la distribución de estomas -	19

	Página
4.3.4. Determinación del índice estomático - -	22
4.4. Diseño experimental - - - - -	22
V. RESULTADOS - - - - -	23
5.1. Cinética de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas, crecidas en - condiciones de maceta invernadero y maceta - campo - - - - -	23
5.2. Longitud de los estomas - - - - -	26
5.3. Frecuencia de estomas - - - - -	29
5.4. Índice estomático - - - - -	32
5.5. Forma - - - - -	35
VI. DISCUSION - - - - -	40
VII. CONCLUSIONES - - - - -	46
VIII. APENDICE - - - - -	47
IX. BIBLIOGRAFIA - - - - -	59

INDICE DE FIGURAS Y CUADROS

FIGURA		Página
1	Formación del estoma en el género <u>Solanum</u>	13
2	Técnica utilizada para la obtención de impresio- nes de epidermis, propuesta por E,Mark Engleman (Sevila,1983) y por la M.C.Petra Yáñez (comuni- cación personal) _____	20
3	Divisiones efectuadas sobre las impresiones de epidermis para realizar el estudio microscópico 1)base,2)media,3)ápice _____	21
4	Patrón de temperaturas máximas y mínimas presen- tes en condiciones de campo (o) e invernadero (.) Año 1986. _____	24
5	Cinética de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de plantas de <u>Solanum cardiophyllum</u> Lindl.crecidas en condi- ciones de maceta invernadero (.) y maceta campo (o). Cada punto es la media de 10 repeticiones ± el error estandar. _____	25
6	Longitud de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de <u>Solanum</u> <u>cardiophyllum</u> L. en la superficie adaxial y aba- xial. Las letras indican las secciones estudiadas: B=Base,M=Media,A=Apice, en condiciones de ma- ceta invernadero (-) y maceta campo (---). _____	27
7	Longitud de estomas en el foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de <u>Solanum</u> - <u>cardiophyllum</u> L.en condiciones de maceta inverna- dero y maceta campo. Las letras indican las sec- ciones estudiadas:B=Base,M=Media,A=Apice,de las superficies adaxial (-) y abaxial (---). Cada pun- to es la media de 80 repeticiones ± error standar _____	28
8	Frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de <u>Solanum</u> <u>cardiophyllum</u> L.en condiciones de maceta inverna- dero y maceta campo. Las letras indican las sec- ciones estudiadas:B=Base,M=Media,A=Apice,de las superficies adaxial (-) y abaxial (---).Cada pun- to es la media de 80 repeticiones ± error standar _____	30

- 9 Frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de Solanum cardiophyllum L. en las superficies adaxial y abaxial. Las letras indican las secciones estudiadas: B=Base, M=Media, A=Apice. En condiciones de maceta invernadero (-) y maceta campo (-). Cada punto es la media de 80 repeticiones \pm error standar ----- 31
- 10 Índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de Solanum cardiophyllum L. en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Las letras indican las secciones estudiadas: B=Base, M=Media, A=Apice, de las superficies adaxial (-) y abaxial (-). ----- 33
- 11 Índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de Solanum cardiophyllum L. en las superficies adaxial y abaxial. Las letras indican las secciones estudiadas: B=Base, M=Media, A=Apice, en condiciones de maceta invernadero (-) y maceta campo (-). ----- 34
- 12 Impresiones de epidermis donde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum L. crecidas en condiciones de maceta invernadero, superficie abaxial. ----- 36
- 13 Impresiones de epidermis donde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum L. crecidas en condiciones de maceta campo, superficie abaxial. ----- 37
- 14 Preparaciones histológicas teñidas con verde rápido rojo congo, y azul de toluidina, donde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum L. crecidas en condiciones de maceta invernadero, superficie abaxial. ----- 38
- 15 Preparación histológica teñida con rojo congo, donde se muestra un estoma de la primera hoja de Solanum cardiophyllum L. crecida en condiciones de maceta campo, superficie abaxial. ----- 39

A-1	Cinética de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{X}$ = error estándar. -----	48
A-2	Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de longitud de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de <u>Solanum cardiophyllum</u> L. en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Grado de significancia = 0.05. -----	49
A-3	Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de <u>Solanum cardiophyllum</u> L. en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Grado de significancia = 0.05. -----	50
A-4	Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Grado de significancia = 0.05. -----	51
A-5	Resultados de longitud y frecuencia de estomas -----	52
A-6	Longitud de estomas en m , del foliolo terminal de la primera hoja compuesta de <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en condiciones de maceta invernadero. $S\bar{X}$ = Error estándar. -----	53
A-7	Longitud de estomas en m , del foliolo terminal de la tercera hoja compuesta de <u>Solanum cardiophyllum</u> L. en condiciones de maceta invernadero. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{X}$ = Error estándar. -----	54
A-8	Longitud de estomas en m , del foliolo terminal de la primera hoja compuesta de <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en condiciones de maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{X}$ = error estándar. -----	55

CUADRO

Página

A-9	Longitud de estomas en m, del foliolo terminal de la tercera hoja compuesta de <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en condiciones de maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones. SX= Error estándar. -----	56
A-10	Frecuencia de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de - <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en condiciones de maceta invernadero. -----	57
A-11	Frecuencia de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de - <u>Solanum cardiophyllum</u> L., en condiciones de maceta campo. -----	58

RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar el índice estomático, longitud y frecuencia de estomas en la papita güera (Solanum cardiophyllum Lindl).

El trabajo se llevó a cabo bajo dos condiciones ambientales de crecimiento: maceta invernadero y maceta campo. Las determinaciones se realizaron en el foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas, en el momento en que estas alcanzaron su máxima longitud.

Para su estudio, los foliolos se dividieron en tres partes: base, media y ápice; tomando impresiones de cada una de las secciones en la epidermis adaxial y abaxial.

Los resultados mostraron que la longitud de estomas de los foliolos de la primera y tercera hojas crecidas en condiciones de maceta campo fue menor que la longitud de estomas de los dos foliolos crecidos en condiciones de maceta invernadero, en las dos superficies estudiadas (adaxial y abaxial).

Se observó también una tendencia hacia la disminución en la longitud de los estomas de la base al ápice del foliolo.

En cuanto a la frecuencia de estomas se observó que en la superficie abaxial en las dos condiciones de crecimien

to estudiadas, se presentó mayor frecuencia estomática en comparación con la superficie adaxial, de los dos folíolos estudiados.

Se encontró además un aumento gradual de la frecuencia de estomas de la base al ápice de los folíolos, en las dos condiciones ambientales de crecimiento.

El índice estomático fue diferente en cada una de las superficies estudiadas (adaxial y abaxial). Sin embargo, no se vio afectado por las condiciones ambientales, ni por la posición de la hoja en la planta, de tal manera que para la superficie abaxial, el índice estomático fue 25.279 y 23.462 para las plantas crecidas en condiciones de maceta invernal y maceta campo respectivamente.

I. INTRODUCCION

El agua cubre cerca de tres cuartas partes de la superficie de la tierra, debido a su distribución y alto contenido de sales se ha convertido en un factor limitante que reduce el rendimiento de los cultivos. Es esencial para el crecimiento de las plantas. Muchos procesos fisiológicos como transpiración, fotosíntesis, actividad enzimática y rendimiento de los cultivos, dependen de ella.

Es el mayor constituyente de las plantas vivas, pues sus tejidos poseen aproximadamente 90% de agua en relación a sus demás elementos constitutivos. Sin embargo, sólo una pequeña parte (cerca del 1%) del agua que absorben las plantas es usada en procesos metabólicos, el resto se pierde por transpiración (Loon Van, 1981).

Evitar la transpiración es el primer mecanismo de defensa que las plantas presentan ante una condición de déficit hídrico; esto se lleva a cabo por medio del cierre de sus estomas.

Los estomas se encuentran en el tejido epidérmico de algunas Briophytas (Anthocerotales) y de todas las plantas superiores, se encuentran formados por un par de células oclusivas que limitan un espacio o poro que recibe el nombre de ostiolo, a través del cual se lleva a cabo el intercambio gaseoso entre la planta y el ambiente.

De lo anterior se desprende que el conocimiento de las características de los estomas es un factor importante en el estudio de las relaciones agua-planta, ya que de la frecuencia, tamaño y disposición de éstos depende en gran medida la tasa de transpiración.

Basados en la información precedente, se plantea la presente investigación con la finalidad de conocer algunos aspectos morfológicos de los estomas de Solanum cardiophyllum Lindl., especie cuya distribución en las zonas semiáridas - del país es muy amplia, además de que ha sido reportada por Galindo (1982) como resistente a la sequía.

II. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Características de Solanum cardiophyllum Lindl.

2.1.1. Generalidades

El género Solanum comprende especies que son tanto de naturaleza silvestre como cultivada. En México se han descrito 33 especies de este género, de las cuales más de 20 son silvestres y de éstas, sólo los tubérculos de Solanum ehrenbergii Bitt y Solanum cardiophyllum Lindl. se consideran comestibles para el hombre (Rowe, 1969). A estas dos especies de Solanum se les puede encontrar en los mercados del Altiplano de México bajo diferentes nombres locales como: "papa de milpa", "papita güera", "papita cimarrón", "papita blanca", "papita de monte", "papas buenas", "papita puerquera", "papita loca" y "papita de barbecho" (Correl, 1962; Galindo, 1982 y Luna Cavazos, 1983).

Los campesinos la colectan en forma manual dejando algunos tubérculos en el campo para promover su propagación. El análisis bromatológico revela que sus tubérculos contienen 3.2% de proteína, es decir, 1% más alto que lo registrado para los tubérculos de S. tuberosum además, por su buen sabor, esta papita tiene gran demanda en el mercado, en donde es vendida hasta en cuatro veces el precio de la papa común (Galindo, 1982; Luna Cavazos, 1983 y Benavides, 1984).

El centro de origen de la papa se considera que es Sudamérica (Gill y Vear, 1965); sin embargo, la especie Solanum cardiophyllum

Lindl. es endémica de México (Galindo, 1982 y Luna Cavazos, 1987).

Las especies silvestres tuberíferas y cultivadas de Solanum se consideran un grupo de plantas relativamente joven en términos ecológicos y evolutivos, basándose en las siguientes consideraciones: a) Las especies se encuentran confinadas al continente americano, b) Una amplia proporción hibridiza fácilmente para formar progenie fértil F1 y c) Morfológicamente los límites entre las especies no están del todo claros (Hankes, 1979, citado por Luna Cavazos, 1987).

2.1.2. Morfología

Solanum cardiophyllum Lindl. es una planta herbácea de 25 a 50 cm de altura, con tubérculos de color crema, generalmente redondos, tallo recto simple o con varias ramas, glabro o escasamente piloso, follaje típicamente verde claro; hojas imparipinnadas de 7.0 a 18.0 cm de largo, folíolos de 5 a 7, ovado a ovado-elípticos, agudos o redondeados, base redondeada, folíolo terminal más grande que los laterales, inflorescencia racimosa, flores blanco cremoso o amarillentas; cáliz campanulado (Luna Cavazos, 1987).

2.1.3. Hábitat

Esta especie se encuentra en altitudes de 1900 a 2600 msnm; es muy común en suelos someros, alrededor de peñascos y en acantilados, en terrenos de substrato ígneo; a menudo asociado con pastos, cactáceas, cultivos de maíz, frijol y a la sombra de árboles y arbustos (Luna Cavazos, 1987).

Se encuentra distribuida en una vasta área semiárida de México, con una precipitación anual de 250 a 500 mm, encontrándose en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Aguascalientes, Querétaro, Guanajuato, Hidalgo y Michoacán (Flores Crespo, 1966).

2.1.4. Aspectos Fisiológicos

Algunos estudios se han realizado de las relaciones agua-planta en Solanum cardiophyllum Lindl. La mayor parte de ellos se han efectuado en el Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados. En 1984 Benavides encontró que la eficiencia de uso de agua de Solanum cardiophyllum es mayor que en Phaseolus vulgaris c.v. Negro 150, bajo condiciones de sequía.

Larqué-Saavedra y colaboradores (1985), estudiaron el efecto de sequía en esta especie de papa y encontraron que la producción de materia seca, altura de la planta y área foliar fueron menores en plantas desarrolladas bajo condiciones de sequía; sin embargo, el peso total de los tubérculos formados por las plantas en los dos tratamientos (riego y sequía), no presentó diferencias significativas. En relación a algunos parámetros fisiológicos medidos, señalan que el potencial osmótico (ψ_s) fue más bajo para el tratamiento de sequía, presentándose en las plantas un ajuste osmótico de -0.36 MPa; el contenido relativo de agua (CRA) de las plantas bajo condiciones de sequía presentó una disminución del 13% con respecto a las plantas en riego. También realizaron mediciones de los niveles de prolina y encontraron que bajo condiciones de sequía la acumulación de prolina fue 5.8 veces mayor que en las plantas bajo riego.

En cuanto a la eficiencia de uso de agua, Romero (1985), reporta que en relación a S. tuberosum, S. cardiophyllum presenta una mayor EUA (eficiencia de uso de agua) 1.24, que las variedades Alpha y López, las cuales presentaron una EUA de 0.32 y 0.0 respectivamente, bajo el tratamiento de sequía.

En 1987 Soto y Larquê-Saavedra estudiaron la capacidad de acumulación de ácido abscísico (ABA) en Solanum cardiophyllum y encontraron que bajo sequía las plantas presentaron mayor acumulación de ABA 26.51 ng ABA g⁻¹ de peso fresco en relación a las plantas bajo riego, las cuales presentaron una acumulación de ABA de 12.26 ng ABA g⁻¹ de peso fresco.

Recientemente Rebolledo (1988), encontró que a través de las raíces que presenta el estolón, Solanum cardiophyllum puede absorber agua del suelo. Señala también que bajo sequía el crecimiento de raíces y estolones no se ve afectado drásticamente y menciona que esta característica quizá sea una estrategia adaptativa de la planta para la búsqueda de humedad en el suelo.

2.2. Generalidades de Estomas.

Los estomas son poros formados por un par de células especializadas: las células guarda, también llamadas células oclusivas, de cierre o estomáticas. Se encuentran en la epidermis de las partes aéreas de las plantas terrestres y pueden abrirse o cerrarse para controlar el intercambio gaseoso.

Los restos fósiles revelan que los estomas aparecen en vegetales, en el período Devónico Inferior, hace aproximadamente 390 millones de años; se encontraron en varios géneros de plantas fósiles como: Zosterophyllum, Drepanophycus, Rhynia y Asteroxylon. Probablemente se desarrollaron al mismo tiempo que el sistema vascular y la cutícula.

La palabra estoma proviene del griego y significa boca. Link y De Candolle fueron los primeros en llamar a los poros con este nombre (Willmer, 1983).

Los estomas funcionan como sensores para todos los factores que puedan afectar el funcionamiento de la planta (Alfaro y Kohashi, 1976), por lo que reaccionan a casi todos los componentes del ambiente como: luz (intensidad, duración y calidad), temperatura, concentración atmosférica de bióxido de carbono (CO_2), suministro de agua y estímulos mecánicos (Mansfield, 1971; Esau, 1976; Fahn, 1978, Raven et al. 1981 y Kramer, 1983).

Son considerados estructuras especializadas muy importantes, ya que se encuentran involucradas en el control de dos de los más importantes procesos fisiológicos de las plantas: fotosíntesis y transpiración (Bonner y Galston, 1973; Kramer, 1983 y Willmer, 1983).

2.3. Morfología de estomas

Un estoma consiste de un poro u ostiolo circundado por dos células oclusivas comúnmente llamadas células guarda o estomáticas (Cutter, 1969 y Fahn, 1978); en numerosas plantas se pueden distinguir

células subsidiarias o accesorias; estas células difieren morfológicamente de las células epidérmicas típicas y suelen ser dos o más células que rodean a las células estomáticas con las que se relacionan al parecer, funcionalmente (Fryns-Claessens y Van Cotthem, 1973 y Fahn, 1978). El estoma junto con las células subsidiarias reciben en conjunto, el nombre de: complejo estomático.

Las células estomáticas suelen tener forma arriñonada con grosor y consistencia desiguales de sus paredes "en la mayoría de los estomas las paredes más delgadas son las que se encuentran más próximas a sus células subsidiarias y se llaman paredes posteriores (Fahn, 1978); esto no sucede en gramíneas y ciperáceas, en donde encontramos células alargadas y en forma de hueso. Los extremos de estas células estomáticas son ensanchados y de pared fina, mientras que las porciones medias son alargadas y de pared gruesa.

En ambos casos estas células poseen varias rutas metabólicas especializadas, diseñadas para efectuar un rápido cambio en potencial osmótico dentro de las células, cuando son estimuladas por el menor cambio en el ambiente externo. Las células guarda poseen una alta actividad metabólica en relación a las demás células epidérmicas, conteniendo gran cantidad de mitocondrias y una compleja maquinaria para sintesis de proteínas.

Su tamaño varía con la especie, pero en general van de 10 a 80 μ m de longitud y de 5 a 50 μ m de ancho.

2.4. Distribución y disposición de estomas

Los estomas se encuentran en la epidermis de las partes aéreas de las plantas y especialmente en las hojas y tallos. No hay estomas en las raíces, ni tampoco en las plantas carentes de clorofila. A veces se encuentran estomas en las plantas acuáticas, pero en la mayoría suelen faltar. También podemos encontrarlos en pétalos, filamentos estaminales (por ejemplo, en Cochicum), carpelos y semillas. Sin embargo estos últimos no son funcionales (Fahn, 1978).

En las hojas podemos encontrar estomas en ambas caras del limbo, recibiendo estas hojas el nombre de anfiestomáticas o sólo en el envés hojas hipostomáticas. En plantas acuáticas que poseen hojas flotantes, los estomas se encuentran situados únicamente en el haz (hojas epiestomáticas), que es la cara expuesta al medio aéreo.

En las hojas de venación reticulada los estomas se distribuyen sin un orden aparente y en las hojas paralelinervias, como gramíneas, los estomas adoptan una disposición paralela, formando filas (Cutter, 1969; Fahn, 1978 y Esau, 1976).

En muchas plantas xerófitas, plantas con restringido suministro de agua, los estomas se encuentran hundidos, abajo del nivel de las células epidérmicas, o restringidos a ranuras o cavidades en la superficie de la hoja (Cutter, 1969).

2.5. Ontogenia de estomas

Las células oclusivas se originan a partir de una célula

llamada "célula madre de las células estomáticas", la cual por división transversal, forma dos células que difieren morfológica y bioquímicamente de las células acompañantes (Stebbins and Shah, 1960. En Fryns-Claessens, et al. 1973). Las dos células resultantes se diferencian a continuación en células estomáticas. Al principio, estas células son de tamaño pequeño y no poseen forma peculiar, pero al irse desarrollando, se agrandan y adquieren su forma característica. Durante este desarrollo, la laminilla media que hay entre las dos células estomáticas se desintegra y las dos paredes celulares se separan, quedando una apertura entre ellas: el poro estomático (Ziegnespeck, 1944, en Kramer, 1983 y Fahn 1978).

2.6. Clasificación de estomas

Pant en 1965, propuso una clasificación de estomas con base en su ontogenia, y reconoce tres categorías"

1. Estoma mesógeno: Las células subsidiarias tienen un mismo origen que las células guarda, desarrollándose del mismo meristemo.
2. Estoma perígeno: Todas las células circundantes o subsidiarias derivan independientemente de la célula madre de las células guarda, la cual se divide sólo una vez para formar las dos células guarda.
3. Estoma mesoperígeno: Las células circundantes son de origen dual; al menos una de estas células es de origen mesógeno y las otras son de origen perígeno.

Las diferencias en la terminología entre la clasificación de tipo morfológico y tipo ontogénico de estomas, motivaron a Fryns-Claessens y Van Cotthem (1973), para proponer una clasificación en la cual utilizan una serie de términos como prefijo para indicar la naturaleza del estoma adulto, seguido por un sufijo que indica el grupo ontogénico al cual pertenece (perígeno, mesoperígeno, mesógeno). Reconocen los siguientes 26 tipos ontogénicos de estomas:

A ESTOMAS PERIGENOS

- | | |
|------|-----------------------------------|
| Tipo | 1 = aperígeno |
| | 2 = monoperígeno |
| | 3 = diperígeno |
| | 4 = tetraperígeno |
| | 5 = hexaperígeno |
| | 6 = poliperígeno (ciclioperígeno) |

B ESTOMAS MESOPERIGENOS

- | | |
|------|---------------------------|
| Tipo | 7 = anomo-mesoperígeno |
| | 8 = dia-mesoperígeno |
| | 9 = hemipara-mesoperígeno |
| | 10 = eupolo-mesoperígeno |
| | 11 = copolo-mesoperígeno |
| | 12 = aniso-mesoperígeno |
| | 13 = stauro-mesoperígeno |
| | 14 = ciclo-mesoperígeno |
| | 15 = para-mesoperígeno |

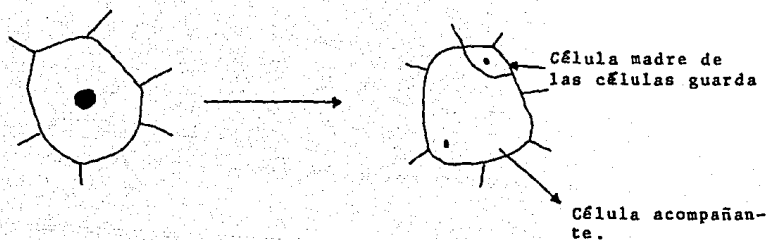
C ESTOMAS MESÓGENOS

Tipo	16 = desmo-mesógeno
	17 = euperi-mesógeno
	18 = coperi-mesógeno
	19 = duploperi-mesógeno
	20 = dfa-mesógeno
	21 = para-mesógeno
	22 = ciclo-mesógeno
	23 = alelo-mesógeno
	24 = aniso-mesógeno
	25 = helico-mesógeno
	26 = tetra-mesógeno

2.7. Características generales de estomas en el género Solanum

Son de origen anomo-mesoperígeno, de lo que resulta, la formación de estomas anomocíticos (Tognini, 1879 en Fryns-Claessens, and Van Cotthem, 1973), en los cuales, las células guarda están rodeadas únicamente por células subsidiarias que no difieren en forma de las células epidérmicas.

Para la formación del estoma en Solanum, la célula meristemática se divide en dos células de diferente tamaño, de las cuales, la grande se convierte en una célula acompañante y la pequeña actúa como una célula madre de las células guarda; la primera división de la célula meristemática es curvada, obteniéndose en una esquina una pequeña célula madre de forma más o menos triangular (Figura 1).



Célula meristemática
estomatal

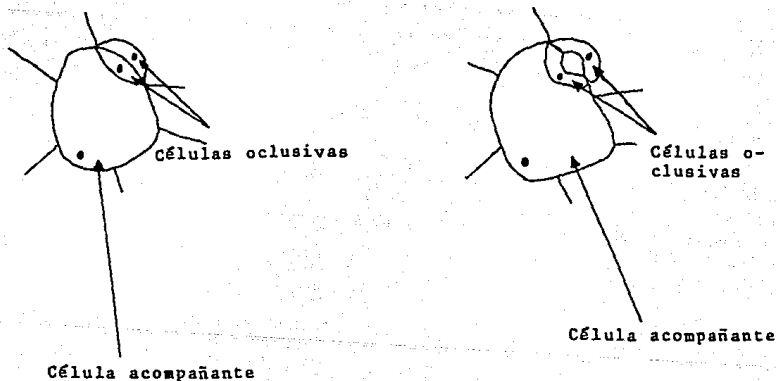


Fig. 1. Formación del estoma en el género Solanum.

Tomado de: Fryns-Claessens, et al. 1973.

III. OBJETIVO

Determinar en hojas de Solanum cardiophyllum Lindl., la forma, longitud de estomas e índice estomático.

IV. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y los invernaderos del Centro de Botánica del Colegio de Postgraduados en Chapingo, México.

Se llevó un registro diario de la temperatura máxima y mínima durante el tiempo de desarrollo morfológico de los folíolos estudiados, utilizando en el invernadero un termómetro de máxima y mínima y para campo se utilizaron datos tomados por el Meteorológico de la Universidad Autónoma Chapingo.

4.1. Material Biológico

Se utilizaron tubérculos de un clon de Solanum cardiophyllum Lindl., con el cual se ha venido trabajando en dicho laboratorio desde 1983.

El estudio se llevó a cabo bajo dos condiciones experimentales de crecimiento: maceta invernadero y maceta campo. La determinación de las variables estudiadas se llevó a cabo tanto en la superficie adaxial como abaxial del folíolo terminal de la 1a. y 3a. hojas compuestas, cuando éste alcanzó su máximo crecimiento en longitud.

Se seleccionaron 20 tubérculos de papita silvestre con brotes que oscilaban entre dos y cuatro centímetros de longitud. Cada tubérculo se sembró en forma manual cuidando que los brotes sobresalieran

ran del nivel del suelo, en recipientes de unisel de 8.5 cm de diámetro por 11 cm de altura. El suelo que se utilizó fue esterilizado con bromuro de metilo en dosis de 500 ml/ton. Este suelo se preparó mezclando tierra de monte y arena de río en una proporción de 2:1, dando una textura franco arenosa (según análisis hecho por el laboratorio de Física de Suelos del Centro de Edafología del Colegio de Postgraduados).

Del total de recipientes sembrados, se colocó la mitad (10 recipientes) en el invernadero y la otra mitad se colocó en condiciones de campo, procurando que los recipientes permanecieran a capacidad de campo, para evitar un déficit de agua.

Cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 15 cm se trasplantaron a macetas de plástico de 25 cm de diámetro superior por 25 cm de altura y una capacidad de 6 kg de suelo, manteniendo las también a capacidad de campo.

A los 25 días después de la siembra, el suelo se fertilizó con la siguiente fórmula: 120 - 80 - 60, utilizando: nitrato de amonio, superfosfato triple y cloruro de potasio, respectivamente.

Se numeraron las hojas de la parte inferior a la parte superior del dosel. Para conocer el momento en que el foliolo terminal de la primera y tercera hojas alcanzó su máximo crecimiento en longitud, se determinó su cinética de crecimiento, midiendo su longitud con una regla graduada en mm, cada tercer día a partir del momento en que fue posible determinar su longitud sin que se le pudiera causar algún daño mecánico.

4.2. Variables que se determinaron:

- Longitud de Estomas
- Distribución de Estomas
- Índice estomático.

Estas variables se determinaron en una forma directa en los folíolos de las hojas estudiadas (1a. y 3a. hojas) y en las dos condiciones ambientales, utilizando la técnica de impresión, una vez que las hojas alcanzaron su máxima longitud.

4.3. Descripción de técnicas

4.3.1. Impresión de epidermis.

Una vez que el folíolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas alcanzaron la máxima longitud, se procedió a la realización de las impresiones de epidermis.

Para esto se utilizó el método de réplica propuesta por E. Mark Engleman (Sevilla, 1983), que se describe a continuación:

1. Desprender cuidadosamente el folíolo de la hoja.
2. Cortar con una navaja el folíolo, desde la base hasta el ápice, a lo largo de la nervadura central, para obtener de esta manera, dos secciones.

3. Sobre un portaobjetos previamente etiquetado con los siguientes datos: fecha, número de hoja y superficie, colocar dos gotas de pegamento comercial instantáneo, Krazy, kola loka cuyo componente principal es el citado acrilato, y extender a lo largo del mismo poniéndose la sección del foliolo sobre la superficie abaxial y presionando ligeramente.
4. Transcurridos unos segundos, levantar el segmento del foliolo. De esta manera se obtiene una réplica de la epidermis.
5. Proceder de la misma forma para obtener las réplicas de la superficie adaxial de los folíolos (Figura No. 2).

Obtenidas las impresiones, se seleccionaron ocho de la superficie abaxial y ocho de la superficie adaxial, para cada una de las hojas estudiadas (32 preparaciones para el lote en invernadero y 32 para el lote en condiciones de campo).

Las impresiones fueron entonces divididas a lo largo en tres zonas: 1) base, 2) parte media y 3) ápice, como se muestra en la Figura No. 3,

4.3.2. Determinación de longitud de estomas

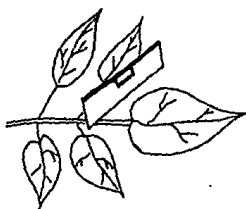
Se obtuvo la longitud de las células guarda de ocho impresiones de la superficie adaxial y ocho de la superficie abaxial, para cada una de las hojas estudiadas. De cada zona, (base, media y ápice) se midieron 30 estomas. Estas mediciones se efectuaron con un microscopio óptico (American Optical) utilizando el objetivo de 40/.66 y un mi-

crómetro ocular previamente calibrado con un micrómetro objetivo.

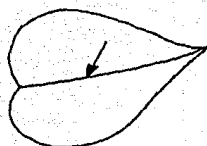
4.3.3. Determinación de la distribución de estomas

Para la realización de este punto, se utilizó un microproyector (American Optical 1801) el cual fue calibrado con un micrómetro objetivo y el objetivo 20/.50, de tal manera que en una hoja blanca se dibujó un cuadro equivalente a 0.5 mm^2 .

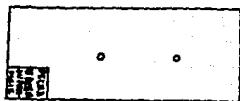
Sobre este cuadro se proyectó la imagen de la epidermis y se procedió a efectuar el conteo de estomas y células epidérmicas. Posteriormente se realizó la conversión para obtener el número de células por mm^2 .



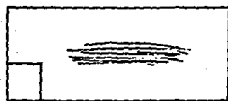
1. Desprender el foliolo



2. Cortar a lo largo de la nervadura central



3. Colocar 2 gotas de pegamento



Extender el pegamento



4. Colocar el segmento del foliolo y presionar



Al desprender el segmento se obtiene la impresión de epidermis.

Fig. 2. Técnica utilizada para la obtención de impresiones de epidermis, propuesta por E. Mark Engleman (Sevilla, 1983), y por la M.C. Petra Yáñez (comunicación personal).

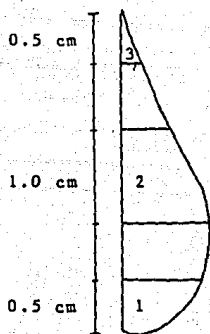


Fig.3. Divisiones efectuadas sobre las impresiones de epidermis para realizar el estudio microscópico:1)base, 2)media,3)ápice.

4.3.4. Determinación del índice estomático

La relación entre el número de estomas por unidad de área (S) y el número de células epidérmicas (E) en la misma unidad de área, es definida como índice estomático.

$$I.E. = (S/E + S) \times 100$$

Esta relación fue propuesta por Salisbury en 1927 (Tichá, 1982). De tal manera que, al utilizar los datos de frecuencia de células estomáticas y de células epidérmicas, se obtuvo el valor del índice estomático.

4.4. Diseño experimental

El experimento se analizó como un diseño completamente al azar, haciendo análisis de varianza y prueba de Tuckey en cada una de las variables estudiadas. Asimismo, se hicieron comparaciones entre las dos hojas estudiadas (1a. y 3a.) en las dos condiciones ambientales (invernadero y campo) y también se hicieron comparaciones del haz y el envés de cada una de las hojas.

V.. RESULTADOS

En la Figura 4 se muestran las temperaturas máxima y mínima registradas dentro y fuera del invernadero. Cada punto representa el promedio de 3 días. Se observa que el promedio de temperatura máxima y mínima dentro del invernadero fueron 28.76°C y 4.2°C respectivamente y en condiciones de campo las temperaturas promedio fueron: 25.66°C (máxima) y 3.189°C (mínima).

5.). Cinética de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas, crecidas en condiciones de maceta invernadero y maceta campo.

Los resultados se muestran en la Figura 5 y se puede observar que la máxima longitud del foliolo terminal en las dos hojas estudiadas (1a. y 3a.), se alcanzó a los 40 días después de efectuada la siembra bajo las dos condiciones de crecimiento (maceta invernadero y maceta campo). También se puede observar que el patrón de crecimiento en estas dos condiciones fue muy similar y la máxima longitud alcanzada por los foliolos, en promedio fue de 2, 4 cm (Apéndice 1).

Esta máxima longitud de los foliolos, se tomó como un criterio de "madurez" para la toma de muestras y realizar las determinaciones de longitud, distribución e índice estomático propuestas en este trabajo.

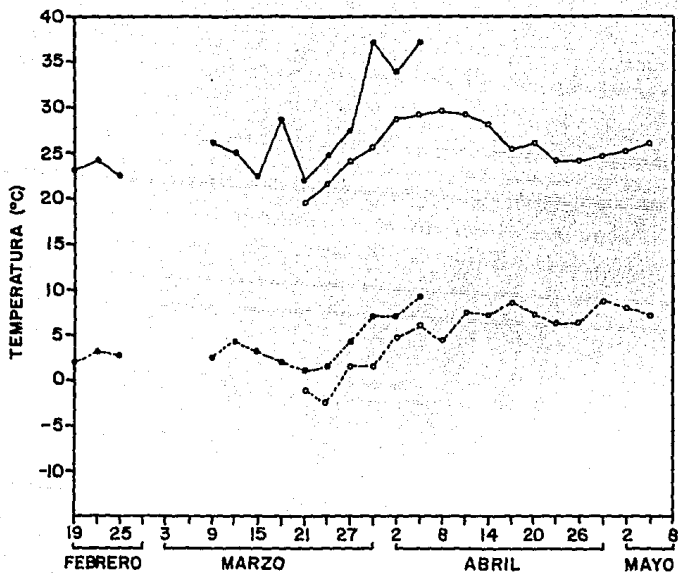


FIG. 4. Patrón de temperaturas máximas y mínimas presentes en condiciones de campo (o) e invernadero (·). Año 1986.

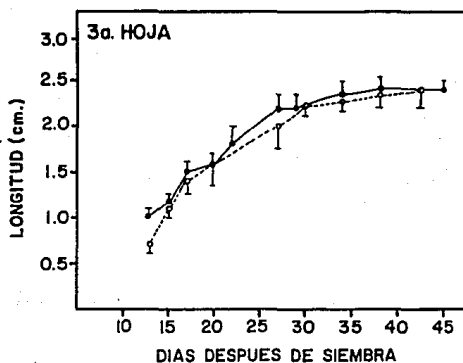
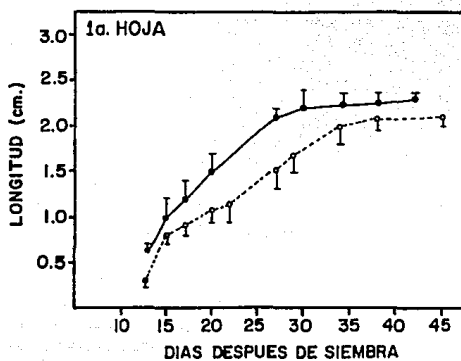


FIG. 5. Cinética de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de plantas de *Solanum cardiophyllum* Lindl. crecidas en condiciones de maceta invernadero (-) y maceta campo (o). Cada punto es la media de 10 repeticiones \pm el error estándar.

5.2. Longitud de los Estomas

La Figura 6 muestra la longitud de estomas de la superficie adaxial y abaxial de los folíolos terminales de la 1a. y 3a. hojas, a lo largo de las tres secciones estudiadas (base, media y ápice) bajo condiciones de crecimiento (maceta invernadero y maceta campo).

Se puede observar que la longitud de estomas de los dos folíolos de la primera y tercera hojas, crecidos en condiciones de maceta campo fue menor que la longitud de estomas de los dos folíolos crecidos en condiciones de maceta invernadero en las dos superficies de los folíolos (adaxial y abaxial) así como en las tres secciones estudiadas (base, media y ápice).

También se puede observar en general que hay una tendencia hacia la disminución en la longitud de estomas de la base al ápice, aunque no en todos los casos esta disminución es estadísticamente significativa. Pero lo que sí se pudo demostrar en la mayoría de los casos es que la longitud de estomas de la sección del ápice y la de la base son significativamente diferentes, en las dos condiciones de crecimiento y para los dos folíolos estudiados (ver Cuadro 2 del Apéndice) y Figura 7.

Además se aprecia en las Figuras que en la 3a. hoja la longitud de los estomas fue menor que en el folíolo terminal de la 1a. hoja, tanto en las 2 superficies como para las 2 condiciones de crecimiento.

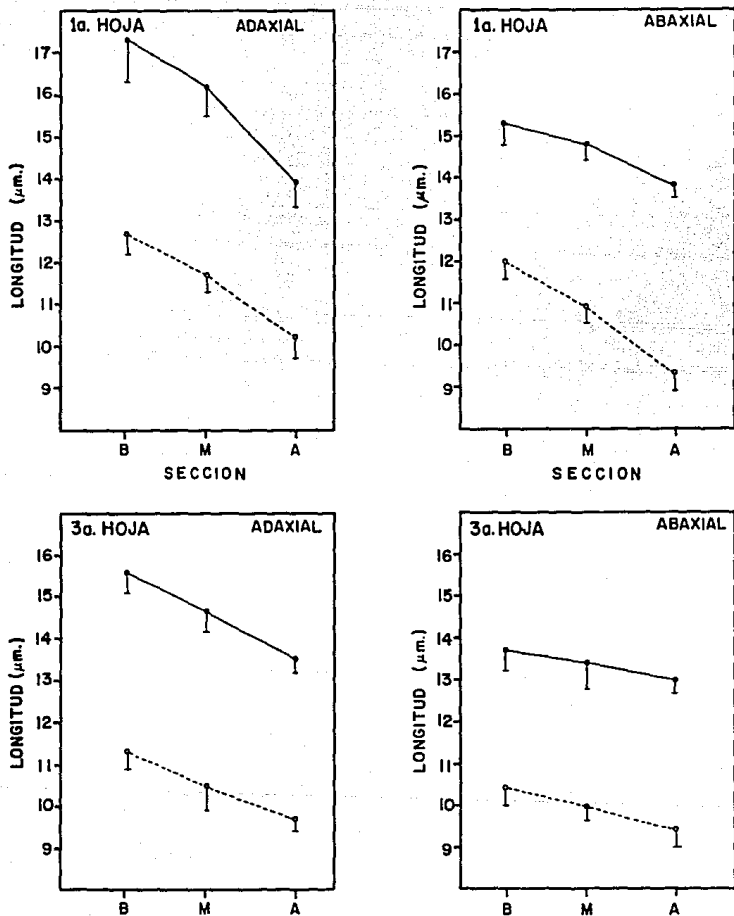
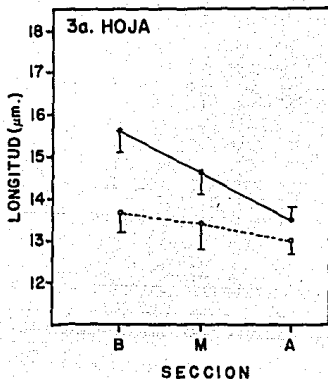
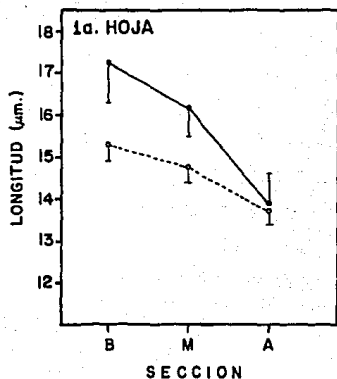


FIG. 6. Longitud de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de *Solanum cardiophyllum* en las superficies adaxial y abaxial. Las letras indican las secciones estudiadas: B = Base, M = Media, A = Apice, en condiciones de maceta invernadero (—) y maceta campo (---). Cada punto es la media de 80 repeticiones \pm error standar

INVERNADERO



CAMPO

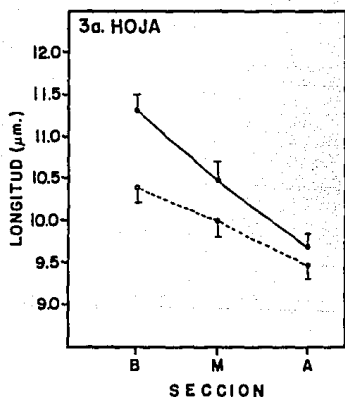
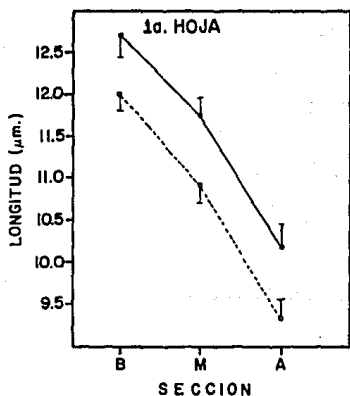


FIG. 7. Longitud de estomas en el foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de *Solanum cardiophyllum* L. en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Las letras indican las secciones estudiadas: B - Base, M = Media, A - Apice, de las superficies adaxial (—) y abaxial (---). Cada punto es la media de 80 repeticiones \pm Error standar.

5.3. Frecuencia de estomas

La Figura 8 muestra los resultados obtenidos de la frecuencia estomática por mm^2 de los dos folíolos estudiados, bajo las dos condiciones de crecimiento (maceta invernadero y maceta campo). Se puede observar en general que la superficie abaxial en las dos condiciones estudiadas, presentó mayor frecuencia estomática en las tres secciones (base, media y ápice). También se aprecia que la frecuencia estomática aumenta gradualmente de la base al ápice del folíolo. Al comparar cada una de las secciones, se encontró que en todos los casos la frecuencia estomática es estadísticamente diferente entre la base y el ápice del folíolo (ver Cuadro 3 del Apéndice).

También se encontró que la frecuencia estomática en condiciones de invernadero fue menor que la frecuencia encontrada en condiciones de campo para cada una de las secciones en las dos superficies estudiadas (adaxial y abaxial) (ver Figura 9).

INVERNADERO

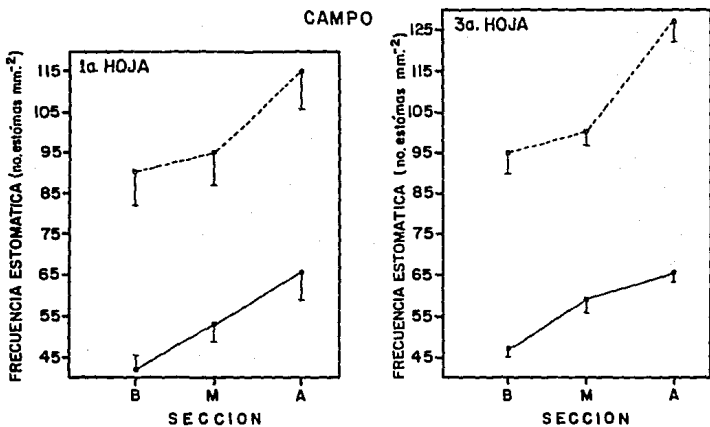
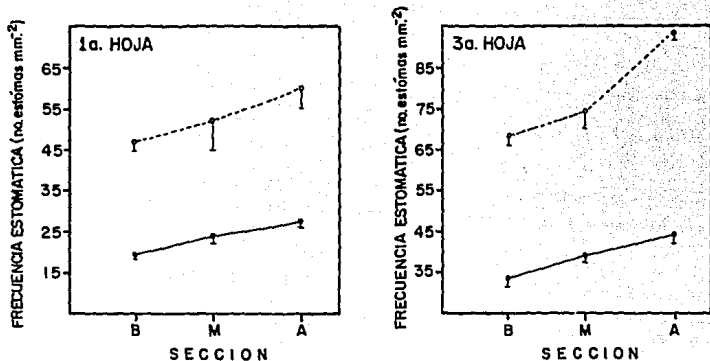


FIG. 8. Frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de *Solanum cardiophyllum* L. en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Las letras indican las secciones estudiadas: B = Base; M = Media, A = Apice, de las superficies adaxial (—) y abaxial (---). (Cada punto es la media de 80 repeticiones \pm error standar.

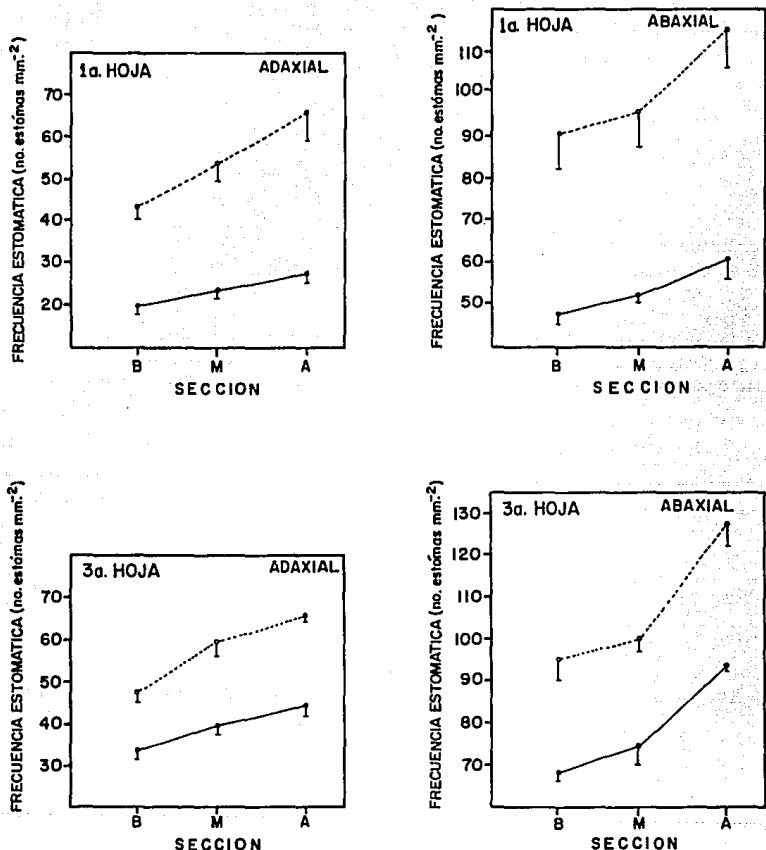


FIG. 9. Frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de *Solanum cardiophyllum* L. en las superficies adaxial y abaxial. Las letras indican las secciones estudiadas: B=Base, M=Media, A=Apice. En condiciones de maceta invernadero (-) y maceta campo (—). Cada punto es la media de 80 repeticiones. \pm error estándar.

5.4. Índice Estomático

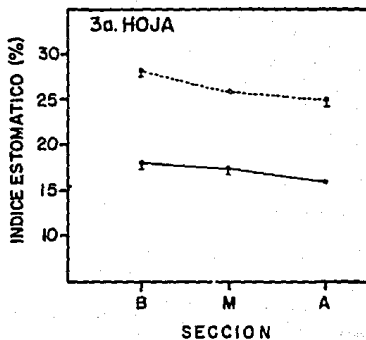
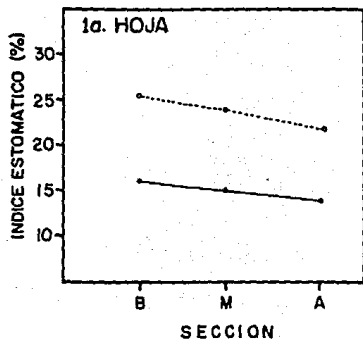
En la Figura 10 se muestran los resultados del índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas bajo las dos condiciones de crecimiento (maceta invernadero y maceta campo) y en las dos superficies de los folíolos (adaxial y abaxial).

Se puede observar claramente que el índice estomático de la superficie abaxial es mayor y significativamente diferente que el índice estomático de la superficie adaxial bajo las dos condiciones de crecimiento y en las dos hojas estudiadas (primera y tercera).

Al comparar las tres secciones en que se dividió el foliolo, no se encontró alguna diferencia clara o tendencia del índice estomático (Figura 11).

En la superficie abaxial del primer y tercer foliolo no se encontró significancia para ninguno de los dostratamientos, de tal manera que en condiciones de maceta invernadero el valor promedio de índice estomático de la superficie abaxial es 25.279 y en condiciones de maceta campo para la misma superficie el valor de índice estomático promedio es 23.462 para las 2 hojas estudiadas (ver Cuadro 4 del Apéndice).

INVERNADERO



CAMPO

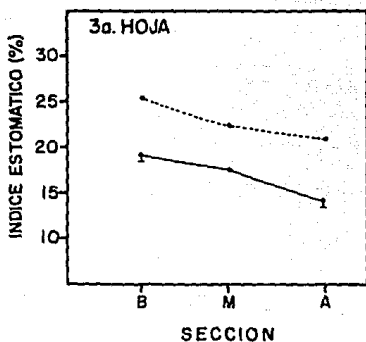
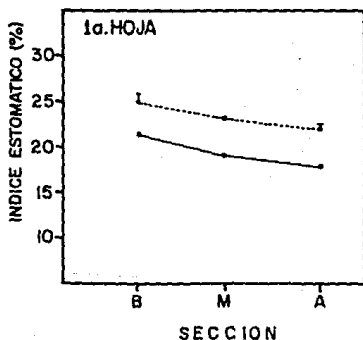


FIG. 10. Índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas, de *Solanum cardiophyllum* L. en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Las letras indican las secciones estudiadas: B = Base, M = Media, A = Apice de las superficies adaxial (—) y abaxial (---).

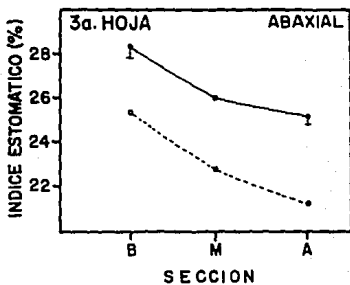
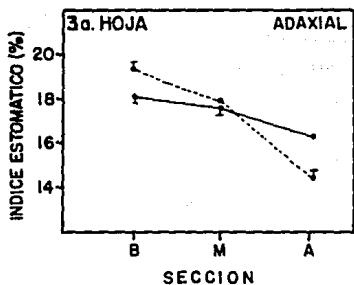
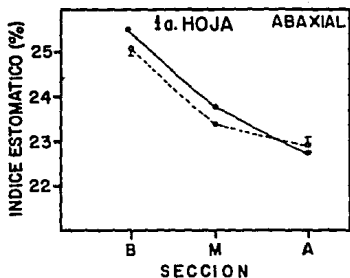
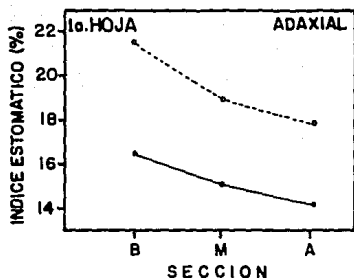


FIG. 11. Índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de *Solanum cardiophyllum* L. en las superficies adaxial y abaxial. Las letras indican las secciones estudiadas: B = Base, M = Media, A = Apice, en condiciones de maceta invernadero (—) y maceta campo (---).

5.5. Forma

Los estomas de Solanum cardiophyllum Lindl. son anomocíticos, y su característica es que las células guarda están rodeadas por células subsidiarias que no difieren en forma de las células epidérmicas.

A continuación se muestran algunas impresiones de epidermis de la superficie abaxial del foliolo terminal de la 1a. y 3a. hojas en condiciones de maceta invernadero y maceta campo.



Fig.12. Impresiones de epidermis dónde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de *Solanum cardiophyllum* L., crecidas en condiciones de maceta invernadero, superficie abaxial.



Fig.13. Impresiones de epidermis donde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum L., crecidas en condiciones de maceta campo, superficie abaxial.



Fig.14. Preparaciones histológicas teñidas con verde rápido, rojo congo y azul de toluidina, donde se muestran los estomas de la primera y tercera hojas de *Solanum cardiophyllum* L. crecidas en condiciones de maceta invernadero, superficie abaxial.



Fig.15. Preparación histológica teñida con rojo congo, donde se muestra un estoma de la primera hoja de Solanum cardiophyllum L. crecida en condiciones de maceta campo, superficie abaxial.

VI. DISCUSION

Para determinar la longitud, frecuencia e índice estomático propuestos en el objetivo de este trabajo, primeramente se estableció un estudio mediante el cual los parámetros estudiados no presentaron cambios. Este criterio se estableció como el momento en el cual la longitud de los folíolos terminales estudiados fue máxima, es decir, un estado de desarrollo desde el punto de vista morfológico, completo. Esta máxima longitud alcanzada por los folíolos, como se puede observar en la Figura 2, en promedio fue la misma (2.4 cm) para las dos hojas estudiadas (1a. y 3a.) y bajo las dos condiciones de crecimiento (maceta invernadero y maceta campo).

Una vez que los folíolos terminales alcanzaron su máxima longitud, se procedió a la obtención de las impresiones de epidermis con las que se realizó la determinación de las variables antes señaladas (longitud, frecuencia e índice estomático), en relación a las cuales se han realizado en otras especies algunos estudios, ya que se consideran importantes de analizar las relaciones agua-planta (Figueroa y Pérez, 1988).

Tenemos por ejemplo el trabajo realizado por Miskin y Rasmusson, (1970) donde reportan para cebada una frecuencia estomática promedio de 64 estomas/mm² (intervalo 36-90 estomas), y una longitud de células guarda ubicada entre 41 a 56 μ , para la superficie abaxial.

Ciña y Brun (1975), encontraron en plantas de soya que la frecuencia promedio de estomas en la superficie adaxial fue 130 (intervalo 81-174) estomas mm^{-2} , en la superficie abaxial: 316 (intervalo 242 a 345) estomas mm^{-2} y reportan que la longitud media de las células guarda fue 21.9 y 20.4 μ para la superficie adaxial y abaxial respectivamente.

Figueroa y Pérez (1988), reportan que en hojas de pepino el número de estomas se ubica entre 363 a 461 estomas mm^{-2} .

Por otro lado, Maeda y Lira (1988), trabajaron con algodónero bajo 2 condiciones de crecimiento: en ambientes salino y no salino, encontrando para el primero una frecuencia de 19 y 6.9 estomas mm^{-2} para la superficie abaxial y adaxial respectivamente; el tamaño de los estomas se ubicó entre 512.9 y 525.3 μm^2 , mientras que en las plantas crecidas en ambiente no salino se obtuvo una frecuencia estomática de 20.5 y 7.6 estomas mm^{-2} para la superficie abaxial y adaxial respectivamente y el tamaño de los estomas se reportó entre 505.1 a 512.8 μm^2 .

Dwelle, Hurley y Pavek (1983), reportan para Solanum tuberosum una frecuencia de estomas que va de 4 a 35 para la superficie adaxial, mientras que para la superficie abaxial el número de estomas mm^{-2} se encuentra ubicado en un intervalo de 130 a 161.

Los resultados obtenidos en este trabajo son los siguientes: Para las plantas crecidas en condiciones de maceta invernadero, en la 1a. hoja, superficie adaxial la longitud y frecuencia estomática en promedio fue 15.849 μ m y 23.16 estomas mm^{-2} respectivamente; en la superficie abaxial los valores promedio fueron 14.692 μ m y 52.916 esto-

mas mm^{-2} para la longitud y frecuencia. En la 3a. hoja, superficie adaxial, la longitud y frecuencia de estomas en promedio fue $14.636\mu\text{m}$ y 38.833 estomas mm^{-2} respectivamente; en la superficie abaxial los valores promedio fueron $13.421\mu\text{m}$ y 78.333 estomas mm^{-2} para la longitud y frecuencia (en ese orden).

Para las plantas crecidas en condiciones de maceta campo, en la 1a. hoja, superficie adaxial, la longitud y frecuencia de estomas en promedio fue $11.593\mu\text{m}$ y 53.5 estomas mm^{-2} respectivamente; en la superficie abaxial los valores promedio fueron $10.806\mu\text{m}$ para longitud y 100.166 estomas mm^{-2} para frecuencia. En la 3a. hoja superficie adaxial la longitud y frecuencia estomática en promedio fue $10.52\mu\text{m}$ y 57.166 estomas mm^{-2} respectivamente; en la superficie abaxial los valores promedio fueron $10.015\mu\text{m}$ para longitud y 107.333 estomas mm^{-2} para frecuencia (ver Cuadro 5 del Apéndice).

Se puede observar claramente en todos los casos (superficies adaxial y abaxial; condiciones de maceta invernadero y maceta campo), que la longitud es menor en la tercera hoja, y que por el contrario, la frecuencia estomática fue mayor, comparándose con la 1a. hoja (ver Cuadros 6, 7, 8 y 9 del Apéndice).

Este mismo patrón fue reportado por Miskin y Rasmosson (1970), ya que señalan que la frecuencia de estomas decrece progresivamente de la hoja bandera a las hojas inferiores de plantas de cebada.

Shearman y Beard (1972), en un trabajo realizado con Agrostis, reportan que las hojas superiores presentaban más estomas que las hojas inferiores.

Meidner y Mansfield (1968), mencionan que hay una tendencia de encontrar estomas más pequeños y en mayor número por unidad de área en - hojas insertadas en la parte superior del tallo que en las insertas en la parte inferior del mismo.

En cuanto a las superficies estudiadas se encontró que la superficie abaxial, siempre presentó una mayor frecuencia de estomas por unidad de área, que la superficie adaxial.

Esto coincide con trabajos realizados por varios autores para otras especies como Cutter (1969); Cihra y Brun (1975); Meidner y Mansfield (1968); Maeda y Lira (1978) y Sevilla Romero (1983); esta última señala además que la frecuencia de estomas en frijol tiende a aumentar de la base al ápice de la hoja, cosa que también sucedió en el presente estudio.

La frecuencia de estomas siguió un patrón bien definido, siempre fue mayor en la parte apical de la hoja (ver Cuadros 10 y 11 del Apéndice), mientras que la longitud de estomas en todos los casos, fue menor en la parte apical, es decir hay una relación inversa entre frecuencia y longitud de estomas, tal como lo señalan Meidner y Mansfield (1968), al mencionar que hay una tendencia de los estomas a ser más pequeños cuando son más numerosos.

Estos autores (Meidner y Mansfield, 1968) dicen que el número de estomas por unidad de área no únicamente varía entre especies, sino también dentro de la misma especie, dependiendo de la influencia de los factores ambientales durante el crecimiento.

En relación a lo anterior se observó en todos los casos (1a. y 3a. hojas, superficie adaxial y abaxial), que la longitud de estomas siempre fue mayor en las hojas de las plantas crecidas en condiciones de maceta campo.

En la Figura 4 se observa que la temperatura ambiental del invernadero fue siempre mayor que la temperatura ambiental externa, al momento de efectuarse el presente trabajo. Por lo que podemos inferir que un aumento de temperatura afecta la longitud y frecuencia de estomas en Solanum cardiophyllum Lindl.

Ciha y Brun (1975), encontraron en soya que el incremento de temperatura causó una disminución de la frecuencia estomática por unidad de área en la superficie abaxial.

En relación al índice estomático, tenemos que para Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta invernadero el índice estomático de la superficie abaxial fue 25.279 y en condiciones de maceta campo para la misma superficie el índice estomático fue 23.462 para las dos hojas estudiadas (1a. y 3a.).

Ambos valores son superiores a los reportados por Palta y Li (1979), quienes trabajaron con algunas especies del género Solanum y para Solanum tuberosum indican que el índice estomático se ubicó entre 8.8 y 18.8 en la superficie abaxial. Estos autores trabajaron con 7 cultivares de Solanum tuberosum y señalan que el índice estomático varía aún dentro de una misma especie.

Todos estos resultados hacen suponer que la papita güera (Solanum

cardiophyllum Lindl.) presenta cierta plasticidad, es decir, que puede presentar cambios morfológicos debido a cambios en las condiciones ambientales, como en este caso: la temperatura. Sin embargo, es conveniente realizar otros estudios para comprobar esta hipótesis.

VII. CONCLUSIONES

- La longitud de estomas es mayor en la superficie adaxial en comparación con los estomas que se localizan en la superficie abaxial.
- En todos los casos, la longitud de estomas es mayor en la base del foliolo, que en su ápice,
- La frecuencia estomática presenta un patrón inverso a la longitud; es decir, el número de estomas mm^{-2} es mayor en la superficie abaxial, mientras que la longitud es menor en la superficie abaxial. Esto es para la parte apical del foliolo.
- Estas dos características (longitud y Frecuencia), están influenciadas por la posición de las hojas en la planta, así como por las condiciones ambientales ($T^{\circ}\text{C}$).
- El índice estomático es diferente en cada una de las superficies estudiadas (adaxial y abaxial). Sin embargo, no se ve afectado por las condiciones ambientales, ni por la posición de la hoja en la planta, por lo que tenemos que para la superficie abaxial el índice estomático fue 25.279 y 23.462 para plantas crecidas en condiciones de maceta invernadero y maceta campo respectivamente.

VIII. A P E N D I C E

CUADRO A-1. Cinéticas de crecimiento del foliolo terminal de la primera y tercera hojas en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones.
 $S\bar{x}$ = Error Estándar.

Número de Mediciones	INVERNADERO				CAMPO			
	Número de hoja				Número de hoja			
	1a.		3a.		1a.		3a.	
	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$
1	0.328	0.0064	1.064	1.142	0.652	0.078	0.733	0.0927
2	0.800	0.186	1.181	0.121	1.001	0.227	1.115	0.1729
3	0.936	0.183	1.536	0.1469	1.208	0.262	1.389	0.152
4	1.075	0.179	1.575	0.1697	1.530	0.1174	1.562	0.254
5	1.131	0.217	1.836	0.2022				
6	1.533	0.214	2.044	0.210	2.097	0.1994	2.2	0.137
7	1.700	0.246	2.203	0.186	2.196	0.120	2.227	0.160
8	2.018	0.1816	2.309	0.1618	2.225	0.1523	2.409	0.130
9	2.130	0.169	2.353	0.1849	2.318	0.1252	2.43	0.116
10	2.170	0.178	2.401	0.1260	2.337	0.0856	2.460	0.197

Cuadro A-2. Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de longitud de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum Lindl. en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Grado de significancia = 0.05

Sección	INVERNADERO				CAMPO			
	1a. hoja		3a. hoja		1a. hoja		3a. hoja	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
Base	A	A	A	A	A	A	A	A
Media	A B	A	A	A B	B	A	B	A
Apice	B	A	B	B	C	A	C	B

CUADRO A-3. Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de frecuencia estomática del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum Lindl.; en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo. Grado de significancia = 0.05.

Sección	INVERNADERO				CAMPO			
	1a. hoja		3a. hoja		1a. hoja		3a. hoja	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
Base	A	A	A	A	A	A	A	A
Media	A B	A	A	B	A B	A B	A B	B
Apice	B	A	B	B	B	B	B	B

CUADRO A-4. Resultados obtenidos al aplicar la prueba de Tuckey a los datos de índice estomático del foliolo terminal de la primera y tercera hojas de Solanum cardiophyllum Lindl.; en las dos superficies y en condiciones de maceta invernadero y maceta campo.

Grado de significancia = 0.05

	INVERNADERO				CAMPO			
	1a. hoja		3a. hoja		1a. hoja		3a. hoja	
	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial	Adaxial	Abaxial
Base	A	A	A	A	A	A	A	A
Media	B	A	A	B	B	B	A	A
Apice	B	A	B	C	B	B	A	A

CUADRO A-5 Resultados de longitud y frecuencia de estomas

Variable determinada	MACETA INVERNADERO							
	1a. Hoja				3a. Hoja			
	Superficie adaxial	Rango	Superficie abaxial	Rango	Superficie adaxial	Rango	Superficie abaxial	Rango
Longitud promedio (μm)	15.840	(13.951 - 17.358)	14.692	(13.873 - 15.319)	14.636	(13.518 - 15.687)	13.421	(13.045 - 13.740)
Frecuencia promedio # estomas mm^{-2})	23.16	(19.5 - 27)	52.916	(47.25-60)	38.833	(33.5-44)	78.333	(68-93)
Variable determinada	MACETA CAMPO							
	1a. Hoja				3a. Hoja			
	Superficie adaxial	Rango	Superficie abaxial	Rango	Superficie adaxial	Rango	Superficie abaxial	Rango
Longitud promedio (μm)	11.593	(10.256 - 12.724)	10.806	(9.385 - 12.097)	10.52	(9.727 - 11.348)	10.015	(9.53 - 10.443)
Frecuencia promedio # estomas mm^{-2})	53.5	(42-65.5)	100.166	(90.5-115)	57.166	(47-65.5)	107.333	(95-127)

CUADRO A-6. Longitud de estomas en μm del foliolo terminal de la primera hoja compuesta de Solanum cardiophyllum Lindl.; en condiciones de maceta invernadero. $S\bar{x}$ = Error estándar.

Número de Planta	A D A X I A L						A B A X I A L					
	Base		Media		Apice		Base		Media		Apice	
	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$
1	17.568	1.469	16.832	0.278	14.517	0.463	15.569	0.288	15.885	0.761	13.044	0.148
2	18.936	0.612	16.726	0.367	13.91	0.113	15.885	0.104	13.676	0.218	13.255	0.761
3	17.042	2.082	16.506	1.793	13.255	0.608	16.726	0.542	15.885	0.761	13.781	0.061
4	16.621	0.2011	17.252	1.023	14.202	1.132	14.938	1.732	13.676	0.218	13.886	0.244
5	17.147	1.601	15.464	0.465	14.833	0.411	15.043	0.113	15.042	0.287	13.781	0.498
6	17.778	0.673	16.005	1.251	13.044	1.198	14.728	0.874	14.307	0.454	14.412	0.026
7	16.621	0.507	15.354	0.323	14.202	0.831	14.833	0.061	15.254	1.049	14.517	0.507
8	17.147	1.338	15.885	0.761	13.570	0.936	14.833	0.323	15.359	0.148	14.307	0.454
\bar{x}	17.358		16.240		13.951		15.319		14.885		13.873	

CUADRO A-7. Longitud de estomas en μm , del foliolo terminal de la tercera hoja compuesta de Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta invernadero. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{x}$ = Error estándar.

Número de planta	A D A X I A L						A B A X I A L					
	Base		Media		Apice		Base		Media		Apice	
	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$
1	15.78	0.874	13.781	0.323	13.044	0.104	13.781	0.236	13.676	0.918	12.834	0.069
2	14.438	0.244	14.202	0.743	12.729	0.279	14.622	0.367	13.570	0.673	12.413	0.463
3	16.832	0.656	15.78	1.137	14.307	0.274	14.517	0.507	13.044	0.279	12.729	0.323
4	14.833	1.679	15.464	1.251	13.991	0.376	14.307	0.454	13.255	1.198	12.918	0.411
5	15.569	0.288	14.622	0.979	13.570	0.454	12.438	1.119	13.886	0.463	13.15	0.043
6	15.885	0.104	15.78	0.787	12.834	1.163	12.517	1.557	14.307	0.061	13.329	0.585
7	16.726	0.542	14.055	0.673	13.360	0.069	14.202	0.218	13.570	0.148	12.918	0.411
8	14.938	1.732	13.95	0.897	14.307	0.411	13.043	0.376	12.518	0.629	13.676	0.087
\bar{x}	15.687		14.704		13.518		13.740		13.478		13.045	

CUADRO A-8. Longitud de estomas en μm , del foliolo terminal de la primera hoja compuesta de Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{x}$ = Error estándar.

Número de planta	A D A X I A L						ABAXIAL					
	Base		Media		Apice		Base		Media		Apice	
	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$
1	13.413	0.201	13.500	0.093	11.572	0.524	13.851	0.233	11.922	0.618	10.52	0.
2	13.851	0.373	12.448	0.408	10.52	1.458	14.026	0.408	12.799	0.338	11.966	0.272
3	12.799	0.898	11.484	0.959	10.309	1.469	13.15	0.279	1.835	0.376	9.873	0.813
4	13.325	0.443	12.624	0.699	10.651	0.138	12.887	0.656	11.572	0.209	9.073	1.479
5	11.659	0.854	10.870	0.478	10.651	0.430	9.555	0.539	9.029	0.819	7.101	0.145
6	11.922	1.143	10.492	0.259	9.678	0.376	10.169	1.528	8.766	0.303	7.995	0.148
7	12.729	0.585	12.203	1.154	9.731	0.495	10.835	0.551	11.151	0.936	9.073	0.838
8	12.098	0.743	10.835	0.244	8.942	0.831	12.308	0.332	10.414	0.585	9.573	0.542
\bar{x}	12.724		11.799		10.256		12.097		10.936		9.385	

CUADRO A-9. Longitud de estomas en μm , del foliolo terminal de la tercera hoja compuesta de Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta campo. Cada punto es la media de 10 repeticiones. $S\bar{x}$ = Error estándar.

Número de planta	A D A X I A L						ABAXIAL					
	Base		Media		Apice		Base		Media		Apice	
	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$	\bar{x}	$S\bar{x}$
1	10.204	0.944	9.513	0.279	7.575	0.506	9.731	0.726	8.416	0.804	7.364	0.480
2	10.414	0.585	10.204	0.201	8.680	0.414	9.994	0.349	10.257	0.096	8.731	0.736
3	11.361	0.463	9.152	2.169	9.888	0.411	9.643	0.443	9.643	0.338	8.547	0.546
4	10.625	0.236	9.678	0.288	9.205	0.262	9.643	1.668	9.556	0.819	8.810	0.663
5	11.677	0.585	11.046	0.306	10.388	0.371	10.783	0.271	11.221	0.338	10.414	0.192
6	12.308	0.201	11.572	0.218	11.835	0.495	10.695	0.198	10.607	0.224	10.309	0.069
7	11.572	0.087	11.151	0.498	9.336	0.604	11.221	0.233	9.818	0.443	10.52	0.408
8	12.624	0.349	11.572	0.306	10.914	0.080	11.835	0.145	11.046	0.279	11.57	1.045
\bar{x}	11.348		10.493		9.727		10.443		10.070		9.533	

CUADRO A-10. Frecuencia de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta invernadero.

Número de planta	1a. H O J A						3a. H O J A					
	ADAXIAL			ABAXIAL			ADAXIAL			ABAXIAL		
	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base
1	34	24	20	60	54	56	46	36	31	108	76	70
2	20	26	18	86	52	49	44	42	37	87	86	64
3	26	22	19	48	50	46	48	38	34	93	68	74
4	28	18	21	46	50	50	38	40	32	95	57	68
5	23	20	23	74	49	44	31	30	28	97	66	66
7	31	23	19	65	50	39	43	37	36	84	75	70
8	25	26	20	42	56	54	48	45	30	100	93	73
\bar{x}	27	23	19.5	60	51.5	47.25	44	39	33.5	93	74	68
S^2	20	8.285	4.287	223.142	5.714	37.928	48.857	23.714	16	87.857	129.714	24.285

CUADRO A-11. Frecuencia de estomas del foliolo terminal de la primera y tercera hojas compuestas de Solanum cardiophyllum Lindl., en condiciones de maceta campo.

Número de planta	1a. H O J A						3a. H O J A					
	ADAXIAL			ABAXIAL			ADAXIAL			ABAXIAL		
	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base	Apice	Media	Base
1	38	34	32	71	72	50	71	72	52	118	88	106
2	72	66	34	131	136	98	60	46	43	140	107	86
3	64	54	54	129	86	102	68	62	45	144	106	116
4	88	58	48	129	86	112	66	56	48	106	99	82
5	59	45	37	79	93	67	68	52	47	136	89	96
6	43	56	49	111	80	89	69	68	52	143	111	80
7	77	69	52	136	127	119	57	70	44	112	97	107
8	83	42	30	134	80	87	65	46	45	117	103	87
\bar{x}	65.5	53	42	115	95	90.5	65.5	59	47	127	100	95
S^2	327.714	143.7	94.571	671.142	550	524.28	22.571	110.857	12	234.571	70	178

BIBLIOGRAFIA

- ALFARO, M.C.; KOHASHI, S.J. 1976. Distribución de estomas en la primera hoja de plántulas de 4 razas de maíz. Agrociencia 24. Chapingo. pp. 3-9.
- BENAVIDES MEZA, H. 1984. Resistencia a la sequía XVI. Estudio preliminar de las relaciones agua planta en Solanun cardiophyllum Lindl. y Phaseolus vulgaris L. Tesis de Biólogo. UNAM.
- BIANCHINI, F. 1973. Frutos de la tierra; Atlas de plantas alimenticias. AEDOS: Barcelona. pp. 9-54.
- BONNER, J. and GALSTON, A.W. 1973. Principios de Fisiología Vegetal. Aguilar: España. pp. 100-122.
- CIHA, A.J. and Brun, W.A. 1975. Stomatal Size and frequency in soybeans Crop Science Vol. 15: pp. 309-313.
- CORREL, D.S. 1962. The potato and its wild relatives. Texas Research Foundation: Texas. 606 p.
- CUTTER, G.E. 1969. Plant Anatomy: Experiment and Interpretation. Part I. Addison-Wesley Publishing Company: London. pp. 80-87.
- DWELLE, R.B.; HURLEY, P.J. and PAVEK, J.J. 1983. Photosynthesis and Stomatal Conductance of Potato Clones. (Solanum tuberosum L.). Plant Physiol. 72. pp. 172-176.
- ESAU, K. 1976. Anatomía Vegetal. Omega: Barcelona. pp. 179-188.

- FAHN, A. 1978. Anatomía Vegetal. Blume: Madrid. pp. 191-203.
- FIGUEROA, C.B. y PEREZ, V.J. 1988. Determinación del tamaño y número de estomas en 4 genotipos de pepino. Memorias del XII Congreso Nacional de Fitogenética. Chapingo, Méx. p. 85.
- FLORES CRESPO, R. 1966. Importancia de la papita de monte (Solanum cardiophyllum). Agricultura Técnica II. (6): 288.
- FRYNS-CLAESSENS, E. and VAN COTTHEM, W. 1973. A new classification of Ontogenetic types of Stomata. Bot Rev. 39 (1): 71-138.
- GALINDO, A.J. 1982. La papita güera Naturaleza 13 (3): 175-180.
- GILL, W.T. and VEAR, K.C. 1965. Botánica Agrícola. ACRIBIA: Zaragoza. pp. 9-11, 235-248.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1980. Producción de papas. ALBATROS: Buenos Aires. pp. 9-11.
- KRAMER, J.P. 1983. Water Relations: Academic Press, New York. pp. 317-326.
- LARQUE-SAAVEDRA, A.; NAVA, T. and TREJO, C. 1985. Responses to Drought of an Edible Wild Potato (Solanum sp.) From Semiarid Environments. (Mimeógrafo). Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados: Chapingo. pp. 1-23.

- FAHN, A. 1978. Anatomía Vegetal. Blume: Madrid. pp. 191-203.
- FIGUEROA, C.B. y PEREZ, V.J. 1988. Determinación del tamaño y número de estomas en 4 genotipos de pepino. Memorias del XII Congreso Nacional de Fitogenética. Chapingo, Méx. p. 85.
- FLORES CRESPO, R. 1966. Importancia de la papita de monte (Solanum cardiophyllum). Agricultura Técnica II. (6): 288.
- FRANS-CLAESSENS, E. and VAN COTTHEM, W. 1973. A new classification of Ontogenetic types of Stomata. Bot Rev. 39 (1): 71-138.
- GALINDO, A.J. 1982. La papita güera Naturaleza 13 (3): 175-180.
- GILL, W.T. and VEAR, K.C. 1965. Botánica Agrícola. ACRIBIA: Zaragoza. pp. 9-11, 235-248.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. 1980. Producción de papas. ALBATROS: Buenos Aires. pp. 9-11.
- KRAMER, J.P. 1983. Water Relations: Academic Press, New York. pp. 317-326.
- LARQUE-SAAVEDRA, A.; NAVA, T. and TREJO, C. 1985. Responses to Drought of an Edible Wild Potato (Solanum sp.) From Semiarid Environments. (Mimeógrafo). Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados: Chapingo. pp. 1-23.

- LUNA CAVAZOS, M. 1983. Distribución y Aspectos Ecológicos de la "Papa Silvestre" (*Solanum cardiophyllum* Lindl.) en el Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis profesional. U.A.N.L.
- LUNA CAVAZOS, M. 1987. Estudio Taxonómico de Papas Silvestres (*Solanum* L.) Sección Petota, de Terrenos Cultivados del Altiplano Potosino-Zacatecano. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- MAEDA, M.C. y LIRA, S.R. 1988. Frecuencia y tamaño de estomas en algodónero bajo ambientes salino y no salino. Memorias del XII Congreso Nacional de Fitogenética. Chapingo, méx. p. 86.
- MISKIN, K.E. and RASMUSSEN, D.C. 1970. Frequency and Distribution of Stomata in Barley. CROP SCIENCE. Vol. 10. pp. 575-578.
- MANSFIELD, T.A. 1971. Los Estomas. Dispositivos Sensores Versátiles, pero Difíciles Sujetos de Experimentación. J. Biological Education 5: 115-123.
- MEIDNER and MANSFIELD, T.A. 1968. Physiology of stomata. Lond: Mc Graw-Hill. pp. 1-23.
- MONTALDO, A. 1984. Cultivo y Mejoramiento de la Papa. Instituto Interamericano de Capacitación para la Agricultura: Costa Rica. pp. 34-41, 97.
- MUÑOZ OROZCO, A. 1986. Estimaciones de la resistencia a sequía. Memorias VII Ciclo de Conferencias sobre Fisiología Vegetal. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados

- PALTA, J.P. and LI, P.H. 1979. Frost-Hardiness in Relation to Leaf Anatomy and Natural Distribution of Several Solanum species. CROP SCIENCE. Vol. 19. pp. 665-671.
- RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; CURTIS, H. 1981³. Biology of Plants. Worth Publishers, Inc.: New York. pp. 565-569.
- REBOLLEDO VELEZ, J. 1988. Resistencia a la sequía XXV. El papel de la raíz, del estolón y del tubérculo madre, en conferir resistencia a sequía en Solanum cardiophyllum Lindl. Tesis de Maestría. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados.
- ROMERO MORA, J. 1985. Resistencia a la sequía XX. Estudio comparativo de resistencia a la sequía y eficiencia de uso de agua en dos especies de Solanum. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Metropolitana.
- ROWE, P.R. 1969. Nature, Distribution and Use of Diversity Tuber-Bearing Solanum Species. Economic Botany 23(4):330-337.
- SEVILLA, ROMERO, L. 1983. Resistencia a la sequía XII. El índice estomático, forma, tamaño y distribución de estomas en cuatro cultivares de frijol (Phaseolus vulgaris L.). Tesis de Licenciatura. U.N.A.M.
- SHEARMAN, R.C. and BEARD, J.B. 1972. Stomatal Density and Distribution in Agrostis as Influenced by Species, Cultivar, and Leaf Blade Surface and Position. CROP SCIENCE. Vol. 12 pp. 822-823.

- SOTO, M. and LARQUE-SAAVEDRA, A. 1987. Abscisic acid accumulation in an edible drought resistant wild potato (Solanum cardio-phyllum). PHYTON 47 (1/2): 69-71.
- VAN COTTHEM, W. 1973. Stomatal types and systematics. Botanical Journal. 67 (1): 59-71.
- WEIER, T.E.; STOCKING, B.R. and BARBOUR, G.M. 1983. Botánica. LIMUSA: México. pp. 185-188.
- WILLMER, C.M. 1983. Stomata. Longhan: London. pp. 1-17.
- ZEIGER, E.; FARQUHAR, G.D. and COWAN, I. 1987. Stomatal function. Stanford University Press: California. pp. 350-375.