

El movimiento como estrategia: Relación biomecánica entre el tipo de estímulo físico y la respuesta mecánica de la *Mimosa Púdica*.

Valentina Betancur Tobón, Diana Conde Ramírez, Elisa Zapata Cataño.

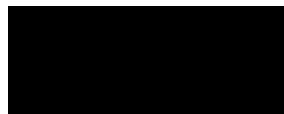
Línea de Investigación en Morfología Experimental, Universidad Pontificia Bolivariana,
Medellín, Colombia.

Resumen

La biomimética es el estudio de la naturaleza como fuente de inspiración para el diseño (Biomimicryberia, 2016). Se encontró que la planta *Mimosa Púdica* es una gran fuente de estudio desde este aspecto, ya que al recibir un estímulo externo reacciona cerrando sus hojas como un mecanismo de defensa, en este comportamiento se encuentra una fuente de diseño de artefactos para la protección personal. Con el fin de encontrar si existe relación en el tipo de estímulo táctil y las respuestas mecánicas que tiene la planta al cerrarse sus folios, se inició una investigación bibliográfica para establecer si había antecedentes relacionados con el tema. Se procedió a identificar las variables necesarias para el proceso de experimentación para tener un resultado óptimo y conciso. A continuación se realizó el experimento en las plantas y con base en la información obtenida se ejecutó una matriz para el análisis claro y organizado de la información recolectada. Se encontró que la planta reacciona diferente según el estímulo y la zona estimulada, y se pudo inferir que el porcentaje de reacción de la planta es mayor en la zona que está más expuesta. Se concluyó que la planta al sentirse en peligro, se cierra para ahorrar energía y protegerse.

Abstract

Biomimicry is the study of nature as a source of inspiration for design (Biomimicryberia, 2016). It was found that the *Mimosa Púdica* plant is a great source of study from this aspect, since upon receiving an external stimulus it reacts by closing its leaves as a defense mechanism, in this behavior there is a source of antique design for personal protection. In order to find out if there is a relationship in the type of tactile stimulus and the mechanical reaction that the plant has when its folios are closed, a bibliographic research was admitted to establish if there were antecedents related to the subject. We continued to identify the variables necessary for the experimentation process to have an optimal and concise result. The experiment was then carried out in the plants and, based on the information obtained, a matrix was executed for the clear and organized analysis of the information gathered. It was found that the plant reacts differently according to the stimulus and the stimulated area, and it could be inferred that the percentage of reaction of the



plant is greater in the area that is more exposed. It was concluded that the plant, feeling threatened, closes to save energy and protect itself.

Palabras Clave:

Respuesta mecánica

Mimosa púdica

Biomimética

Estímulo táctil

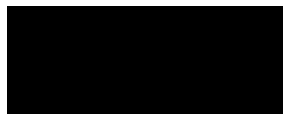
1. INTRODUCCIÓN

La biomecánica de las plantas es la disciplina que estudia el movimiento de las plantas en sus diferentes circunstancias, a partir de esto se inició el proyecto de investigación que tuvo como pregunta: ¿Cuál es la relación entre las características del estímulo táctil y la respuesta mecánica de las hojas de la *Mimosa púdica*? En este proyecto en específico se estudian las características del movimiento de las plantas tras las reacciones generadas por los diferentes estímulos táctiles enfocado en las hojas de la *Mimosa Púdica*. Se comenzó una investigación de los conceptos referentes al tema tratado, creando así un glosario de definiciones para conocer más del tema y poder desarrollar a fondo la investigación.

Se sabe que la respuesta mecánica de la *mimosa púdica* al recibir un estímulo externo se denomina tigonastia (Braam, 2004). También que la temperatura y el nivel de luminosidad influyen en el comportamiento mecánico de la *mimosa púdica*. A mayor temperatura hay mayor velocidad de respuesta y a menor luminosidad hay menor velocidad de respuesta (Sánchez, 2012). En relación a los diferentes estímulos mecánicos que afectan a las plantas, hay 3 términos importantes: la tigmomorfogénesis, que son los diferentes estímulos mecánicos. El tigmotropismo que habla del movimiento y crecimiento de las plantas como respuesta al tacto y la tigonastia que es el crecimiento inducido de las plantas por movimiento o tacto.

Con este proyecto se busca encontrar la relación que hay entre las características del estímulo táctil y la respuesta mecánica que tienen las hojas de la *Mimosa púdica*, con el objetivo de identificar ese movimiento como un referente potencial para el desarrollo de objetos que suplan una necesidad humana, como elementos de seguridad y/o de protección personal y comunitarios. Se buscaron diferentes estructuras con sistemas dinámicos que responden mecánicamente de manera similar a como lo hace la planta, utilizados en techos, juguetes de niños y mobiliario, con diferentes referentes, siempre buscando desplegar y contraer los elementos para una mejor función.

En la figura 1 se muestra un ejemplo de un sistema dinámico aplicado a la esfera de Hoberman. En la figura 2 se muestra un sistema arquitectónico que consiste en una plataforma semicircular que se despliega horizontalmente gracias a unas barras estructurales de enlace y plegado



formando un escenario en media esfera. En la figura 3 se muestra un sistema portable de rápido accionamiento, que sirve para sentarse.

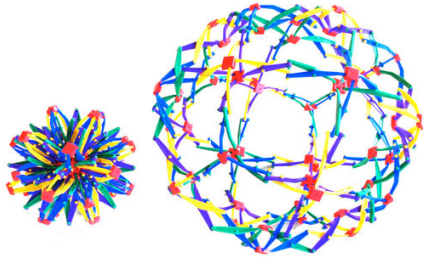


Figura 1. Esfera de Hoberman, sistema retráctil. (Hoberman Designs, 2003)

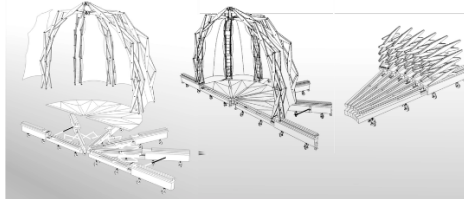


Figura 2. Ilustración de Sistemas arquitectónicos. (Torres, Natalia, 2013)



Figura 3. Fotografía de Sistemas portables de rápido accionamiento. (Tabouret, 2006)

La Biomimética se basa en el estudio de los modelos, sistemas, procesos y elementos naturales con el propósito de imitarlos y así encontrar soluciones prácticas a necesidades humanas, con la condición de que estas sean sustentables. Primero se debe identificar las características a estudiar en la naturaleza. Luego se interpreta trasladando las funciones de la naturaleza al diseño. Se descubren los mejores modelos que se adapten a la necesidad a suplir. Se encuentran los procesos y patrones con los que la naturaleza logra las características antes encontradas. Y por último se desarrollan ideas y soluciones basadas en estas características (Eddie Nahúm Armendáriz Míreles, ingeniería Bioinspirada, 2014). Uno de los grandes campos de estudio en la Biomimética son las plantas.

Para este proyecto el objeto de estudio fue la planta *Mimosa Púdica*, más conocida como Mimosa sensitiva, vergonzosa, moriviví, adormidera, Planta de la vergüenza y dormilona. Es una planta herbácea de unos 50 cm de altura que no pierde sus hojas debido a las estaciones, y no suele vivir más de 5 años. Esta planta tiene la particularidad de plegar las hojas cuando se somete a un estímulo táctil; esto se debe a un mecanismo de defensa de la planta para parecer que está marchita y para evitar la evaporación de agua (Bolonia, 2011). Estas hojas móviles están organizadas simétricamente de un lado a otro desde el tallo central, pareciéndose a los helechos como se ve en la figura 4.

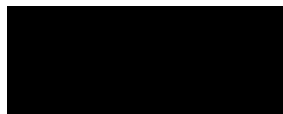




Figura 4. Organización simétrica de los folíolos en las hojas.

La planta tiene un eje primario, constituido por un pecíolo (que une el tallo con la hoja) y un raquis foliar (la columna vertebral de las plantas). A partir de este eje primario, parten varios pares de ejes secundarios (llamados raquis de las pinnas) que sostienen los folíolos. Cada una de estas divisiones (pecíolo, raquis de las pinnas y folíolos) presenta en su base un tejido engrosado y de color oscuro llamado pulvínulo (base en las hojas que puede engrosarse o contraerse para generar movimientos) como se muestra en la Figura 5, en la Figura 6 representa la respuesta mecánica de la planta al recibir un estímulo, mostrando las células de la planta al perder turgencia.

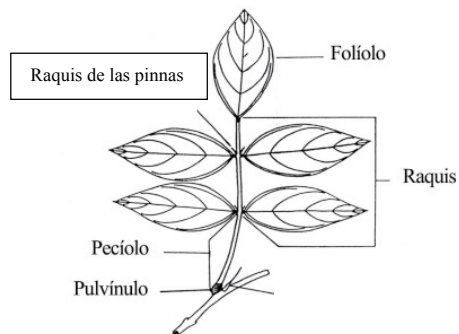
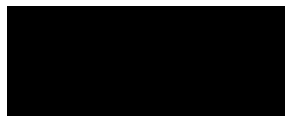


Figura 5. Anatomía de las hojas. (¡Error! Marcador no definido.)



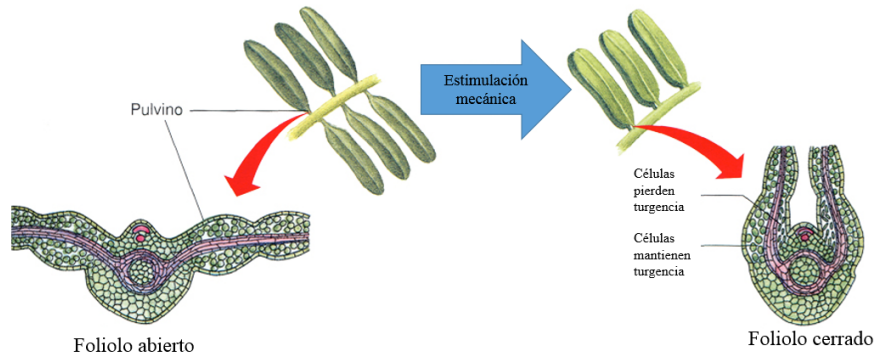


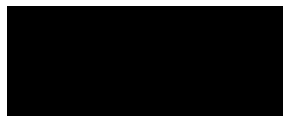
Figura 6. Movimiento y turgencia celular de los folíolos. (Correia, Nuno. 2012)

El pulvínulo tiene células encargadas del mecanismo de movimiento, denominadas células motoras, con estructuras de almacenamiento: vacuolas. Estos movimientos de hojas plegables son el resultado de una pérdida de la turgencia de las células extensoras de órganos motores pulvínulos, situadas en la base de los peciolo. Los cierres de la hoja se deben a la pérdida de líquido de las células las cuales están ubicadas en la base del peciolo de cada hoja y hace que la frecuencia de estos movimientos aumenta proporcionalmente con la intensidad del Estímulo (Morales, s.f.).

En cuanto al estímulo táctil se define como el contacto físico que se da entre dos cuerpos y posterior se da una respuesta, este estímulo implica unas variables como la velocidad, la fuerza, área de contacto, el ángulo, entre otros, que hacen que varíen esas respuestas. Estímulo encuentra su raíz en el vocablo en latín *stimulus*, uno de cuyos curiosos significados es aguijón. Esta palabra describe al factor químico, físico o mecánico que consigue generar en un organismo una reacción funcional, algunas veces transformando su morfología (Gardey, 2008).

La morfología según la RAE es la parte de la biología que trata de la forma de los seres orgánicos y de las modificaciones o transformaciones que experimentan (española, s.f.). La morfología puede transformarse variando la forma y la estructura de un organismo o sistema, también investiga aspectos relacionados a sus funciones, evolución y cómo se relaciona con el medio o entorno.

La realización de este proyecto se justifica desde la profundización del conocimiento científico en torno al comportamiento mecánico de la planta ya que no se encontró ninguna referencia puntual en torno al porqué de estas reacciones mecánicas de las plantas. Sé decidió hacer el proyecto para entender por qué el comportamiento de estas respuestas al cierre de sus hojas. Y también se justifica desde la identificación de conceptos que pueden ser aplicados para el desarrollo de nuevos productos que suplan una necesidad humana, a través de geometrías dinámicas o sistemas transformables para la protección personal o comunitaria.



2. RUTA METODOLÓGICA

A. Materiales

Para este experimento se estimularon 2 plantas maduras de *mimosa púdica* en su hábitat natural en Amagá – Colombia, Figura 7. Para que el experimento fuera más preciso se estimulaba la planta con alguno de los dos estímulos y se esperaba a que recuperara su turgencia para volverla a estimular.



Figura 7. Plantas seleccionadas para el experimento.

B. Métodos

Se definió las variables de entrada a trabajar: Zona de estímulo de la planta, la cual podía ser basal, intermedia o distal, Figura 8. Objeto de estímulo, gota o aguja. Y las variables de salida: tipo de cierre, total o parcial. Y el orden de cierre, secuencial, aleatoria, deflactada o estática, como se muestra en la tabla 1. Luego se desarrolló una matriz para realizar las posibles combinaciones de las variables como se muestra en la tabla 2, y se procedió a Estimular la hoja de la *Mimosa púdica* con cada una de las características definidas caracterizando la respuesta mecánica. En total se realizaron 18 experimentos en cada planta, este procedimiento se registró en video.

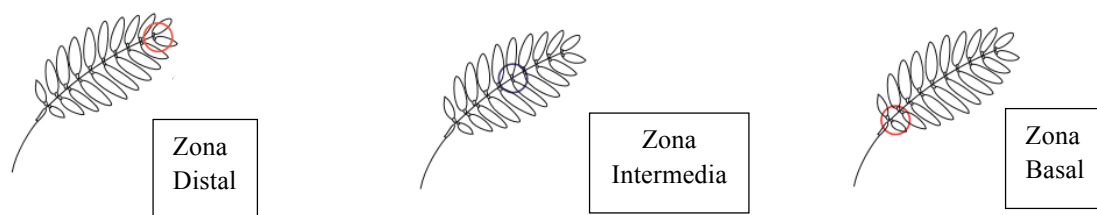


Figura 8
Zonas de la hoja de la *mimosa púdica*



FOLIOS

ROTACIÓN:

PARCIAL - TOTAL



NÚMERO DE FOLIOS:

ALGUNOS - TODOS



HOJA

DEFLEXIÓN:

ESTÁTICA - DEFLECTADA

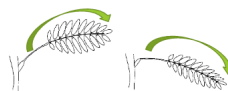


Tabla 1
Variables de entrada y salida del experimento

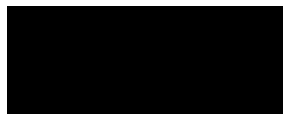
AGUJA			GOTA			AGUJA			GOTA		
BASAL	INTERMEDIO	DISTAL	BASAL	INTERMEDIO	DISTAL	BASAL	INTERMEDIO	DISTAL	BASAL	INTERMEDIO	DISTAL
P1AB1	P1AI1	P1AD1	P1GB1	P1GI1	P1GD1	P2AB1	P2AI1	P2AD1	P2GB1	P2GI1	P2GD1
P1AB2	P1AI2	P1AD2	P1GB2	P1GI2	P1GD2	P2AB2	P2AI2	P2AD2	P2GB2	P2GI2	P2GD2
P1AB3	P1AI3	P1AD3	P1GB3	P1GI3	P1GD3	P2AB3	P2AI3	P2AD3	P2GB3	P2GI3	P2GD3
PLANTA 1						PLANTA 2					

P: PLANTA
A: AGUJA
G: GOTA

B: ZONA BASAL
I: ZONA INTERMEDIA
D: ZONA DISTAL

Tabla 2
Posibles combinaciones de las diferentes variables.

Después de realizar el experimento y tener el registro en video, se procede a analizar la información recolectada, para facilidad a la hora de presentar la información se definieron unas convenciones iconográficas para describir el comportamiento observado en cada planta, zona y con cada estímulo como se muestra en la tabla 3.



AGUJA			GOTA		
BASAL	INTERMEDIO	DISTAL	BASAL	INTERMEDIO	DISTAL
PLANTA 1					

Tabla 3
Descripción de lo observado en la planta 1 después de realizar el experimento

Por último se relacionó la respuesta mecánica y las características del estímulo táctil, para sacar conclusiones del experimento y analizar los resultados poder responder la pregunta de investigación.

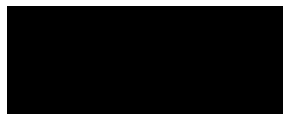
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Al estimular la planta en la zona distal con la aguja se observó que al aplicarle la fuerza verticalmente los folios se cierran secuencialmente pero hasta un punto intermedio. Al estimular la planta con la gota sobre el tallo, los folios se cierran completamente al mismo tiempo. Pero al caer la gota sobre los últimos folios se cierran completamente de forma secuencial.

Al estimular la planta en la zona intermedia con la aguja se evidencio que el tallo se deflecta cerrando los folios del medio. Al estimular la planta con la gota los folios del centro se cierran inmediatamente manteniendo la gota de agua atrapada.

Al estimular la planta en la zona basal con la aguja se evidencio que por lo general los folios no siempre reaccionan, al aplicarse un empuje vertical en esta zona la planta responde deflectandose completamente sin mover ningún folio. Al estimular la planta con la gota los últimos folios se cierran secuencialmente.

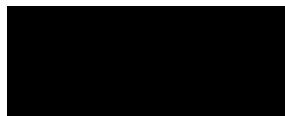
De lo anterior podemos definir que la planta al ser estimulada en las 3 zonas presenta respuestas diferentes, además se puede inferir que un comportamiento diferencial como el observado está relacionado con un ahorro energético para la planta, ya que dependiendo del tipo de estímulo, pareciera no ser todos igual de complejos o peligrosos para ella y por lo tanto su mecanismo de



respuesta depende de ellos, esto pudiera deberse a que las zonas más expuestas de las plantas tienen un mecanismo de respuesta más rápido frente a un estímulo externo

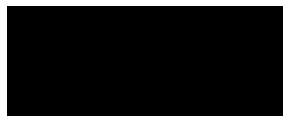
4. CONCLUSIONES

- La relación que hay entre la respuesta mecánica y los estímulos táctiles varía en el cierre de las hojas de la *mimosa pudica*, dependiendo del lugar de la planta que es estimulada (basal, intermedia, distal) y en su reacción (cerrarse algunos folíolos o deflectarse).
- Es más probable que la planta reaccione frente a un estímulo táctil en la zona intermedia y la zona distal, ya que se encontró que en el 91% de los experimentos en la zona intermedia y en el 83% de los experimentos en la zona distal, la planta reacciona frente al estímulo aplicado.
- Con lo encontrado en la investigación se concluye que si es posible tomar como referencia la respuesta mecánica frente a un estímulo táctil de las hojas de la *mimosa pudica*, para el desarrollo de nuevos productos como elementos de protección para motocicletas.



5. Bibliografía

- Biomimicryiberia*. (2016). Obtenido de Biomimicryiberia: <https://biomimicryiberia.com/biomimetica/>
- Blogger*. (8 de 09 de 2013). Obtenido de O complejo mecanismo celular de respuesta vegetal a estímulos externos: <http://biologiateista.blogspot.com/2013/09/o-complexo-mecanismo-celular-de.html>
- Bolonia, C. (2011). *la reserva*. Obtenido de la reserva: http://www.lareserva.com/home/planta_mimosa_pudica
- Braam, J. (13 de 09 de 2004). *Wiley Online Library*. Recuperado el 18 de 08 de 2004, de "In touch: plant responses to mechanical stimuli": <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2004.01263.x/pdf>
- Cheprasov, A. (2015). *study.com*. Obtenido de study.com: <http://study.com/academy/lesson/plant-responses-to-mechanical-stimuli.html>
- Eddie Nahúm Armendáriz Míreles, P. C. (2014). *ingeniería Bioinspirada*. México: Omniasciene.
- Eddie Nahúm Armendáriz Míreles, P. C. (s.f.). *google books*. Obtenido de <https://books.google.com.co/books?id=AL4ZBQAAQBAJ&pg=PA18&lpg=PA18&dq=IDENTIFICAR+Desarrollar+y+perfeccionar+dise%C3%B1os+basados+en+las+lecciones+aprendidas+de+la+evaluaci%C3%B3n+de+los+principios+de+la+vida.+La+naturaleza+trabaja+con+peque%C3%B1os+bancos>
- española, R. a. (s.f.). *RAE*. Obtenido de RAE: <http://dle.rae.es/?id=Pp2aAEL>
- Torres, Natalia (2013) *Experimental*. (s.f.). Obtenido de Sistemas arquitectónicos : <https://smia-experimental.com/2013/04/23/deployable-stage-proposal-of-an-application-with-mobile-structures-2/>
- Gardey, J. P. (2008). *definición*. Obtenido de definición: <https://definicion.de/estimulo/>
- Hoberman. (s.f.). Obtenido de <https://cdn.instructables.com/FBT/6RZO/J1MEQX43/FBT6RZOJ1MEQX43.MEDIUM.jpg>
- Michael. (s.f.). Obtenido de Sistemas interconectadas: <http://www.michaelkipfer.com/deployable-structures>
- Morales, M. (s.f.). *Economía y viveros*. Obtenido de Economía y viveros: http://www.economiayviveros.com.ar/abril2011/produccion_cultivo-plantas_ornamentales_y_flores_de_corte_1.html



Sánchez, L. E. (2012). *Monografias.com*. Obtenido de Influencia de la temperatura sobre Mimosa pudica:
<http://www.monografias.com/trabajos94/influencia-temperatura-mimosa-pudica/influencia-temperatura-mimosa-pudica.shtml>

Study. (8 de 9 de 2015). Obtenido de Plant Responses to Mechanical Stimuli:
<http://study.com/academy/lesson/plant-responses-to-mechanical-stimuli.html>

Esfera de Hoberman. <http://www.instructables.com/id/Hoberman-Sphere/>

Tabouret. (2006) Sistema portable. <http://www.patrickjouin.com/fr/projets/patrick-jouin-id/1326-oneshot.html>

HYPERLINK "<http://www.si.edu/>" \t "si_edu" Smithsonian Institution , Anatomía de las hojas.
<http://biogeodb.stri.si.edu/bioinformatics/sarigua/page/glosario>

Correia, Nuno. (2012) Movimiento y turgescencia celular de los folíolos.
<http://cienciasdavidadater25.blogspot.com.co/2012/04/movimiento-e-turgescencia-celular.html>

