

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE AGRONOMÍA**



**COMPARACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ESTOMAS Y TRICOMAS  
FOLIARES DE *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl.  
(Espantavaqueros) DE LAS LOCALIDADES SALTILLO, COAHUILA Y  
LAMPAZOS DE NARANJO, NUEVO LEÓN**

**Por:**

**Samuel Valencia Martínez**

**TESIS**

**Presentada como Requisito Parcial Para  
Obtener el Título de:**

**INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México,**

**Diciembre de 2009.**

COMPARACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ESTOMAS Y TRICOMAS  
FOLIARES DE *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl (Espantavaqueros) DE  
LAS LOCALIDADES SALTILLO, COAHUILA Y LAMPAZOS DE NARANJO,  
NUEVO LEÓN.

Por

Samuel Valencia Martínez

Tesis realizada bajo la dirección del Comité Particular de Asesoría y ha sido  
aprobada y aceptada por el Jurado Examinador como requisito parcial para  
obtener el título de:

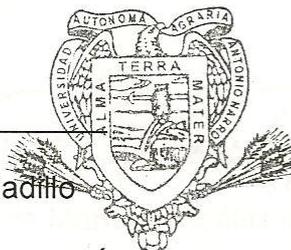
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

*P.A. José J. Rodríguez*

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Coordinador de la División de Agronomía

Coordinación  
División de Agronomía



*José J. Rodríguez*

Dr. José Francisco Rodríguez Martínez

Presidente del Jurado Examinador

COMPARACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ESTOMAS Y TRICOMAS  
FOLIARES DE *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl (Espantavaqueros) DE  
LAS LOCALIDADES SALTILLO, COAHUILA Y LAMPAZOS DE NARANJO,  
NUEVO LEÓN.

Por

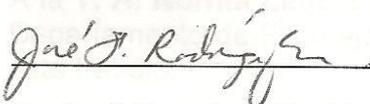
Samuel Valencia Martínez

Tesis realizada bajo la dirección del Comité Particular de Asesoría y ha sido  
aprobada y aceptada por el Jurado Examinador como requisito parcial para

obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

JURADO EXAMINADOR



Dr. José Francisco Rodríguez Martínez

Presidente



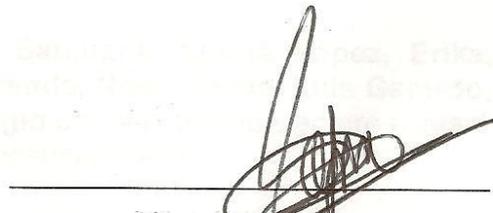
M. C. Laura María González Méndez

Vocal



M. C. María Teresa Ruiz De León

Vocal



Biol. Sergio Antonio Pérez Mata

Vocal

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por brindarme la oportunidad de formarme como profesionista.

Al **Dr. José Francisco Rodríguez Martínez** por la confianza depositada en mí para la realización de este trabajo, por sus consejos oportunos pero sobretodo por su amistad.

A la **M. C. Laura María González Méndez** por su valiosa colaboración y asesoría en la elaboración del presente.

A la **M. C. María Teresa Ruiz De León** por sus acertados consejos y por el apoyo brindado en la revisión de este trabajo.

Al **Biol. Sergio Antonio Pérez Mata** por el apoyo brindado en la realización del trabajo presente.

Al **Dr. José Ruiz Ordoñez** Ex-Catedrático de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el apoyo que brindó en la toma de Electromicrografías y como asesor externo del presente.

A la **T. A. Angélica Martínez Ortiz** por el apoyo brindado en la presente, en el Laboratorio de Anatomía e Histología Vegetal del Departamento de Botánica.

A la **T. A. Norma Leticia Portos Gaona** del Laboratorio de Citogenética del Departamento de Fitomejoramiento por las aportaciones hechas en favor de este trabajo.

En general a la **Planta de Profesores del Departamento de Botánica** por sus enseñanzas que hicieron posible la terminación de mi carrera.

A mis amigos **Jorge, Alicia, Abigail, Sanjuana, Lupita López, Erika, Omar, Gerardo Sánchez, Manuel A., Brenda, Noel, Hayde, Luis Gerardo, Paulina, Nelson, Jaaziel, Cristian y Sergio** por que se que siempre contaré con ustedes y por brindarme su amistad desinteresada.

A mis compañeros de la **Generación CVII y CVIII, de Ingeniero en Agrobiología**, por el compañerismo que siempre los caracterizó y por los buenos momentos que pasamos en las aulas de clase.

## DEDICATORIAS

A **Mi padre, Luis Francisco Valencia López**, el mejor ejemplo a seguir que pude tener, por ser el mejor hombre que he conocido que eres capaz de sacrificarte por dar todo a tus hijos, por confiar en mí y darme un sinfín de oportunidades para formarme como profesionalista, pero sobretodo por el amor que siempre demuestras sin necesidad de palabras.

A **Mi madre, Lina Martínez Gabriel**, el mas grande ejemplo amor puro, por darme la vida y por llevarme presente siempre contigo, por tus sacrificios, cariño y amor que siempre me brindas, por poner tu confianza en mi y porque con tus consejos me has enseñado que las metas se pueden alcanzar.

A mis hermanas y a mi hermano, **Juana, Reina, Yeny y Luis**, que siempre están ahí para mí, por el cariño me siempre me han demostrado, por sus consejos, enseñanzas y apoyo moral que me brindan en todo momento, que me han permitido formarme como persona.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Agradecimientos.....	i
Dedicatorias.....	ii
Índice General.....	iii
Índice de cuadros.....	vi
Índice de Figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Introducción.....	1
Objetivos Generales.....	3
Objetivos Específicos.....	3
Hipótesis.....	4
Revisión de Literatura.....	5
Vegetación Xerófita.....	5
Fotosíntesis C4 y Respiración.....	8
Anatomía Foliar de Plantas C <sub>4</sub> .....	9
Estructuras Foliarias.....	10
Epidermis.....	11
Estomas.....	12
Tricomas.....	15
<i>Tidestromia lanuginosa</i> (Nutt.) Standl.....	17
Clasificación Taxonómica.....	17
Descripción Morfológica.....	18

	<b>Pág.</b>
Ecología.....	19
Distribución.....	20
Importancia Económica.....	21
<b>Materiales y Métodos.....</b>	<b>23</b>
Localización del Sitio Experimental.....	23
Material Biológico.....	23
Colecta de Material.....	23
Microscopía Electrónica.....	24
Pre-tratamiento de las Hojas.....	24
Fijación.....	24
Preparación Para la Observación.....	25
Montaje.....	25
Observación.....	25
Laboratorio.....	25
Raspado.....	25
Toma de Microfotografías.....	26
Análisis y Comparación de Micro y Electromicrofotografías.....	26
Electromicrofotografías.....	26
Microfotografías.....	27
Variables a Evaluar.....	27
Índice Estomático.....	27
Densidad Estomática.....	27
Densidad de Células Epidérmicas.....	28

	<b>Pág.</b>
<b>Área Promedio por Estoma.....</b>	<b>28</b>
<b>Densidad de Tricomas Foliares.....</b>	<b>28</b>
<b>Diseño Experimental.....</b>	<b>29</b>
<b>Resultados y Discusión.....</b>	<b>30</b>
<b>Microfotografías.....</b>	<b>30</b>
<b>Índice Estomático.....</b>	<b>31</b>
<b>Densidad Estomática.....</b>	<b>31</b>
<b>Densidad de Células Epidérmicas.....</b>	<b>32</b>
<b>Área Promedio por Estomas.....</b>	<b>33</b>
<b>Densidad de Tricomas Foliares.....</b>	<b>33</b>
<b>Electromicrografías.....</b>	<b>35</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>38</b>
<b>Literatura Citada.....</b>	<b>40</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
Cuadro1.	Clasificación Taxonómica de <i>Tidestromia lanuginosa</i> .....	17
Cuadro 2.	Resumen de medias obtenidas de las variables evaluadas para cada localidad de colecta de ejemplares.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estomas de tipo anomocítico que no presentan células anexas en <i>Tidestromia lanuginosa</i> , ejemplares de Saltillo Coah. (Izq.) y Lampazos, N. L. (Der.), Imagen tomada a 40X.....	30
<b>Figura 2.</b> Tricomas de forma estrellada con 8 a 10 ramificaciones en la superficie foliar de <i>Tidestromia lanuginosa</i> en muestras provenientes de Saltillo, Coah. (Izq.) y Lampazos, N. L. (Der.).....	34
<b>Figura 3.</b> Electromicrografías de epidermis de <i>T. lanuginosa</i> , mostrando dimensiones promedio de estructuras estomáticas de Saltillo, Coah. (Izq.) y Lampazos de Naranjo, N. L (Der.).....	35
<b>Figura 4.</b> Corte transversal de hoja <i>T. lanuginosa</i> en la que se muestra una cavidad estomática en la superficie adaxial del foliolo. Imagen tomada con microscopio electrónico de barrido.....	36

## RESUMEN

La vegetación xerófita desarrolla adaptaciones que le permiten subsistir a las condiciones de adversidad en que se desarrollan. se realizó un estudio comparativo de estructuras epidérmicas foliares como estomas y tricomas en *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl., proveniente de Saltillo, Coahuila y Lampazos de Naranjo, Nuevo León. Con el objetivo de determinar las diferencias que presentan tales estructuras en cuanto a morfología, índice y densidad. Se colectaron tres individuos completos de cada localidad, se tomaron cinco hojas de cada ejemplar para extraer porciones de epidermis mediante la técnica de raspado para ser observadas al microscopio a 10X y se documentaron en microfotografías. A la par, se tomaron tres hojas de cada ejemplar y mediante el procedimiento establecido se tomaron electromicrografías en un microscopio electrónico de barrido. Finalmente se hizo la comparación estadística de las variables mediante un análisis completamente al azar; el análisis arrojó diferencias altamente significativas en índice y densidad estomática, así como en área promedio de estomas; por lo que se concluye que existen variaciones importantes en las estructuras epidérmicas dentro de la misma especie en individuos que se desarrollan en ambientes diferentes.

**PALABRAS CLAVE:** estomas, tricomas, índice estomático, densidad estomática, microfotografías, electromicrografías, vegetación xerófita.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas evolucionan por efectos del ambiente en el que se desarrollan, presentando adaptaciones que les permiten afrontar las condiciones adversas que puedan presentarse; en el caso de las plantas xerófitas que viven en ambientes áridos o semiáridos donde las condiciones pueden ser extremas en ciertas épocas del año, tales especies presentan estructuras y funciones adecuadas para afrontar las condiciones ambientales en que se desarrollan. Las xerófitas presentan estomas pequeños y cercanamente distribuidos, así como mayor cantidad de tricomas por unidad de área, (Daubenmire, 1974). Dichas características reflejan adaptaciones fisiológicas como eficiencia fotosintética elevada (Björkman y Berry, 1973), menor tasa de transpiración, mayor tasa fotosintética por unidad de área, mayor eficiencia en el uso de agua (Daubenmire, 1974) y mayor protección contra agentes abrasivos y percepción de estímulos ante patógenos (Wang *et. al.*, 2001). El tamaño y la densidad de los estomas están directamente relacionados con la humedad del suelo y del ambiente donde crecieron las plantas. Al correlacionarlos, se encuentra que hojas con estomas pequeños presentan alta densidad estomática y hojas con estomas grandes, una baja densidad estomática (Metcalf y Chalk, 1979; Willner, 1986).

La morfología y la distribución de los tricomas genera evidencias importantes sobre la clasificación de la especie (Dickison, 2000) pues se considera de valor taxonómico el reconocimiento de sus diferentes tipos, más que su sola presencia o ausencia (Theobald *et. al.*, 1988).

*Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. Es una hierba anual (Correl y Johnston, 1970) de verano (The Arizona Board of Regents, 1972) y forma parte de la familia Amaranthaceae.

La información sobre la especie se reduce a su descripción morfológica externa, distribución y usos tradicionales en las regiones donde habita de forma natural. Recientemente Sánchez (2008), realizó un estudio acerca de la histología de raíz, tallo y hoja de la planta, considerando que para *T. lanuginosa*, no se ha descrito la morfología de los estomas y que no existe información sobre su densidad y distribución, además de no haber información sobre la descripción y distribución de tricomas. Por lo que el presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de generar información básica sobre la especie, haciendo una comparación de las características de las estructuras epidérmicas entre las localidades de Saltillo, Coahuila y Lampazos de Naranjo, Nuevo León, donde las diferencias fisiográficas y climáticas son evidentes.

## OBJETIVOS GENERALES

- Generar información sobre la descripción morfológica y de distribución de estomas y tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl.
- Comparar y determinar diferencias en las estructuras estomáticas y de tricomas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. provenientes de dos localidades: Saltillo, Coahuila y Lampazos de Naranjo, Nuevo León.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir e identificar la morfología de estomas y tricomas de hojas de *T. lanuginosa*.
- Determinar índice y densidad de estomas y tricomas foliares de *T. lanuginosa*.
- Realizar comparación de la morfología de estomas y tricomas en las dos localidades.

## HIPÓTESIS

- **H<sub>0</sub>**. Existen diferencias en cuanto a densidad e índice de estomas de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. en ejemplares provenientes de Saltillo, Coahuila y Lampazos de Naranjo, Nuevo León.
- **H<sub>A</sub>**. El índice y densidad de estomas es similar en folíolos de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. aún en ejemplares provenientes de las localidades Saltillo, Coahuila y Lampazos de Naranjo Nuevo, León.
- **H<sub>0</sub>**. La densidad de Tricomas en *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. es mayor en una de las dos localidades de estudio.
- **H<sub>A</sub>**. No hay diferencias en la densidad de tricomas de *T. lanuginosa* de ambas localidades.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Vegetación Xerófita

Las xerófitas son plantas perennes capaces de soportar grandes sequías, sobre todo del suelo, por lo menos durante cierto tiempo. Se encuentran en desiertos y estepas. En regiones con inviernos muy fríos las plantas de hojas persistentes tienen caracteres xeromorfos que previenen la desecación por heladas. También algunas plantas epífitas poseen dichos caracteres, presentan dispositivos diversos para facilitar la absorción de agua y evitar la evaporación. Muchas plantas reducen el tamaño del vástago o se ramifican escasamente, proporcionalmente está más desarrollado el sistema radical (Raisman y González, 2009).

El tipo de vegetación xerófita cubre grandes extensiones en la Republica Mexicana, tanto en estados del noroeste como Sonora y la península de Baja California; es característico asimismo de amplias áreas de la Altiplanicie, desde Chihuahua y Coahuila, hasta Jalisco, Guanajuato, Hidalgo y el Estado de México, prolongándose aún más al sur en forma de faja estrecha a través de Puebla hasta Oaxaca. Además constituye la vegetación de una parte de la Planicie Costera Nororiental, desde el este de Coahuila hasta el centro de Tamaulipas, penetrando hacia muchos parajes de la Sierra Madre Oriental. El clima en estas regiones varía ampliamente, desde muy caluroso en las planicies costeras a relativamente fresco en las

partes más altas del Altiplano. En general la precipitación es inferior a los 700 mm, los matorrales xerófilos se pueden observar prácticamente en todo tipo de condiciones topográficas, (Rzedowski, 1983).

Del este de Coahuila, así como el norte y del este de Nuevo León (Muller, 1947; Rojas-Mendoza, 1965; Miranda y Hernández X., 1964; citados en Rzedowski, 1983) y de zonas adyacentes de Tamaulipas se describe matorral abierto de mas o menos 2 m de altura con varias especies de *Acacia* como dominantes, incluyendo también representantes de *Cercidium*, *Leucophyllum*, *Opuntia*, *Prosopis*, *Castela*, *Cordia* y *Celtis*; asociado a este tipo de vegetación se pueden encontrar ejemplares de *Tidestromia lanuginosa* (Barkley, 2009). Este matorral se desarrolla en el área en que el Altiplano desciende gradualmente hacia la Planicie Costera Nororiental y la vegetación es una compleja transición entre los matorrales xerófilos y el bosque espinoso, incluyendo también fases con gran participación de gramíneas (Rzedowski, 1983).

Las plantas vasculares terrestres han de mantener equilibrado el balance hídrico, regulando el agua de entrada por las raíces y la salida que se produce por la transpiración. La morfología vegetal influye tanto en la pérdida como en la entrada de agua; por ejemplo Font Quer, (1986) menciona que las plantas xerófitas poseen gran volumen de raíces y órganos aéreos de pequeñas dimensiones, así como superficie foliar pequeña y tallos muy lignificados. En cuanto a la posición de los estomas en

las hojas, éstos se presentan hundidos o protegidos para evitar la pérdida de agua. También presentan esclerénquima bien desarrollado que proporciona soporte mecánico, reduciendo al mínimo el riesgo de colapso de tejidos (Rudall, 2007), así como la epidermis cubierta de cera o de estructuras protectoras denominadas tricomas.

En el ambiente xeromorfo, las plantas también presentan adaptaciones a las temperaturas que casi siempre están ligadas a las condiciones de humedad. En adaptaciones a diversos grados de luminosidad, las plantas xeromórfas incluyen la presencia de epidermis gruesa y cutícula espesa que disminuye la intensidad de luz que alcanza el tejido fotosintético, el tejido en empalizada está a veces correlacionado con la alta intensidad de luz. Algunas especies xeromórfas poseen hojas gruesas, a veces suculentas, otras presentan hojas cilíndricas o con vellosidades o aún, hojas dobladas o enrolladas; ésta adaptación en las hojas, permite la pérdida mínima de agua en las hojas en desarrollo con poco crecimiento que aún están enrolladas en el brote pero que al madurar alcanzan una superficie grande (Rudall, 2007). Otra adaptación de las plantas xerófitas es la vía fotosintética conocida como  $C_4$ , en la cual, las plantas fijan el  $CO_2$  mediante un compuesto de 4 carbonos (oxalacetato) en las células del mesófilo y éste compuesto es traslocado a las células de la vaina del haz, donde el compuesto es descarboxilado para liberar el  $CO_2$  y así ser fijado mediante el Ciclo de Calvin (Drincovich *et al*, 1998; citado en Raya y Aguirre, 2008).

## Fotosíntesis C<sub>4</sub> y Respiración

Las plantas C<sub>4</sub> usan inicialmente la enzima PEP carboxilasa (fosfoenolpiruvato carboxilasa) convierte el PEP en oxalacetato (compuesto de 4 carbonos) a partir del bicarbonato que se forma por reacción del CO<sub>2</sub> con el agua, y facilitado por la presencia de la enzima anhidrasa carbónica que cataliza esta reacción. La PEP carboxilasa tiene una afinidad mayor con el bicarbonato que la enzima RubisCO con el CO<sub>2</sub>. El nombre de la fotosíntesis tipo C<sub>4</sub> proviene precisamente de que el primer compuesto orgánico formado (oxalacetato), tiene 4 átomos de carbono. A partir del oxalacetato se produce malato que es un compuesto más reducido, es decir, con más electrones; esto conlleva una pérdida del poder reductor acumulado de la fotosíntesis. El malato formado desprende el carbono fijado en las inmediaciones de la RubisCO, aumentando la concentración de dióxido de carbono respecto al oxígeno en el entorno de esta enzima RubisCO. A partir de aquí el proceso es similar al de las plantas C<sub>3</sub>, en las que el primer producto de la asimilación de CO<sub>2</sub> es el PGA de 3 átomos de carbono. De esta forma se consigue evitar la actividad de oxigenasa de la RubisCO. La formación de malato y su descomposición ocurre en células diferentes, cada una de ellas provistas de cloroplastos especializados en llevar a cabo cada una de las funciones C<sub>3</sub> y C<sub>4</sub>, (García, 2009).

## **Anatomía Foliar de Planas C<sub>4</sub>**

La mayor parte de los haces vasculares de menor importancia en las hojas de angiospermas tipo C<sub>4</sub> están rodeados por un haz de la vaina que se extiende hacia las venas más pequeñas. El origen del desarrollo de las vainas del haz es diferente, y algunos (vainas mestomáticas) se derivan de procambium o tejido meristemático vascular; otros se derivan de los meristemas de crecimiento. La mayoría de las plantas de zonas templadas que poseen la vía C<sub>4</sub> de fotosíntesis muestran una anatomía foliar conocida como anatomía Kranz. La anatomía Kranz se produce en algunos grupos de monocotiledóneas y dicotiledóneas. Se caracteriza por células del mesófilo alargadas que irradian de una sola capa de células parenquimatosas de la vaina del haz que contienen almidón y cloroplastos alargados. Esto normalmente forma una segunda capa de la vaina del haz, aunque en algunos pastos la vaina vascular primaria es la misma retenida para éste fin.

Las plantas C<sub>4</sub> concentran CO<sub>2</sub> por asimilación de carbono fotosintético en células del mesófilo radial, con la consiguiente reducción de carbono fotosintético en el haz de las células de la vaina (Rudall, 2007). La vaina consiste típicamente de células parenquimatosas de paredes finas, a menudo en varias capas. Las células del haz en las plantas C<sub>4</sub>, tienen pocos o ningún espacio aéreo intercelular entre ellas, lo que contrasta directamente con los espacios aéreos muy grandes entre las células del mesófilo que presentan las plantas C<sub>3</sub> (Cutler *et al*, 2007).

## **Estructuras Foliare**

Las hojas son expansiones laminares del tallo de las plantas donde se realiza la mayor parte de las fotosíntesis y la transpiración de las plantas. Algunas modifican su estructura para funcionar como órganos de protección y almacenamiento de agua y nutrientes; la forma de las hojas es muy amplia y variada y depende de las condiciones ambientales en que se desarrolle la especie así como también la distribución y tamaño de las estructuras coinciden por las condiciones ambientales. Los tejidos en las hojas normalmente tienen el mismo acomodo, en un corte transversal se puede encontrar la epidermis cubierta de células revestidas de una cutícula cerosa protectora que impide la pérdida excesiva de humedad; entre la capa superior e inferior de la epidermis se encuentra el mesófilo, tejido parenquimatoso con abundantes cloroplastos.

Las células más próximas a la epidermis superior son alargadas y dispuestas perpendicularmente en una o dos hileras, denominadas parénquima en empalizada; el espacio restante, desde este tejido hasta la epidermis inferior, es ocupado por el parénquima esponjoso, compuesto por células más redondeadas y dispuestas irregularmente, que permiten la formación de espacios aéreos que se conectan con estomas epidérmicos y facilitan el intercambio de gases. Los haces vasculares transportan agua, nutrientes y los alimentos ya elaborados hacia el resto de las hojas y la planta, éstos se localizan en el mesófilo, algunas veces resaltando en la

superficie inferior de la hoja (Villarreal, 1993). De todos los órganos de la planta, la hoja es el más sensible en responder a las condiciones del ambiente, razón por la cual refleja alteraciones morfológicas como consecuencia de los efectos del estrés, al presentar cambios en la síntesis de proteínas, pared celular, espesor de la cutícula y conducta estomática (Trewavas, 2003; citado en Parés *et al*, 2004).

## **Epidermis**

La epidermis es el sistema de células, variable en funciones y estructuras, que recubre el cuerpo primario de las plantas, así como tallos, raíces hojas, flores, frutos y semillas; la principal función es la protección mecánica de tejidos subyacentes, restricción de la transpiración, regulación del intercambio gaseoso. Otra función de la epidermis es la protección contra organismos patógenos de acuerdo al órgano que esté cubriendo, por ejemplo la epidermis foliar interviene en el proceso de fotosíntesis, secreción, diseminación (por ejemplo a través del desarrollo de vellosidades que dificultan el ataque de insectos u otros organismos) (Arbo y González, 2008). En el desarrollo de la planta, las células protodérmicas pueden dar lugar a tricomas, estomas o células pavimento, dependiendo de su posición relativa.

## **Estomas**

Los estomas son poros especializados en el intercambio de gases que se lleva a cabo en la epidermis (liberación de agua y entrada de dióxido de carbono); ello ocurre en la mayor parte de la superficie aérea de la planta, sobretodo en tallos verdes fotosintéticos y hojas. Además de ser el intercambio gaseoso la principal función de los estomas, la densidad estomática es uno de los mecanismos de resistencia estructural que actúan como barreras físicas que impiden la penetración de patógenos en algunas plantas evitando así enfermedades a la planta; además, el número de estomas puede determinar la eficiencia respiratoria y fotosintética, que contribuyen entre otras funciones, en la formación de sustancias químicas capaces de frenar el avance de un patógeno en la hoja (Hernández *et al*, 2006).

Cada estoma consiste de dos células que rodean a un poro central, las capas cuticulares se extienden sobre o debajo de los límites del poro dentro o fuera de las paredes celulares de las células adyacentes o células guardianes. Las células de guardianes tienen forma de riñón en la mayoría de las plantas; los estomas pueden estar hundidos o levantados, y se asocian a menudo con una cavidad subestomática en el mesófilo, causada por la diferencia de extensión de la célula madre y las células guardianes y el desarrollo es en la base de las células del mesófilo (Rudall, 2007). En las mesófilas los estomas están dispuestos al mismo nivel que las células

fundamentales, pero en muchas Gimnospermas y en hojas de plantas xerófitas, los estomas están hundidos y como suspendidos de las células anexas que forman una bóveda, u ocultas en criptas (Arbo y González, 2008).

Otra característica de los estomas es su distribución en la superficie de la lámina foliar. En las hojas en las cuales estas estructuras se ubican en la epidermis superior de la lámina se conocen como epiestomáticas; si están en la inferior, son hipostomáticas y por último, si se presentan en ambas superficies, adaxial y abaxial, son llamadas anfiestomáticas (Flores-Vindas, 1999; citado en Cañizares *et al*, 2003). Por su parte Sánchez-Díaz y Aguirreolea (1996) citados en Cañizares *et al*, 2003) consideran que los estomas tienden a ser mas frecuentes en la superficie abaxial, es decir en el envés de las hojas y en algunas especies, sólo se presentan en esta. De acuerdo con Sánchez (2008), las láminas foliares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl. son hipostomáticas puesto que sólo se presentan en el envés de las hojas.

Las células epidérmicas inmediatamente adyacentes a las células guardianes son llamadas células subsidiarias, las cuales se diferencian morfológicamente para rodear células epidérmicas. Las clasificaciones de tipos de estomas están basadas en el arreglo de células maduras subsidiarias, o sobre su modelo de desarrollo. Los tipos maduros de estomas incluyen anomocítico, anisocítico, diacítico y paracítico. El estoma

anomocítico carece completamente de células subsidiarias; el estoma anisocítico posee tres células subsidiarias desiguales; los estomas diacíticos poseen uno o varios pares de células subsidiarias con sus paredes comunes perpendicularmente a las células de guardia; los estomas paracíticos poseen una o varias células subsidiarias de uno y del otro lado de las células guardianes.

Por otro lado, se considera que los estomas desempeñan un papel vital en el mantenimiento de la homeostasis de la planta y de ahí la importancia de conocer tanto el número como la forma en que los estomas abren y cierran, así como también los factores que controlan estos procesos (Sánchez-Díaz y Aguirreolea, 1996; citados en Parés *et al*, 2004). Roth *et al.* (1986; citados en Cañizares, 2003) plantearon que en los estudios relacionados con la anatomía foliar, se deben considerar fenómenos anatómicos individuales tales como los índices estomáticos (IE), y que este valor puede variar dentro de la misma hoja según la parte del limbo que se utilice (ápice, media o base), en el mismo individuo cuando se consideran las hojas en diferente posición en la planta. Además el ambiente ecológico puede ejercer cierta influencia sobre este carácter. Del mismo modo, la densidad estomática (DE) alta o baja parece estar relacionada con ciertas familias. También existe una relación conspicua entre la DE y el tamaño de las células oclusivas, así las altas densidades se presentan en plantas con células oclusivas pequeñas. La frecuencia estomática es el número de estomas por unidad de área de superficie foliar (Esau, 1927) y según

Wilkinson (1979; citado en Cañizares, 2003) representa un valor diagnóstico para fragmentos de láminas foliares; también señala que el IE sirve para expresar el número de estomas por superficie foliar; independientemente del tamaño de las células epidérmicas. Tanto la DE como la IE pueden estar influenciados por las condiciones ambientales y nutricionales.

### **Tricomas**

Los tricomas son apéndices epidérmicos con diversa forma, estructura y función, su nombre deriva del griego trichos, que significa cabellera; pueden estar en cualquier órgano de la planta, pueden persistir durante toda la vida de esos órganos o ser efímeros. Se originan a partir de meristemoides epidérmicos, iniciándose como una protuberancia y pueden o no dividirse; los tricomas presentan paredes celulósicas recubiertas de cutícula, o paredes secundarias lignificadas. La cutícula puede ser lisa o escultrada, a veces las paredes están impregnadas de sílice o carbonato de calcio. El contenido citoplásmico varía con la función, en general están altamente vacuolados y pueden tener cristales o cistolitos (Arbo y González, 2008).

Los tricomas varían tanto en forma como en función, pueden ser unicelulares o multicelulares, bifurcados o formas no ramificadas, y también escamas, pelos glandulares (secretores), pelos con gancho y con pico. Un papilo es generalmente más pequeño que un tricoma y unicelular, aunque no

siempre se distinga claramente. Los tricomas glandulares poseen un tallo unicelular y una cabeza secretora con una o varias células. Las sustancias secretadas como aceites volátiles son colectadas entre las células secretoras y una cutícula externa, que se rompen posteriormente para liberarlos. Hay muchos tipos de pelos glandulares que secretan gran variedad de sustancias, aceites esenciales y sales. Del mismo modo, la distribución de tricomas que lleva cada hoja varía entre especies; por ejemplo, los tricomas pueden estar en la superficie de la hoja entera, o pueden estar restringidos a ciertas áreas, tales como surcos de la superficie abaxial y los márgenes de la hoja, incluso algunas especies poseen diferentes tipos de tricomas en la misma hoja (Rudall, 2007).

Duke (1994; citado en Martínez y Espinosa, 2005) menciona que los tricomas son útiles para proteger a las plantas de elementos ambientales como la radiación solar o el viento, así como de herbívoros que pueden ser dañados físicamente por los tricomas o envenenados por los compuestos químicos que producen. Los tricomas poseen un importante valor taxonómico ya que el tipo de tricoma puede delimitar especies, géneros y aun familias. Sin embargo, en ocasiones, la densidad y los patrones de distribución responden a las condiciones del ambiente o a la edad de la planta (Martínez y Espinosa, 2005), Valencia y Delgado (2003), demuestran en sus estudios que los tricomas foliares en los encinos han probado ser una de las herramientas más útiles en la caracterización de especies, tanto en aspecto y cantidad, como en tipo y persistencia, ya que se ha visto su

constancia en la mayoría de las especies. En el caso de las especies xerófitas, los tricomas tienen la función de proteger a la planta de las altas temperaturas, así como de disminuir la evapotranspiración.

### ***Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl**

#### **Clasificación Taxonómica**

*Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. Es una planta herbácea que pertenece a la familia Amaranthaceae. A continuación se presenta en el cuadro 1 su clasificación taxonómica.

**Cuadro 1.** Clasificación Taxonómica de *Tidestromia lanuginosa*

Reino	Plantae <sup>1</sup>
Subreino	Tracheobionta <sup>1</sup>
Superdivisión	Spermatophyta <sup>1</sup>
División	Magnoliophyta <sup>1</sup>
Clase	Magnoliopsida <sup>1</sup>
Subclase	Caryophyllidae <sup>1</sup>
Orden	Cariophyllales <sup>1</sup>
Familia	Amaranthaceae <sup>1</sup>
Subfamilia	Gomphrenoideae <sup>2</sup>
Género	<i>Tidestromia</i> Standl <sup>1</sup>
Especie	<i>lanuginosa</i> <sup>1</sup>
Autor	(Nutt.) Standley <sup>1</sup>
Nombre común en México	Espantavaqueros <sup>3</sup> , hierba ceniza, verdolaga de cochi, halita n caahosc'l <sup>4</sup> .
Nombre común en Estados Unidos	Wooly tidestromia, wolly tidestromia <sup>5</sup> , wooly honeysweet <sup>6</sup> , honeymat, honeysweet <sup>1</sup>

1) Natural Resources Conservation Service (2009); 2) Bay Science Foundation (1997); 3) Kress, H. (2009); 4) Johnson (2009); 5) ITIS (2008); 6) Schweich (2008).

## Descripción Morfológica

*Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. es una hierba anual de verano con tallos decumbentes de 10 a 60 cm de largos y de 10 a 15 cm de alto, la planta se reproduce por medio de semillas (The Arizona Board of Regents, 1972).

La raíz es típica, axomorfa, los tallos son bifurcados en repetidas ocasiones, erectos, postrados o tendido; con muchas ramas de color rojo brillante, aunque en otoño se opacan; crecen radialmente de la raíz y miden entre 10y 60 cm de largo. Las hojas son simples, opuestas con pecíolos casi tan largos como el limbo; los limbos son ovados de 5 a 50 mm de largo y de 6 a 25 mm de ancho (The Arizona Board of Regents, 1972). Hojas de color verde grisáceo a blanco cenizo, con pubescencia estrellada, el borde es entero a ondulado, la nervación pinnada (Sánchez, 2008), el ápice es redondeado a obtuso (Barkley, 2009) y la base es cuneada a redondeada.

Las inflorescencias están formadas por grupos de 1 a 3 flores, perianto con brácteas de bordes ovados, obovados, lanceolados o elípticos, de base atenuada u oblicua, de ápice aristado u obtuso; son axilares, sésiles, subtendidas y encerradas por brácteas (Sánchez, 2008). Las flores son bisexuales, parecidas a hojas pequeñas, de 1 a 3 mm de largo (Barkley, 2009), pentámeras, amarillas, glabras o lanuginosas, con filamentos fusionados en una copa de 0.5 a 1 mm, con ovario esférico, crecen en

racimos en las yemas axilares y son inconspicuas al igual que los frutos, los cuales son globulares; las semillas son obovoides, café o rojizas y miden unos 5 mm de longitud (The Arizona Board of Regents, 1972).

## **Ecología**

Rzedowski, (1983), menciona que *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. es una especie xerófita representativa de comunidades vegetales características del desierto chihuahuense.

Por su parte, Quezada y Agundis, (1984), reportan a *T. lanuginosa* como una maleza importante del algodón y vid en las regiones agrícolas de Hermosillo, San Luis Río Colorado y Caborca en Sonora; mientras que Briones y Villarreal, (2001), señalan a esta especie como parte del ecotono situado en la provincia fisiográfica de la Gran Llanura de Norteamérica.

Es una especie tolerante a la sequía, que generalmente habita pendientes; en zonas con disturbios ecológicos que presentan vegetación primaria, aunque puede vivir en bosques riparios, en matorrales desérticos, en comunidades de mezquite-yuca, en pastizales, en dunas costeras, en playas (Barkley, 2009), en bosques de pino-juniperus, y en orillas de caminos (The Calflora Database, 2009). Así mismo, puede encontrarse en depósitos de basalto o de piedra caliza; en suelos aluviales, volcánicos,

sedimentarios, fangosos, rocosos, arcillosos, yesosos, calcáreos, arenosos y salinos (Barkley, 2009).

*T. lanuginosa* surge después de las primeras lluvias del verano según se menciona en The Arizona Board of Regents (1972), además que la floración se presenta entre julio y octubre, en contraste con lo que menciona Barkley (2009) donde se menciona que tal etapa se presenta en las últimas lluvias de invierno y las primeras de primavera. Comúnmente se puede encontrar en condiciones de exposición directa al sol por lo que la temperatura de su medio ambiente debe ser muy elevada; aunque también puede habitar zonas con sombra parcial; no resiste temperaturas inferiores a -1.1° Celsius.

### **Distribución**

*Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl se encuentra ampliamente distribuida desde los 0 hasta los 2100 msnm, en Estados Unidos de América, se le puede encontrar en los estados de Arizona, California, Colorado, Illinois, Kansas, Louisiana, Missouri, New Mexico, Oklahoma, Texas, Utah (Barkley, 2009), Pennsylvania, South Dakota y Nevada (Dave's Garden, 2008; citado en Sánchez, 2008); en México, se encuentra distribuida en el norte en los estados de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Zacatecas; incluso habita en República Dominicana (Barkley,

2009). González *et al* (2007), mencionan que a *Tidestromia lanuginosa* se le puede encontrar formando parte de la vegetación de matorral desértico rosetófilo de la Sierra de Catorce en el estado de San Luis Potosí; y por otro lado, Garza y Navarro (2001) la reportan como una especie de vegetación halófila donde se le puede encontrar junto con *Acacia*, *Randia* y *Sophora* en el estado de Tamaulipas.

### **Importancia Económica**

En relación con el número elevado de especies, la importancia económica de las Amarantáceas es reducida, por ejemplo, algunas especies del género *Amaranthus* se cultivan como hortalizas, por sus hojas y sus semillas ricas en almidón. Numerosas especies mas son utilizadas como plantas ornamentales, otras en cambio se cultivan con fines forrajeros y como plantas medicinales (Raisman y González, 2008). Sin embargo, la mayoría de las especies con consideradas como malezas debido a sus efectos negativos sobre el desarrollo y rendimiento en cultivos; la mayoría de las especies consideradas malezas son originarias del continente americano (Peralta y Royuela, 2009).

*Tidestromia lanuginosa* es una especie apreciada por los pobladores de las regiones donde habita, por formar parte de la dieta del ganado, además de ser utilizada como remedio en infusión para problemas del aparato urinario, como analgésico, incluso como antidiabético (González-

Ferrara, 1998; citado en Sánchez, 2008). Sánchez, (2008), menciona que los componentes químicos de *Tidestromia lanuginosa* pueden ser utilizados para la formulación de champú. Johnson, (2009) señala que se puede fabricar champú mediante la cocción de tallos y hojas, así como para ayudar a controlar dolores como el de cabeza y pies aplicando una compresa de follaje caliente. También se usa para calmar dolores producidos por heridas superficiales en la piel. Además la infusión del follaje ayuda a sacar espinas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Aspectos Generales del Material Vegetativo**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Anatomía e Histología Vegetal del Departamento de Botánica en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN) Ubicada en Buenavista, al Sur de Saltillo, Coahuila, México durante el Otoño de 2008.

### **Material Vegetativo**

El material vegetativo utilizado en la presente investigación consistió de elementos foliares de espantavaqueros *Tidestromia lanuginosa* (Nutt) Standl. Provenientes de Lampazos del Naranjo, Nuevo León; y Saltillo, Coahuila.

### **Colecta de Material**

Se colectaron tres individuos completos de espantavaqueros (*T. lanuginosa*) directamente de las localidades mencionadas con ayuda de una pala tratando de no dañar las raíces. La colecta fue realizada por Rodríguez-Martínez en Junio y septiembre del 2009; en la comunidad de Lampazos se colectaron individuos en terrenos baldíos y en el caso de los individuos de Saltillo se colectaron a orillas de campos de cultivo en el ejido La Majada.

## **Microscopía Electrónica**

El proceso llevado a cabo para las electromicrografías en microscopía electrónica de barrido fue el protocolo establecido por el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León que brindó el servicio. Dicho proceso fue como sigue:

### **Pre-tratamiento de las hojas**

Posteriormente se tomaron cinco hojas al azar de cada localidad y se colocaron en viales de vidrio de tapa roscada conteniendo solución fijadora de glutaraldehído diluido al 5% en amortiguador de fosfato 0.1 M y con un pH de 7.2.

### **Fijación**

Una vez en la solución de glutaraldehído diluido al 5% se mantuvieron las hojas en ésta solución con fines de fijación por inmersión a temperatura ambiente y por 8 horas. Posteriormente se pasaron las hojas a solución lavadora de amortiguador de fosfatos 0.1 M y pH de 7.2; se hicieron tres cambios de 10 minutos cada uno; para después llevarlas a refrigeración en la misma solución a 4 °C.

### **Preparación para la observación**

Se separó el material de la solución lavadora, se seccionó transversalmente en dos cada hoja y se colocó en viales secos sin tapa y allí se dejaron tres días antes del montaje.

### **Montaje**

Los fragmentos de tejido se depositaron en cilindros de bronce de 1cm de diámetro sujetos al mismo con cinta adhesiva de doble lado. Se recubrió en el recubridor de capa fina depositando una capa de 2 nanómetros de oro ionizado.

### **Observación**

La observación y documentación de electromicrografías se llevó a cabo en un Microscopio Electrónico de Barrido modelo Jeol JSH-6490-LV de la marca Jeol Instruments..

### **Laboratorio**

El procedimiento se realizó en el Laboratorio de Anatomía e Histología del Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

### **Raspado**

Se tomaron las 5 hojas de cada ejemplar y se colocaron en cajas petri marcadas de cada localidad y número de individuo, se les añadió agua destilada con unas gotas de cloro para ablandar el tejido y hacer fácil la

remoción de tricomas; después de un periodo de una hora, se tomó cada una de las hojas y con ayuda de un estereoscopio se removió la totalidad de tricomas que cubren el limbo. Con un bisturí y agujas de disección se aplicó la técnica del raspado para remover la capa epidérmica abaxial de la hoja que es donde se encuentran los estomas en *T. lanuginosa*. Cada porción de epidermis tomada de cada hoja se colocó en un portaobjetos y se agregó una gota de colorante Fast Green y un cubreobjetos, como preparaciones semipermanentes para su posterior documentación, dejando un total de 15 preparaciones por localidad.

### **Toma de Microfotografías**

Las preparaciones semipermanentes se observaron en campos de 10X y documentando una microfotografía por preparación que equivale a una repetición, en total sumando 15, con ayuda de un microscopio con cámara integrada de la marca Labomed modelo Digi-2 1500, y con el paquete computacional para microfotografías DigiPro versión 4.0.

### **Análisis y Comparación de Electromicrografías y Microfotografías**

#### **Electromicrografías**

Las imágenes obtenidas de microscopio electrónico se utilizaron para hacer una descripción de los estomas así como su ubicación en la epidermis, así también para determinar la densidad de tricomas para cada localidad.

## **Microfotografías**

Para el análisis de las microfotografías se utilizó el paquete computacional AxioVision Release. Versión 4.7.1.

## **Variables a Evaluar**

### **Índice Estomático**

El Índice Estomático (IE) se calculó mediante la siguiente fórmula sugerida por Wilkinson (1979):

$$IE = \frac{NE * 100}{CE + NE}$$

Donde:

NE: Es el número de estomas por campo de observación.

CE: Es el número de células epidérmicas típicas en el campo de observación.

El campo de observación que se utilizó para la determinación de esta variable fue de 90,000  $\mu\text{m}^2$ .

### **Densidad Estomática**

La Densidad Estomática (DE) se obtuvo contando el número de estomas en un área de 90,000  $\mu\text{m}^2$ , campo de observación utilizado para la variable IE.

### **Densidad de Células Epidérmicas**

La Densidad de Células Epidérmicas (CE), se tomó contando el número de células epidérmicas típicas en un área de 90,000  $\mu\text{m}^2$ .

### **Área Promedio por Estoma**

Se tomó el área de cada estoma localizado en cada campo de observación utilizado para las variables anteriores. El dato se obtuvo dibujando el perímetro de cada estoma documentando el dato en  $\mu\text{m}^2$ . Finalmente se sacó el área promedio de cada campo observado para su análisis estadístico.

### **Densidad de Tricomas Foliares**

Se contabilizaron los Tricomas foliares encontrados en un campo de 1  $\text{mm}^2$ , utilizando 3 electromicrografías por cada localidad.

## **DISEÑO EXPERIMENTAL**

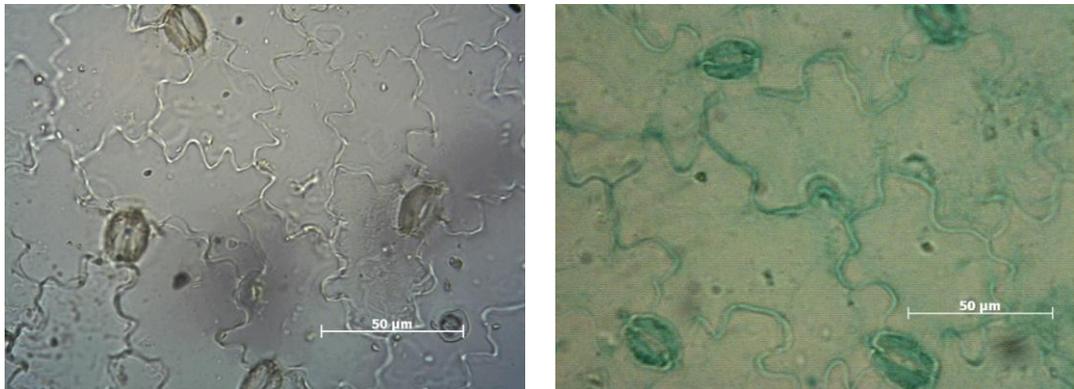
El análisis estadístico utilizado fue un diseño completamente al azar con pruebas de Tukey y Nivel de Significancia  $p \leq 0.01$ , tomando como tratamiento las dos localidades de procedencia de los ejemplares utilizados, con 15 repeticiones que corresponden a cada uno de los campos de observación analizados, a excepción de la variable densidad de tricomas que se utilizaron 3 repeticiones.

Los datos obtenidos fueron analizados con el Paquete de Diseños Experimentales FAUANL versión 2.5 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, de Olivares, 1994.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Microfotografías

En cuanto a la clasificación de estomas según el número y disposición de células anexas, se encontró que *T. lanuginosa* presenta estomas de tipo anomocítico que es el más frecuente en dicotiledóneas y el más antiguo. Este tipo de estomas se caracteriza por carecer de células anexas, y los estomas se encuentran ubicados entre las demás células epidérmicas, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1. Estomas de tipo anomocítico que no presentan células anexas en *Tidestromia lanuginosa*, ejemplares de Saltillo, Coah. (Izq.), y Lampazos, N. L. (Der.), Imagen tomada a 40X.**

En el caso de las variables cuantificadas en el presente estudio, en el Cuadro 2 se muestran los resultados que arrojaron los análisis estadísticos realizados para cada variable y localidad.

## **Índice Estomático**

El índice estomático presentó diferencias estadísticas altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), lo que sugiere una importante variación en la incidencia de estomas, presentándose valores de 27% en las muestras provenientes de Lampazos, Nuevo León en comparación con el índice encontrado en las muestras de Saltillo con valor de 24%. En el caso del coeficiente de variación es aceptable siendo 8.16% para esta variable (Cuadro 2). Las cifras indican que se puede encontrar un mayor número de estomas en relación con el número de células epidérmicas en las muestras de Lampazos. Barrientos *et al*, (2003) reporta índices estomáticos de entre 20 y 25% en tres razas de aguacatero.

## **Densidad Estomática**

En contraste, la variable densidad estomática, muestra estadísticamente diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ), en las muestras provenientes de Saltillo, Coahuila presentaron 214 estomas por  $\text{mm}^2$ , superando a Lampazos que se encontraron 134 estomas por  $\text{mm}^2$  (Cuadro 2) y coeficiente de variación aceptable de 26.39%. Parés *et al*, (2004), reportan fluctuación de entre 110 y 132 estomas por  $\text{mm}^2$ , en dos especies y tres variedades de *Annona*, con métodos diferentes de injertación.

## Densidad de Células Epidérmicas

Aunado a la variable densidad estomática, la variable densidad de células epidérmicas por mm<sup>2</sup>, presentaron diferencias proporcionales a la densidad estomática; en las muestras de Saltillo se encontraron 641 células epidérmicas por mm<sup>2</sup>, superando a las muestras de Lampazos por casi el doble de células epidérmicas típicas que fue de 362 por mm<sup>2</sup>, siendo estadísticamente altamente significativas (p≤0.01). En los estudios realizados por Barrientos *et al*, (2003) reportan relaciones similares entre las densidades de estomas y células típicas epidérmicas.

**Cuadro 2. Resumen de medias obtenidas de las variables evaluadas para cada localidad de colecta de ejemplares.**

LOCALIDADES	VARIABLES EVALUADAS				
	Índice Estomático (%)	Densidad Estomática (mm <sup>2</sup> )	Densidad de Células Epidérmicas (mm <sup>2</sup> )	Área Promedio por Estoma (µm <sup>2</sup> )	Densidad de Tricomas (mm <sup>2</sup> )
<b>Saltillo, Coahuila</b>	24,7033 b <sup>†</sup>	214,44 a	641,48 a	229,83 b	137,77 a
<b>Lampazos de Naranjo, Nuevo León</b>	27,1280 a	134,44 b	362,22 b	359,50 a	134,81 a
<b>C.V. (%)</b>	8,16 **	26,39 **	21,54 **	16,20 **	11,46 NS

<sup>†</sup> Medias seguidas de letra diferente en las columnas, son estadísticamente diferentes.

\* = Diferencia Significativa (p ≤ 0,05)

\*\* = Diferencia Altamente Significativa (p ≤ 0,01)

NS = No Significancia.

C. V. = Coeficiente de Variación.

### **Área promedio por estoma**

En el caso del área promedio que presentan los estomas, se encontró que las muestras de lampazos presentan mayor área de  $359,5 \mu\text{m}^2$ , esto en relación al tamaño de células estomáticas que son más grandes en esta localidad; a diferencia de las muestras de Saltillo, que tienen en promedio  $229,83 \mu\text{m}^2$  (Cuadro 2), estadísticamente resultaron altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ).

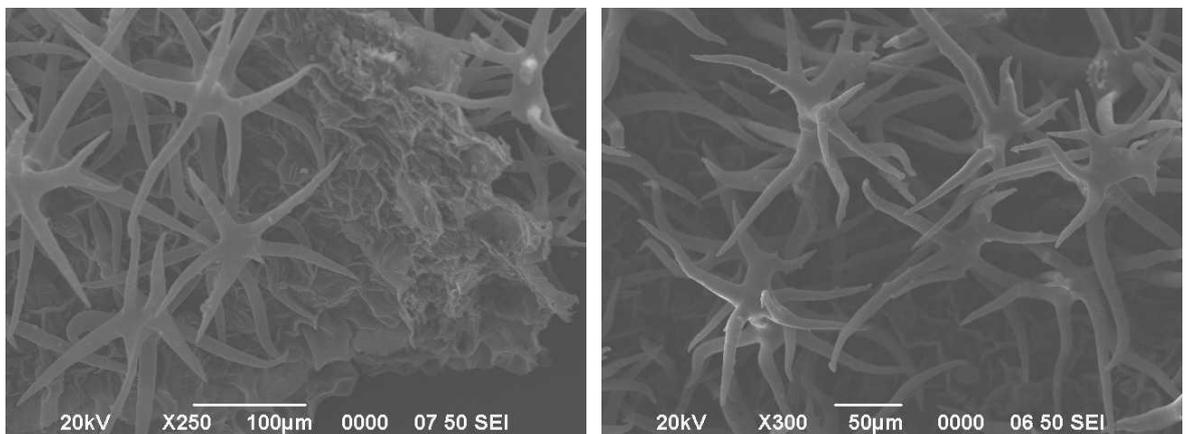
### **Densidad de Tricomas**

En el análisis de los tricomas que presenta *T. lanuginosa*, las electromicrografías muestran a detalle tales estructuras. Son de tipo estrellado con múltiples ramificaciones que se entrelazan cubriendo la totalidad de la superficie foliar (Figura 2). El análisis estadístico realizado para la densidad de tricomas por  $\text{mm}^2$ , tal comparación no presentó significancia estadística (NS), siendo de 137 tricomas por  $\text{mm}^2$  en Saltillo y 134 tricomas por  $\text{mm}^2$  en muestras de Lampazos.

La presencia de tricomas en *T. lanuginosa* se debe a adaptaciones de plantas xerófitas, presentándose como una pubescencia que protege a la planta de la excesiva radiación solar y para evitar la pérdida de humedad. Los tricomas son importantes para otras cuestiones, por ejemplo Valencia y Delgado, (2003), aseguran que los tricomas son más útiles como

herramientas en la caracterización de especies como es el caso de poblaciones de *Quercus sp.*

Los tricomas tienen otras funciones además de reducir la evaporación, como reducir el ataque de fitófagos funcionando como una capa protectora en forma de pubescencia, como lo mencionan Gibson y Turner, (1977), los tricomas glandulares de especies silvestres de papas, atrapan ácaros y otros insectos. Otros autores como por ejemplo, Gallum *et al*, (1966) menciona que *Oulema melanpus*, insecto del Orden Coleóptera, prefiere ovipositar en hojas no pubescentes que en pubescentes; por el contrario, Renwick, (1983) afirma que la mosquita blanca y el áfido del algodón prefieren plantas de algodón pubescentes.



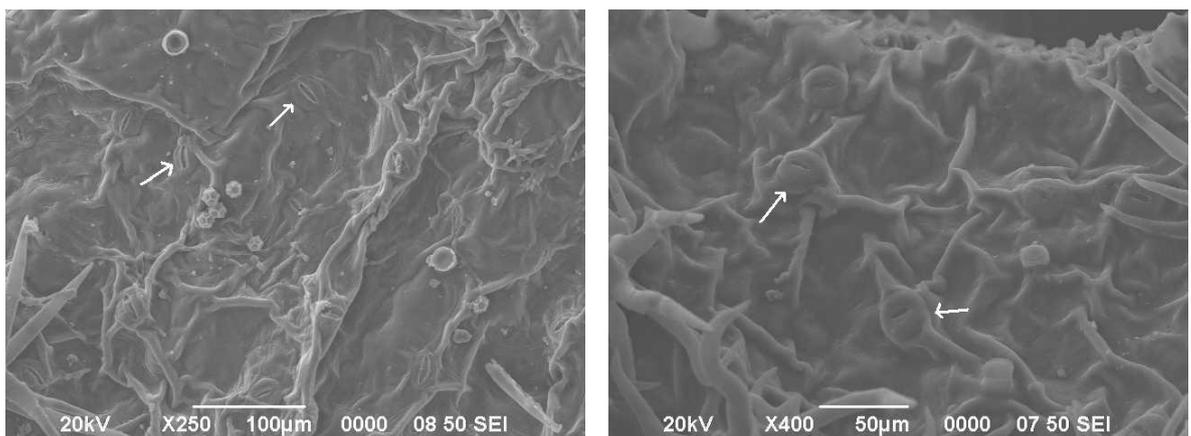
**Figura 2. Tricomas de forma estrellada con 8 a 10 ramificaciones en la superficie foliar de *Tidestromia lanuginosa* en muestras provenientes de Saltillo, Coah. (Izq.) y Lampazos, N. L. (Der.).**

La relación entre la variable densidad estomática y de células epidérmicas es proporcional puesto que entre mas células estomáticas se

encontraban en un campo de observación, el número de células típicas epidérmicas que se encontraban a su alrededor también aumentaba. El área promedio por estoma, está determinado por el tamaño de las estructuras estomáticas; en las muestras provenientes de Lampazos se pudieron observar estomas más grandes aunque menos numerosos por unidad de área.

### Electromicrografías

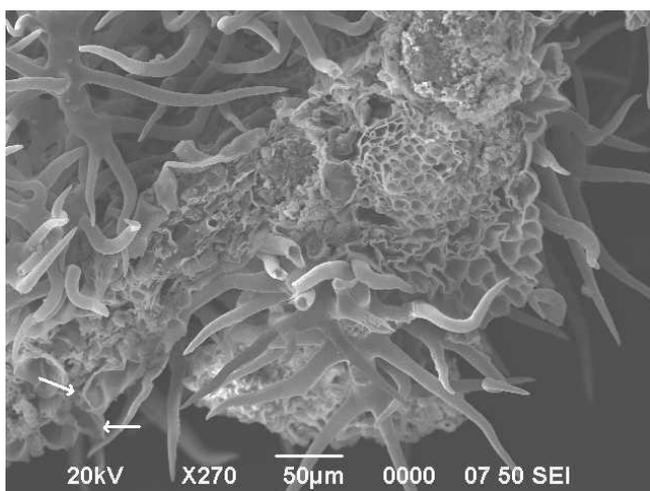
Los ejemplares de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl son hipostomáticos en ambas localidades como lo reporta Sánchez, (2008). En la Figura 3. se muestran estomas típicos; puede observarse la diferencia de dimensiones y de forma de los estomas de cada localidad.



**Figura 3. Electromicrografías de epidermis de *T. lanuginosa*, mostrando dimensiones promedio de estructuras estomáticas de Saltillo, Coah. (Izq.) y Lampazos de Naranjo, N. L (Der.).**

Los estomas de ambas localidades presentaron diferencias visibles en cuanto a ubicación con respecto a las células epidérmicas que los rodean, las estructuras estomáticas de las electromicrografías de muestras de Lampazos se encuentran más elevados sobre la superficie de la epidermis. Esto debido a las condiciones climáticas en que se desarrolla cada ejemplar; en el caso de la muestra de Saltillo, los estomas se presentan al mismo nivel que las células fundamentales como una adaptación para evitar la pérdida excesiva de agua en el clima seco en que se desarrolla, a diferencia de las muestras de Lampazos que se observan elevados ya que se desarrollan en un ambiente más húmedo.

La forma de estomas en ejemplares de ambas localidades es la típica en dicotiledóneas, la forma de riñón, con la cavidad estomática central también llamada ostiolo o poro.



**Figura 4. Corte transversal de hoja *T. lanuginosa* en la que se muestra una cavidad estomática en la superficie adaxial del foliolo. Imagen tomada con microscopio electrónico de barrido en ejemplar de la localidad Lampazos, N. L.**

De acuerdo con lo indicado por Sánchez, (2008), *T. lanuginosa* presenta estomas hipostomáticos puesto que se encuentran en la superficie abaxial de la hoja, lo que se puede observar en un corte transversal de hoja (Figura 4).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con los análisis realizados y en base a los resultados obtenidos, se concluye que existen grandes diferencias tanto morfológicas como en las estructuras epidérmicas foliares estudiadas, de igual forma existen diferencias estadísticas y no estadísticas pero aun perceptibles.

Existe diferencia significativa en el índice estomático de cada localidad siendo de 24,7 y 27,1 para Saltillo y Lampazos respectivamente.

La densidad estomática es mayor en ejemplares de Saltillo con respecto a Lampazos superando por 80 estomas por  $\text{mm}^2$ .

De igual forma se determinó mayor número de células epidérmicas en Saltillo con 641, a diferencia de Lampazos que presentó 362 por  $\text{mm}^2$ .

Al igual se concluye que el área promedio por estoma esta determinado por las dimensiones de tales estructuras puesto que presentaron mayor área estomática las muestras de Lampazos con  $359 \mu\text{m}^2$  con respecto a Saltillo que presentó  $229 \mu\text{m}^2$ , incluso siendo mas numerosos en ésta última localidad.

Len el caso de Densidad de tricomas foliares, se concluye que no muestran diferencia, superando las muestras de Saltillo con 137 a las muestras de Lampazos con 134 tricomas por  $\text{mm}^2$ .

Las comparaciones realizadas demostraron que las condiciones ambientales son un factor determinante en el número de estomas por unidad de área, así como en el tamaño de estas estructuras.

## LITERATURA CITADA

- Arbo, M. M., González, A. M. 2008. Botánica Morfológica, Morfología de Plantas Vasculares. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, República de Argentina. Disponible en: <<http://www.biologia.edu.ar/botanica/>>
- Barkley, T. M. 2009. Flora of North America, *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. Disponible en :<[http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora\\_id=1&taxon\\_id=220013547](http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=220013547)>
- Barrientos, P. A. F., Borys, M. W., Trejo, C., López, L. L. 2003. Índice y Densidad Estomática Foliar en Plántulas de tres Razas de Aguacatero. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 26 (4): 285-290.
- Bay Science Foundation. 1997. *Tidestromia lanuginosa*. Bay Science Foundation Incorporated. Disponible en: <<http://zipcodezoo.com/Plants/T/Tidestromia%5Flanuginosa/>>
- Björkman, O., Berry, J. 1973. High Efficiency Photosynthesis. Scientific American. Vol. 229. pp. 80-93.
- Briones, O., Villarreal, Q. J. A. 2001. Vegetación y Flora de un Ecotono Entre las Provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. Acta Botánica Mexicana. Vol. 55: 39-67.
- Cañizares, A., Sanabria, M. E., Rodríguez, D. A., Perozo, Y. 2003. Características de los Estomas, Índice y Densidad Estomática de las Hojas de Lima Tahití (*Citrus latifolia* Tanaka) Injertada Sobre ocho Patrones Cítricos. Revista UDO Agrícola 3 (1): 59-64.

- Correll, D. S., Johnston, M. C. 1970. Manual of the Vascular Plants of Texas. Ed. Texas Research Foundation. Renner, Texas, E. U. A. 1881 p.
- Cutler, D. F., Botha, T., Stevenson, D.W. 2007. Plant Anatomy An Applied Approach. Ed. Blackwell Publishing, N. Y. EUA.
- Daubenmire, R. F. 1974. Plants and Environment. Wiley International Edition. New York, EUA.
- Dickison, W. C. 2000. Integrative Plant Anatomy. Ed. Academic. San Diego, EUA. 553 pp.
- Esaú, K. 1972. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona España. 779 pp.
- Font Quer, P. 1986. Adaptaciones a los Grados de Humedad. [En línea] Biblioteca Digital de la Universidad de Chile. Sistema de Servicios de Información y Bibliotecas, SISIB. [Fecha de consulta: agosto, 2009]. Disponible en <[http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias\\_forestales/serram01/06.html](http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_forestales/serram01/06.html)>
- Gibson, R. W., Turner, R. H. 1977. Insect trapping hairs on potato plants. PANS. 22:272-277.
- Gallum, R. L., Ruppel R., Everson, E. H. 1966. Resistance of Small Grains to the Cereal Leaf Beetle. J. Econ. Entomol. 59: 827-829.

- García, B. F. J. 2008. Fotosíntesis. Unidad Docente de Botánica de la Escuela Técnica Superior del Medio Rural y Enología, Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. Disponible en: <[http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_11.htm#Una%20solución:%20Otras%20vías%20de%20fijación%20del%20C](http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_11.htm#Una%20solución:%20Otras%20vías%20de%20fijación%20del%20C)>
- Garza, T. H. A., Navarro, S. A. G. 2001. Informe Final Proyecto S085: Avifauna de la Laguna Madre de Tamaulipas. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Disponible en: <<http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/infS085.pdf>>
- González, C. O., Giménez, A. J., García, P. J., Aguirre, R. J. R. 2007. Flórmula Vasculare de la Sierra de Catorce y Territorios Adyacentes, San Luis Potosí, México. *Acta Botánica Mexicana*. (78): 1-38.
- Hernández, Y., Portillo, F., Portillo, M., Navarro, C., Rodríguez, M. Velasco, J. 2006. Densidad estomática en materiales de plátano (*Musa* AAB, AAAB y ABB) susceptibles y resistentes a Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*, Morelet). *Rev. Fac. Agron.* jul. 2006, vol.23, no.3 [citado 28 Julio 2009], p.294-300.
- ITIS, 2009. *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. ITIS Standard Report Page. Integrated Taxonomic Information System. Disponible en: <[http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt?search\\_topic=all&search\\_value=Tidestromia+lanuginosa&search\\_kingdom=every&search\\_span=exactly\\_for&categories=All&source=html&search\\_credRating=All](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt?search_topic=all&search_value=Tidestromia+lanuginosa&search_kingdom=every&search_span=exactly_for&categories=All&source=html&search_credRating=All)>
- Johnson, G. D. 2009. Plantas Medicinales (Étnicas) en Rancho Lobos. Rancho Lobos Etnobotánica. Disponible en: <<http://www.insa.com/rancholobos/rancholobos/etnobotanica.shtml>>

- Kress, H. 2009. *Tidestromia lanuginosa*. Henriette's Herbal Homepage. Disponible en: < <http://www.henriettesherbal.com/plants/tidestromia-lanuginosa>>
- Martínez, G. M., Espinosa, M.S. 2005. Tricomas Foliare de *Croton* Sección *Barhamia* (Euphorbiaceae). Acta Botánica Mexicana 72: 39-51.
- Metcalf, C. R., Chalk. 1979. Anatomy of Dicotyledons. Ed. Clarodendion Press. Vol. I, 2ª ed. Oxford, Reino Unido. pp. 110-117.
- Natural Resources Conservation Service. 2009. *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. woolly tidestromia. United States Department of Agriculture. Disponible en: < <http://www.plants.usda.gov/java/profile?symbol=TILA2>>
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de Diseños Experimentales FAUANL, Versión 2.5. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, Nuevo León, México.
- Parés, M. J., Arizaleta, M., Sanabria, M. E., Brito, L. 2004. Características de los Estomas, Densidad e Índice Estomático y su Variación en Función a la Injertación en *Annona muricata* L. y *A. montana* Madfac. Revista Bioagro 16(3): 213-218.
- Peralta, de A. J., Royuela, H. M. 2009. Flora Arvense de Navarra (Familia Amaranthaceae). Herbario- Departamento de Ciencias del Medio Natural. Universidad Pública de Navarra. Pamplona (Navarra), España. Disponible en: <<http://www.unavarra.es/servicio/herbario/htm/Amaranthaceae.htm>>

- Quezada, G. E., Agundis, M. O. 1984. Malezas del Estado de Sonora y Cultivos que Infesta. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Folleto técnico N° 82. México.
- Raisman, J. S., González, A. M. 2008. Familia Amaranthaceae, Importancia Económica de las Amaranthaceas. Guía de Consultas Botánica II. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura, Universidad Nacional del Nordeste. Corrientes, República de Argentina. Disponible en: <[www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/7.%20Amaranthaceae.pdf](http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/7.%20Amaranthaceae.pdf)>
- Raisman, J. S., González, A. M. 2009. Plantas Xerófitas, Adaptaciones. Disponible en: <[http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3\\_3xerofita.htm](http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_3xerofita.htm)>
- Raya, P. J. C., Aguirre, M. C. L. 2008. Aparición y Evolución de la Fotosíntesis C4. *Rev. Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Medio Ambiente* 14(1): 45-50.
- Renwick, J. A. A. 1983. Nonpreference mechanisms: plant characteristics influencing insect behavior. En, P. A., hedin (ed). Plant resistance to insects, A.C.S.Symposium Series 208. American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 69-100.
- Rodríguez, M. J. F. (2008). Comunicación Personal. Departamento de Botánica, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.
- Rudall, P. J. 2007. Anatomy of Flowering Plants An Introduction to Structure and Development. Ed. Cambridge University Press. Cambridge, Reino Unido. 145 pp.

- Rzedowzki, J. 1983. Vegetación de México. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Ed Limusa. México D.F.
- Sánchez, B. S. V. 2008. Estudio Anatómico-Histológico Comparativo de *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. (Espantavaqueros) Proveniente de Lampazos de Naranjo, Nuevo León y de Saltillo, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Schweich, T. 2009. Eastern Mojave Vegetation. Detailed Area Plant List for Mojave National Preserve, San Bernardino County, United States. Disponible en: <<http://www.schweich.com/arealistdetCASBrMojaveNatIPreserve.html#80Tidlan>>
- The Arizona Board of Regents. 1972. Woolly Tidestromia. An Illustrated Guide to Arizona Weeds. The University of Arizona Press. Disponible en <<http://www.uapress.arizona.edu/onelinebks/weeds/woolytid.htm>>
- The Calflora Database. 2009. *Tidestromia lanuginosa* (Nutt.) Standl. Information of California Plants for Education, Research and Conservation. Disponible en: <[http://www.calflora.org/cgi-bin/species\\_query.cgi?where-taxon=Tidestromia+lanuginosa](http://www.calflora.org/cgi-bin/species_query.cgi?where-taxon=Tidestromia+lanuginosa)>
- Theobald, W. L. Krahulik, J. L., Rollins, R. C. 1988. Trichome Description and Classification in Anatomy of the Dycotiledons. Ed. R. Metcalfe y L. Chalk. Vol I, 2ª Edición. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido. Pp. 40-53.

- Valencia, A. S., Delgado, S. A. 2003. Los Tricomas Foliares en la Caracterización de un Grupo de Especies del Género *Quercus*, Sección *Lobatae* (Fagaceae). Serie Botánica 74(1): 5-15.
- Villarreal, Q. J. A. 1993. Introducción a la Botánica Forestal. Ed. Trillas: UAAAN. México.
- Wilkinson, H. 1979. The Plant Superface (mainly leaf). In: C.R. Metcalfe y Chalk Ed. Anatomy of Dicotyledons. Oxford, Claredon Press. London. pp. 97-165.
- Willner, C. M. 1986. Los Estomas. Ed. Librería Agropecuaria S. A., México, D. F.