

**USO DEL ANALISIS DE COMPONENTES
PRINCIPALES, PARA LA SELECCION DE
VARIABLES ANATOMICAS FOLIARES DE INTERES
TAXONOMICO EN 4 ESPECIES DE *Physalis*
(SOLANACEAE)**

*Marina García Ll. **

RESUMEN

En la presente investigación se estudiaron una serie de variables anatómicas foliares en 4 especies de *Physalis*, a saber: *P. angulata*, *P. lagascae*, *P. pubescens* y *P. peruviana* y posteriormente se realizó un Análisis de Componentes Principales, a fin de identificar las variables de mayor utilidad para separar esas especies. A tal efecto, muestras frescas de hojas ubicadas en el estrato medio de 3 plantas/especie, fueron fijadas en FAA, realizándose posteriormente secciones transversales a mano y aclarados de la lámina foliar, que se usaron para las determinaciones respectivas. A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, puede señalarse que las variables anatómicas foliares de mayor relevancia para la separación de las especies estudiadas son: densidad de tricomas en la nervadura media adaxial y abaxial, longitud de tricomas en esta última, longitud de estomas e índice estomático en la epidermis abaxial y grosor del mesófilo.

Palabras claves: *Physalis*, Solanaceae, variables anatómicas foliares, Análisis de Componentes Principales.

* Profesora de la Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Departamento de Botánica Agrícola. Apdo 4579. Maracay - Edo. Aragua.

ABSTRACT

At present studied an anatomical investigation of various foliar anatomical variables in the *Physalis* species: *P. angulata*, *P. lagascae*, *P. pubescens* and *P. peruviana*, was conducted and then a Principal Analysis Component was realized in order to select the most utility variables to separate them. Fresh samples of leaves located in the medium strates of the 3 plants/specie were collected, fixed in FAA and prepared both claread and free-hand cross sections used in the respective determinations. The results showed that the prominent foliar anatomical variables to separate the *Physalis* species are: trichome density in adaxial and abaxial central nerve, hair length in abaxial central nerve, stomata length and stomatic index in abaxial epidermis and mesofil thickness.

KEY WORDS: *Physalis*, Solanaceae, foliar anatomical variables, Principal Analysis Components.

INTRODUCCION

De acuerdo a lo reportado por Benítez (1974), el género *Physalis* (Solanaceae), está representado en Venezuela por 6 especies, las cuales se encuentran ampliamente distribuidas a lo largo de la Cordillera de la Costa, Los Andes y Guayana, donde se les conoce fundamentalmente por su importancia como malezas arvenses o ruderales.

Nee (1991), ha indicado que varias de las especies del género *Physalis* se aproximan estrechamente en lo que respecta a aspecto general de las plantas, así como en el tamaño y forma de las hojas, de la corola y del cáliz en fruto, todo lo cual hace que este género sea considerado como difícil desde el punto de vista taxonómico.

Tomando en cuenta el señalamiento anterior, en el presente estudio se analizan una serie de variables anatómicas cuantitativas, en hojas de 4 de las especies del género *Physalis* presentes en Venezuela, con la finalidad de identificar cuales de esas variables pueden servir de apoyo para una mejor delimitación de estas especies.

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó con material fresco de hojas, ubicadas en el estrato medio de plantas de las especies: *P. angulata* L. *P. lagascae* R. et S., *P. pubescens* L. y *P. peruviana* L.; las 3 primeras fueron colectadas en Maracay - Edo. Aragua (455 msm), mientras que la última se muestreó en las inmediaciones de la población de Mucurubá - Edo. Mérida (2305 msm), siendo depositados en los herbarios MY y VEN los especímenes que respaldan este trabajo.

El material foliar correspondiente al tercio medio de la lámina foliar de 3 plantas/especie, fue fijado en FAA, realizándose posteriormente secciones transversales a mano, las cuales fueron teñidas con azul de toluidina acuosa y montadas en agua-glicerina (v:v), para la obtención de láminas semipermanentes; asimismo se realizaron aclarados usando la técnica descrita por Mérida (1989) para material de consistencia suave. Para la realización de algunas medidas, se uso un ocular micrometrado el cual fue incorporado a un microscopio marca Leitz. En todos los casos, las determinaciones fueron hechas en preparaciones microscópicas escogidas al azar, realizándose un mínimo de 40 medidas por variable. Un total de 24 variables, comunes a las 4 especies bajo estudio, fueron utilizadas para la realización de un Analisis de Componentes Principales usando el programa SAS de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela; esas variables fueron las siguientes:

X1: grosor cutícula lámina adaxial; X2: grosor cutícula lámina abaxial; X3: grosor cutícula nervadura media adaxial X4: grosor cutícula nervadura media abaxial; X5: largo células epidermis adaxial; X6: ancho células epidermis adaxial; X7: largo células epidermis abaxial; X8: ancho células epidermis abaxial; X9: largo células parénquima en empalizada; X10: ancho células parénquima en empalizada X11: No. células parénquima en empalizada/célula epidérmica X12: grosor parénquima en empalizada; X13: grosor parénquima esponjoso; X14: grosor lámina (X5+X7+X12+X13); X15: relación parénquima en empalizada/ parénquima esponjoso; X16: densidad tricomas nervadura media adaxial; X17: longitud tricomas nervadura media adaxial; X18: densidad estomática abaxial; X19: índice estomático abaxial; X20: largo estomas epidermis abaxial;

X21: ancho estomas epidermis abaxial; X22: relación largo/ancho estomas epidermis abaxial; X23: densidad tricomas nervadura media abaxial; X24: longitud tricomas nervadura media abaxial.

RESULTADOS

Con los datos originales disponibles para cada una de las variables medidas en el presente estudio, se calcularon los autovalores y la proporción de la varianza explicada por cada componente, tal como se muestra en el Cuadro 1, donde se observa que los 5 primeros componentes son los que explican la mayor proporción de la varianza total de los datos, razón por la cual en este tipo de análisis, éstos son los que se seleccionan, descartando los últimos componentes, los cuales explican muy poco.

Para seleccionar el número de componentes que debe retenerse, de manera de considerar satisfactorio el porcentaje de la varianza explicada, existen diversos criterios, siendo uno de ellos, según lo señala Quevedo (1988), el incluir en el análisis aquellos componentes cuyos autovalores sean superiores al promedio, es decir, aquellos mayores a la unidad. Siguiendo ese criterio, en el presente estudio se seleccionaron los primeros 5 componentes, los cuales contribuyen a explicar el 76.03% de la variabilidad total (Cuadro 1).

Para seleccionar las variables más significativas en cada componente, se siguió un criterio comúnmente utilizado en este tipo de análisis, que es el incluir aquellas cuyo valor absoluto de autovectores, sea igual o superior a 0.30 (Cuadro 2). Esas variables se resumen en el Cuadro 3, donde puede observarse que en los primeros dos componentes se ubican las variables con mayor capacidad explicatoria de la varianza total de los datos (57.74%), disminuyendo considerablemente esa capacidad explicatoria, a partir del tercer componente.

El primer componente, es el que tiene mayor capacidad explicatoria de los datos (33,16%); en éste se observan valores positivos para densidad de tricomas en la nervadura media adaxial y abaxial y para longitud de éstos en la segunda, y negativos para índice estomático (ver Cuadro 2), lo cual significa que las especies de *Physalis* que tengan valores mayores de densidad y longitud de tricomas, a su vez mostrarán un menor índice estomático (ver Figuras 1 y 2).

Cuadro N° 1**Matriz de autovalores vía matriz de correlación para el estudio anatómico foliar de cuatro especies del género *Physalis***

Componente	Autovalores	Diferencia	Proporción Var. Explic.	Varianza Explic. Acum
1	7.95838	2.05923	0.331599	0.33160
2	5.89915	3.99269	0.245798	0.57740
3	1.90646	0.57028	0.079436	0.65683
4	1.33618	0.18909	0.055674	0.71251
5	1.14709	0.23342	0.047795	0.76030
6	0.91367	0.18555	0.038070	0.79837
7	0.72812	0.13273	0.030338	0.82871
8	0.59529	0.08064	0.024804	0.85351
9	0.51464	0.03486	0.021443	0.87496
10	0.47978	0.05151	0.019991	0.89495
11	0.42827	0.04346	0.017845	0.91279
12	0.38481	0.04955	0.016034	0.92883
13	0.32525	0.01898	0.013552	0.94238
14	0.30628	0.04417	0.012761	0.95514
15	0.25210	0.05302	0.010921	0.96606
16	0.20908	0.01256	0.008712	0.97477
17	0.19652	0.04736	0.008188	0.98296
18	0.14917	0.02166	0.006215	0.98918
19	0.12750	0.05101	0.005313	0.99449
20	0.07649	0.03466	0.003187	0.99768
21	0.04183	0.03200	0.001743	0.99942
22	0.00983	0.00714	0.000410	0.99983
23	0.00268	0.00126	0.000112	0.99994
24	0.00142	0.00000	0.000059	1.00000

Fuente: Cálculos propios a partir de datos originales

Cuadro N° 2

Matriz de autovectores para los componentes seleccionados en el estudio anatómico foliar de 4 especies del género *Physalis*.

Variables	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5
x1	0.261849	0.1812128	0.033073	0.044280	0.011970
x2	0.242969	0.070117	0.169298	0.10754	0.179904
x3	0.187591	0.150024	0.169925	0.068420	0.281245
x4	0.192916	0.109851	0.190116	0.109590	0.294841
x5	-0.039350	0.163930	0.395850*	0.399196*	-0.343238*
x6	-0.081761	0.118690	0.498086*	0.325374*	-0.302346*
x7	-0.171201	0.258280	0.037536	0.074165	0.226063
x8	-0.201415	0.199347	0.135024	0.080328	0.256513
x9	0.016931	0.375491*	-0.217041	0.094995	0.001829
x10	0.096399	0.262315	-0.265286	0.255727	-0.209152
x11	-0.162267	-0.024429	-0.008595	-0.074897	-0.476459*
x12	0.020092	0.376137*	-0.218305	0.089354	0.004758
x13	-0.077912	0.363098*	-0.184374	-0.071481	-0.039676
x14	-0.222082	0.257177	0.107037	0.035999	0.093591
x15	0.208336	-0.045731	-0.062711	0.395273*	0.147492
x16	0.337840*	0.021736	-0.019564	0.042350	-0.042941
x17	0.243551	-0.078788	0.123754	0.080683	0.158566
x18	-0.129280	-0.227283	-0.169242	0.416601*	0.218662
x19	-0.308782	0.086989	-0.116341	0.090713	0.123215
x20	0.109338	0.304483*	0.152541	-0.354194*	-0.021625
x21	0.244434	0.212293	-0.128964	-0.113926	-0.171521
x22	-0.153157	0.140973	0.399879*	-0.333160*	0.176841
x23	0.329938*	-0.064831	-0.091540	0.008962	-0.058802
x24	0.311839*	0.016679	0.011869	-0.117455	-0.133647

*: Valores > a 0.30 significativos para definir el componente
Fuente: Cálculos propios a partir de datos originales.

Cuadro N° 3**Significado de los cinco componentes principales seleccionados en el estudio anatómico foliar de 4 especies del género *Physalis*.**

Componente	% de la Varianza Explicada	Variables significativas e Interpretación
1	33.16	Densidad tricomas N.M. adaxial (X16) Índice estomático abaxial (X19) Densidad tricomas N.M. Abaxial (X23) Longitud tricomas N.M. Abaxial (X24)
2	24.52	Grosor parénquima empalizada (X12) Grosor parénquima esponjoso (X13) Largo estomas epidermis abaxial (X20)
3	7.94	Largo células epidermis adaxial (X5) Ancho células epidermis adaxial (X6) Relación largo/ancho estomas Ep. abax. (X22)
4	5.57	Largo células Ep. adaxial (X5) Ancho células Ep. adaxial (X6) Relación P. empalizada/P. esponjoso (X15) Densidad estomática adaxial (X18) Largo estomas Ep. adaxial (X20) Relación largo/ancho estomas epidermis adaxial (X22)
5	4.78	Largo células epidermis adaxial (X5) Ancho células epidermis adaxial (X6) N° células P. emp./célula epidérmica (X11)

Fuente: Cálculos propios a partir de datos originales.

El segundo componente, explica 24.58% de la varianza total; en el mismo, las variables más significativas exhiben valores positivos y están relacionadas con el grosor del mesófilo (parénquima empalizada + parénquima esponjoso) y con la longitud de los estomas en la epidermis abaxial; esto significa que las especies de *Physalis* con mayor grosor del mesófilo, a su vez tienen los estomas de mayor longitud, tal como puede apreciarse en las Figuras 3, 4 y 5.

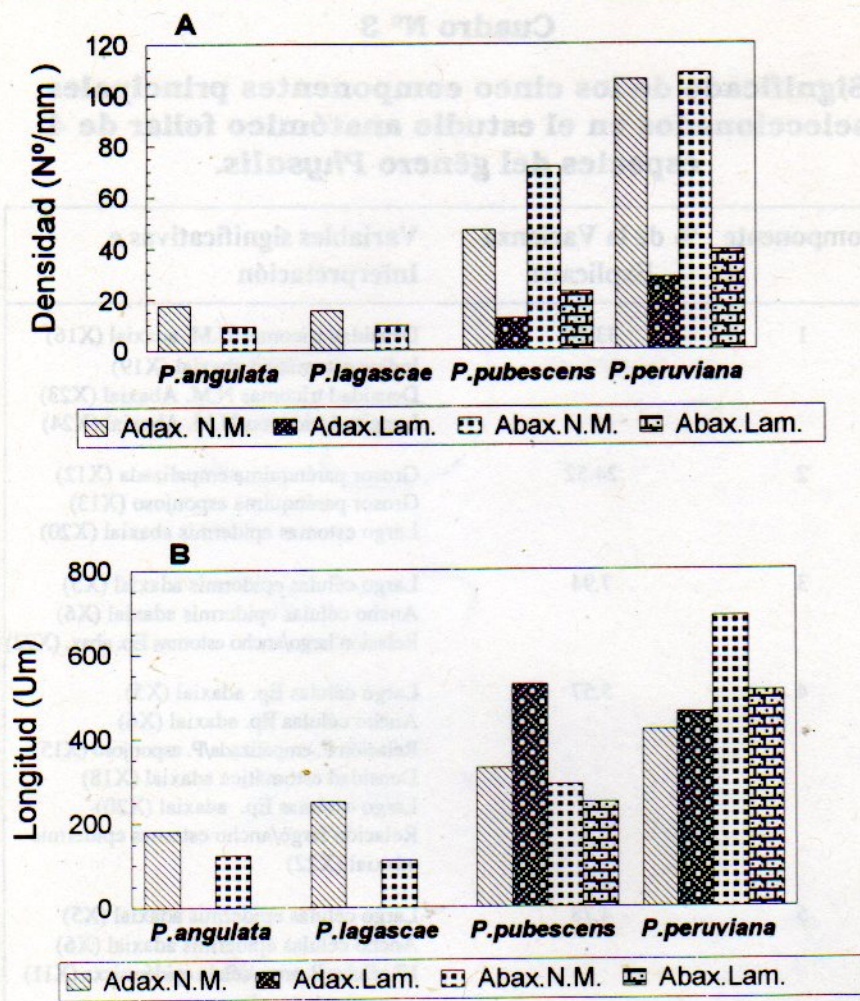


Figura 1. Densidad (A) y Longitud (B) de tricomas en lámina (Lam.) y nervadura media (N.M.) en hojas de cuatro especies del género *Physalis*.

El tercer componente explica solo 7.94% de la variabilidad total y en el mismo destacan, con valores positivos, el tamaño de las células de la epidermis adaxial y la relación largo/ancho de los estomas de la epidermis abaxial, de manera que en este componente se asocian las especies con células epidérmicas adaxiales de mayor tamaño, con estomas abaxiales de una relación largo/ancho mayor.

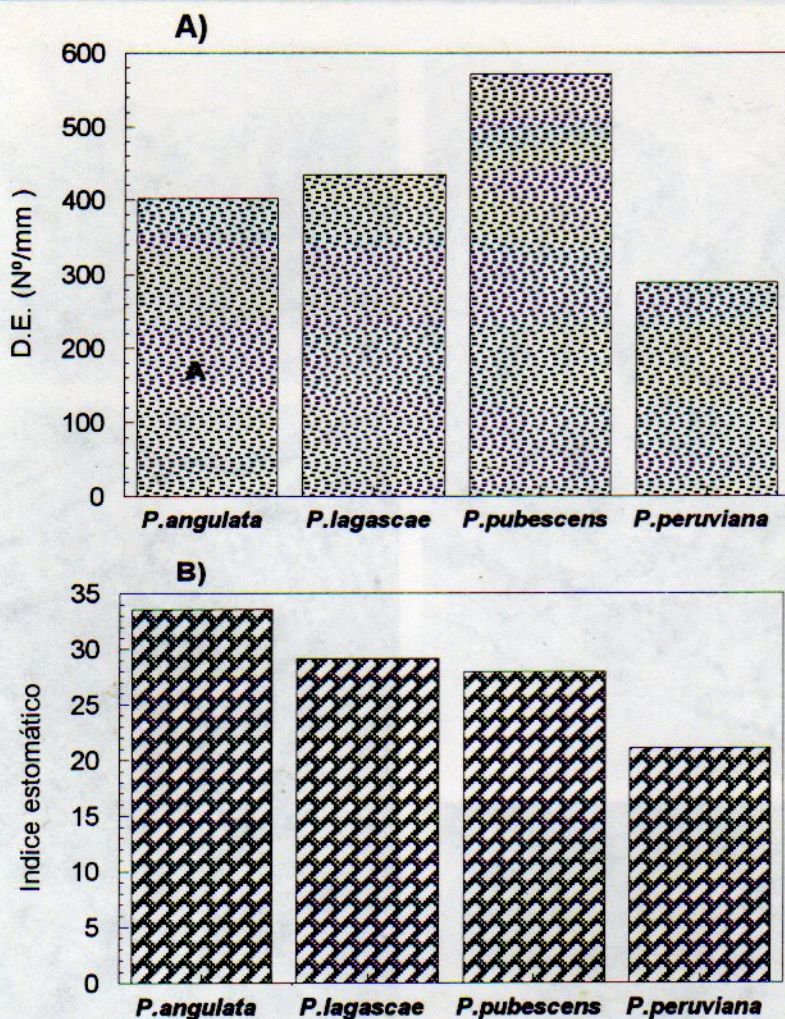


Figura 2. Densidad estomática (A) e Índice estomático (B) en la epidermis abaxial de hojas de cuatro especies del género *Physalis*.

El cuarto componente explica apenas 5.57% de la varianza total; entre los componentes seleccionados, éste es el que incluye el mayor número de variables significativas, exhibiendo valores positivos para: tamaño de células de la epidermis adaxial (largo, ancho), relación parénquima en empalizada/parénquima esponjoso y densidad de estomas en la epidermis abaxial, y valores negativos

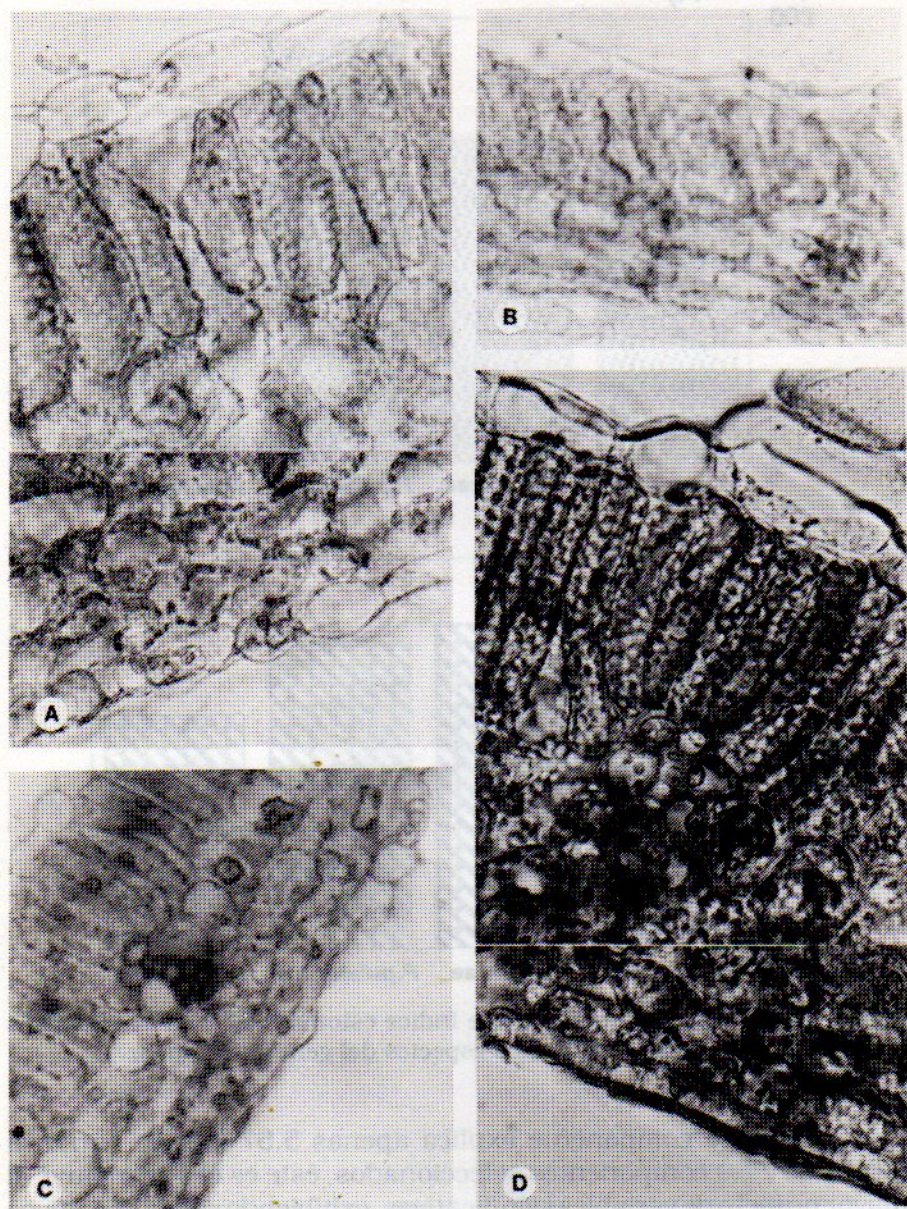


Figura 3. Vista de lámina foliar en sección transversal, en cuatro especies del género *Physalis*. 400X. (A): *P. angulata* (B): *P. lagascae* (C): *P. pubescens* (D): *P. peruviana*

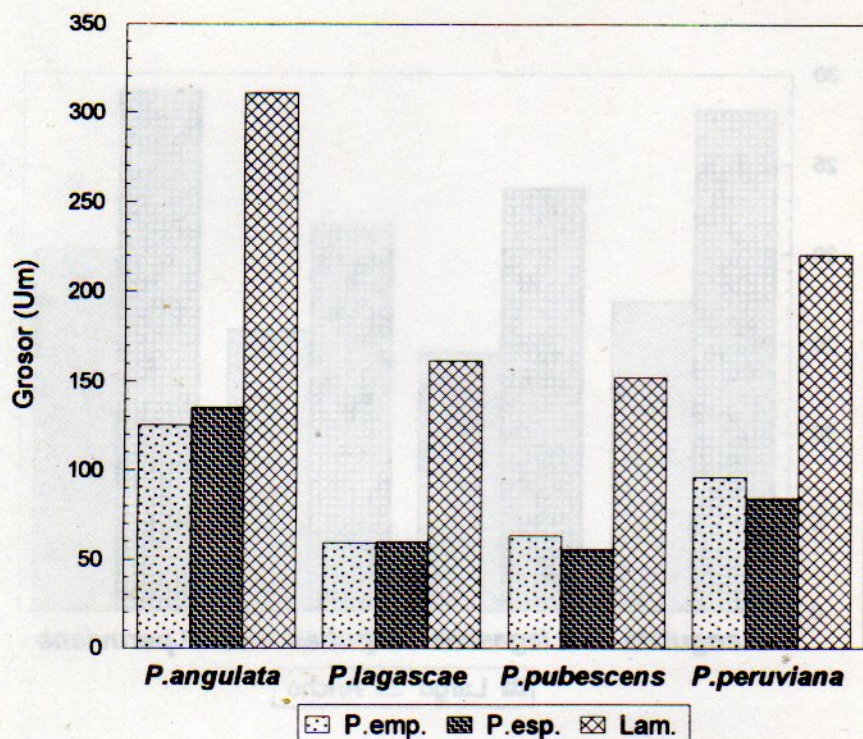


Figura 4. Grosor del parénquima en empalizada (P. emp.), parénquima esponjoso (P. esp.) y lámina (Lam.) en hojas de cuatro especies del género *Physalis*.

para: largo de los estomas de la epidermis abaxial y relación largo/ancho de los mismos. De esa manera, en este componente se asocian las especies de *Physalis*, con células más grandes en la epidermis adaxial, que a su vez posean mayor relación parénquima en empalizada/parénquima esponjoso y más alta densidad de estomas en la epidermis abaxial, con una menor longitud y relación largo/ancho de esos estomas.

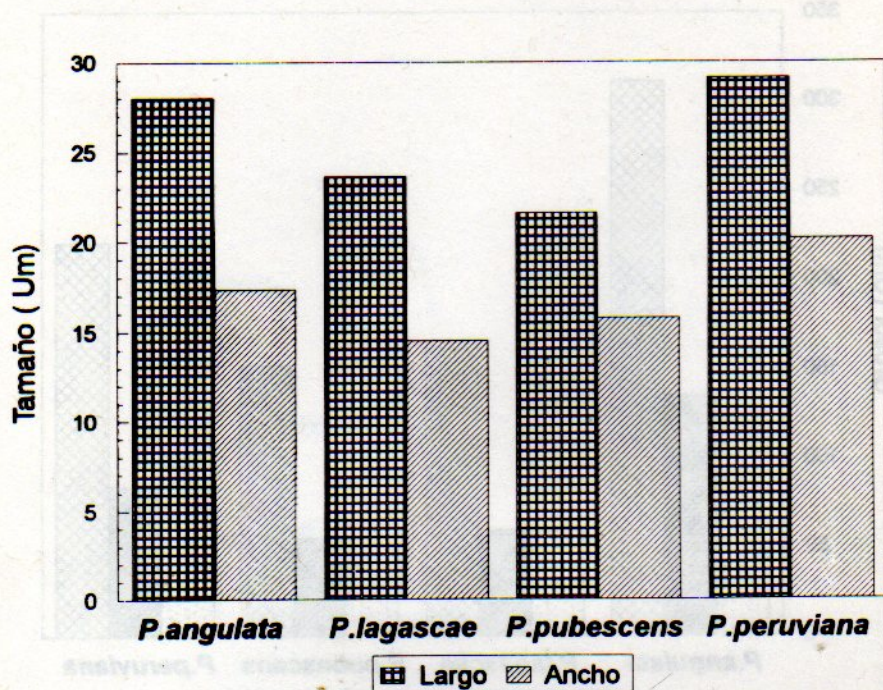


Figura 5. Tamaño de estomas de la epidermis abaxial en hojas de cuatro especies del género *Physalis*.

El quinto y último componente seleccionado explica solo 4.78% de la variabilidad total de los datos, y en el mismo resaltan como variables más significativas: tamaño de células de la epidermis adaxial y número de células de parénquima en empalizada/célula epidérmica, ambas con valores positivos. De esta manera, en este componente se relacionan las especies de *Physalis* de células más grandes en la epidermis adaxial, con un mayor número de células de parénquima en empalizada por célula epidérmica.

Es posible clasificar las especies utilizadas en el presente estudio, utilizando gráficos en los que se crucen los valores de los 5 componentes principales seleccionados, determinando los valores específicos que adopten para cada especie en particular. De esta manera se determinó, que la mejor combinación para separar las especies investigadas, en función de las variables cuantitativas medidas, es la que combina el componente 1 con el 2, ya que de esta forma cada especie ocupa un área específica en el gráfico en cuestión, tal como puede observarse en la Figura 6. Cualquier otra combinación entre los componentes seleccionados, no permite una clara separación de las especies investigadas, y por lo tanto se descarta.

DISCUSION

El uso de variables anatómicas foliares, ha sido reportado con frecuencia en trabajos de anatomía foliar de solanáceas, de interés taxonómico (Ahmad, 1964 a, b; Chandra, 1967; Maciel, 1980; Gbile, 1986; Filippa y Bernardello, 1987); no obstante, resulta de gran interés seleccionar, para un grupo taxonómico en particular, que variables son la de mayor interés en la solución de problemas taxonómicos. En tal sentido, los métodos multivariados, y en especial el Análisis de Componentes Principales, pueden resultar una herramienta útil, siempre y cuando se haga posteriormente una adecuada interpretación de los resultados obtenidos con este tipo de análisis.

De acuerdo a los resultados descritos en párrafos precedentes, las variables anatómicas foliares de mayor utilidad para la identificación de las especies de *Physalis* estudiadas, son: densidad de tricomas en la nervadura media adaxial y abaxial, longitud de tricomas en la nervadura media abaxial, longitud de estomas e índice estomático en la epidermis abaxial y grosor del mesófilo.

En relación a los tricomas, es sabido que tanto la densidad como la longitud de éstos puede variar debido a factores ambientales (Johnson, 1975; Theobald y col. 1979); por lo tanto, sería necesario estudiar plantas de las mismas especies de *Physalis* investigadas, provenientes de otras localidades, para luego decidir la conveniencia del uso de estas dos variables con fines taxonómicos.

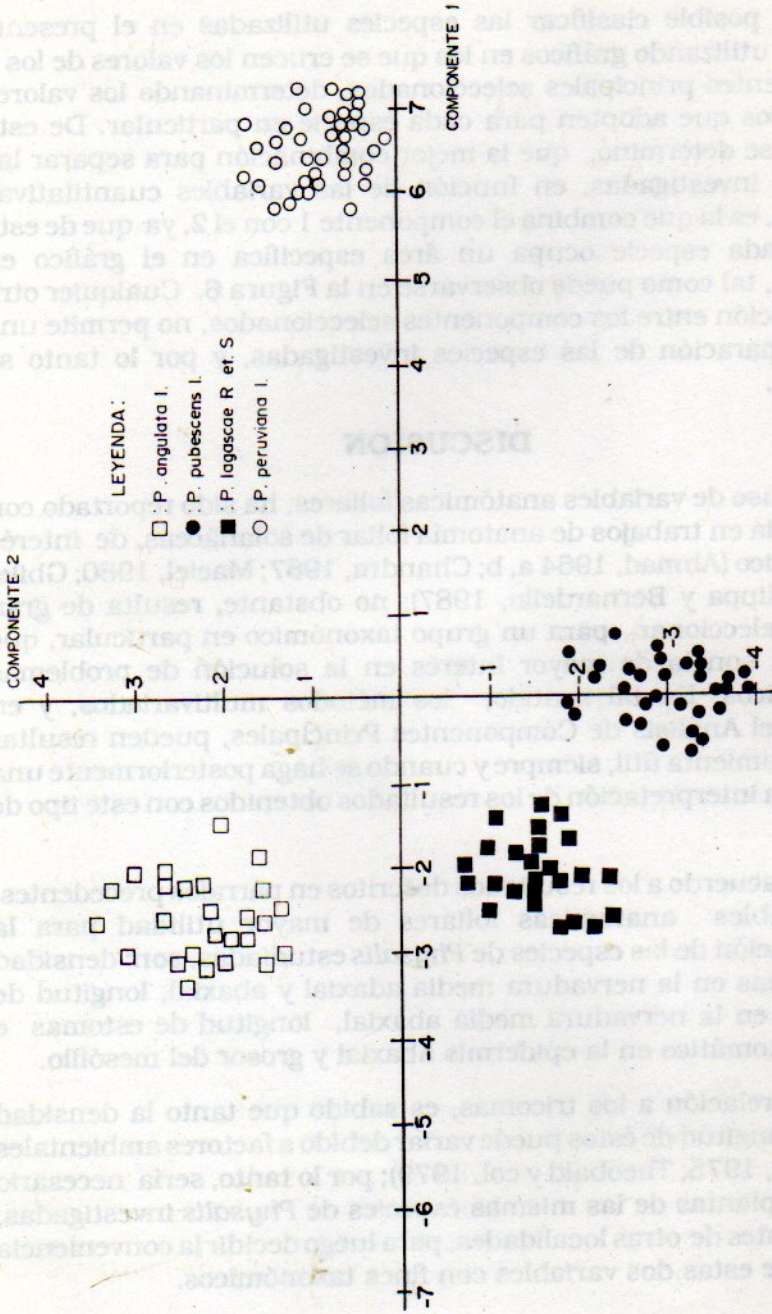


Figura 6. Correlación de variables y componentes en el estudio anatómico foliar de 4 especies del género *Physalis*.

En cuanto a los estomas, Solereder (1908) y Wilkinson (1979) han señalado, que para una misma especie, el tamaño de éstos puede variar considerablemente dependiendo fundamentalmente del ambiente, lo cual le resta valor a esta variable desde el punto de vista sistemático. El índice estomático, por el contrario, es un carácter independiente del habitat en el que crece la planta (Wilkinson, 1979), todo lo cual le da confiabilidad al uso de esa variable, con fines taxonómicos.

En lo que respecta al grosor del mesófilo, es bien sabido que en una misma especie, este carácter puede variar de acuerdo al ambiente en el cual crece la planta, y aún en una misma planta, hojas que ocupen posiciones diferentes, pueden tener diferencias notorias en el espesor del mesófilo (Metcalf y Chalk, 1983); por tal motivo, el uso de esta variable como característica de interés taxonómico, debe estudiarse con cuidado.

Finalmente, cabe indicar la conveniencia de combinar este tipo de estudio, con el análisis de la anatomía foliar descriptiva, ya que esta última ofrece con frecuencia, un número variable de caracteres de valor diagnóstico.

BIBLIOGRAFIA

- AHMAD, 1964a. Epidermal studies in *Solanum*. *Lloydia* 27: 243-250.
- AHMAD, 1964b. Cuticular studies with special reference to abnormal stomatal cells in *Cestrum*. *J. Indian Bot. Soc.* 43(1): 165-177.
- CHANDRA, V. 1967. Epidermal studies on some Solanaceous plants. *Indian J. Pharmacy* 29(8): 227-229.
- FILIPPA, E. y L. BERNARDELLO. 1987. Sobre la anatomía de órganos vegetativos y el análisis de la variabilidad en *Phrodus* (Solanaceae). *Kurtziana* 19: 57-67.
- GBILE, Z. 1986. Epidermal studies in the *Solanum nigrum* complex in Nigeria. En: W. D'Arcy (ed). *Solanaceae Biology and Systematics*. Columbia Univ. Press. N.Y. p: 159-167.
- MACIEL, J. 1980. Estudio anatómico e índices diagnósticos da especie *Datura arborea* L. (Solanaceae).

- MERIDA, T. 1989. Microtecnia Vegetal (Mimeografiado). Escuela de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela. 71 p.
- METCALFE, C. y L. CHALK. 1983. Anatomy of the dicotyledons. Vol II. 2da. ed. Clarendon Press, Oxford. 297 p.
- QUEVEDO, R. 1988. Estudio técnico económico de un grupo de fincas (El caso de las fincas lecheras de doble ordeño en el Valle de Aroa). Trabajo de Ascenso. Instituto de Economía Agrícola y Ciencias Sociales, Facultad de Agronomía U.C.V. Maracay. 246 p.
- SOLEREDERH. 1908. Systematic Anatomy of the dicotyledons. Vol. I y II. Clarendon Press, Oxford. 1183 p.
- THEOBALD, W.; J. KRAHULIK y R. ROLLINS. 1979. Trichome description and classification. En: C. Metcalfe y L. Chalk (eds). Anatomy of the dicotyledons. Vol I. 2da. ed. Clarendon Press Oxford. p: 40-53.
- WILKINSON, H. 1979. The plant surface (mainly leaf). En: C. Metcalfe y L. Chalk (eds). Anatomy of the dicotyledons. Vol I. 2da. ed. Clarendon Press, Oxford. p: 97-165.