

MONOGRAFÍA

**Reconocimiento de las características morfológicas de la *Guzmania*
Bromeliaceae y *Orquídea Dendrophylax lindenii* durante la absorción de agua para
la biomimetización en superficies.**

Integrantes:

Juan Pablo Mesa Valencia

Andrea Gaviria Palacio

Carolina Mejía Yepes

Universidad Pontificia Bolivariana

Medellín- Colombia

2016

ÍNDICE

1. PLANTEAMIENTO

- 1.1. Tema general del proyecto
- 1.2. Características generales del proyecto de investigación
- 1.3. Problema de investigación identificado – Pregunta de investigación
- 1.4. Elementos del problema de investigación

2. JUSTIFICACIÓN

- 2.1. Validez del proyecto en el contexto de la de investigación en diseño industrial.
- 2.2. Validez del proyecto en el contexto del desarrollo de nuevos productos.

3. OBJETIVOS

- 3.1. Objetivo general
- 3.2. Objetivos específicos

4. MARCO DE REFERENCIA

- 4.1. Antecedentes
- 4.2. Estado del arte
- 4.3. Conceptualización de los elementos del problema

5. METODOLOGÍA

- 5.1. Actividades para la obtención de la información
- 5.2. Técnicas utilizadas para la obtención y recolección de información
- 5.3. Objetos de estudio utilizados
- 5.4. Condiciones particulares del objeto de estudio
- 5.5. Instrumentos de registro de información
- 5.6. Instrumentos y técnicas de análisis de información.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 6.1. Resultados
- 6.2. Discusión de los resultados

7. CONCLUSIONES

- 7.1. Hallazgos más importantes de la investigación
- 7.2. Definición de oportunidades de diseño a partir de los objetivos específicos planteados

RESUMEN

Este proyecto consiste en el análisis de las características morfológicas de dos plantas Epífitas la *Orquídea Dendrophylax lindenii* y la *Guzmania Bromeliaceae*; para determinar, mediante la observación detallada de su estructura interna y externa, cuál es la relación entre dichas características y cómo estas influyen en el proceso de absorción de agua para su posible aplicación en el diseño de superficies que permitan la distribución controlada de agua lluvia y evitar estancamientos en las zonas rurales de Antioquia. Para esto se realizaron ensayos de absorción de agua y caracterización morfológica mediante microscopía óptica. Al finalizar la fase de experimentación se pudo observar que, aunque el proceso de absorción de ambas plantas es muy similar, cada una de ellas cuenta con partes y mecanismos de absorción particulares. Se observó que la *Guzmania Bromeliaceae* almacena el agua en el centro de la planta gracias a la forma cóncava que forman sus hojas y es absorbida a través del toro (poro absorbente) que se encuentran en la parte inferior de la hoja, por un mecanismo de ósmosis; dejándola pasar cada vez que lo necesita. Por otra parte, la *Orquídea Dendrophylax lindenii*, almacena el agua en el velamen que es la capa exterior de la planta formada por células muertas que sirven como contenedor y la va dejando pasar, pero no la contiene por mucho tiempo, de hecho, lo hace por pocos segundos.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto nace a partir de la identificación de los estancamientos de agua lluvia en las zonas rurales de Antioquia. A través de este problema surge la oportunidad de investigar dos plantas epífitas las cuales deben resolver el problema de captación de agua por otros mecanismos que les permitan crecer exitosamente en un hábitat seco (Uribe, 1885); es decir, que su captación de agua no se realiza de manera convencional, sino, por medio de las hojas; como la *Guzmania Bromeliaceae* y *Orquídea Dendrophylax lindenii*, para identificar su método, esto con el fin de identificar cómo las características morfológicas y anatómicas internas y externas de la planta influyen en el proceso de absorción, los resultados obtenidos podrían ser aplicados en el desarrollo de superficies que permitan la distribución controlada de agua y darle una posible solución al problema. La *Guzmania Bromeliaceae* forma una gran e importante familia originaria del área tropical, sobre todo de América, Comprende unas 1000 especies donde sus hojas se encuentran en forma de roseta, o raramente, leñosas. El aspecto rosulado es bastante característico de la familia, suele tener un breve tallo con las hojas dispuestas en roseta y en el centro forman una copa en la cual se acumula el agua de lluvia, que sirve como reserva para la planta y además sirve para el desarrollo de una rica flora y fauna. (Dipbot, 2016) Por otro lado la *Orquídea Dendrophylax lindenii* o fantasma es una especie de planta que vive aferrada mediante un gran número de raíces a árboles, en zonas pantanosas o bosques húmedos de Florida y Cuba y que carece por completo de tallos y hojas. El sistema radicular es el encargado de realizar las funciones de absorción y al mismo tiempo la función fotosintética, el velamen, se encarga de absorber nutrientes y dejar pasar la luz a las células internas que realizan la fotosíntesis. (Martínez, 2014)

El objetivo de este trabajo es reconocer la relación entre las características morfológicas de la *Guzmania Bromeliaceae* y *Orquídea Dendrophylax lindenii* que influyen en el proceso de absorción para su posible aplicación en el diseño de superficies que permitan la distribución controlada de agua lluvia y evitar estancamientos en las zonas rurales de Antioquia en donde es común la ausencia de alcantarillados o su funcionamiento es ineficiente.

1. PLANTEAMIENTO

1.1. Tema general del proyecto

Se estudiarán las características morfológicas que contribuyen a la absorción y al transporte del agua en dos plantas; *Guzmania Bromeliaceae* y *Orquídea Dendrophylax lindenii* con la intención de encontrar una relación entre estos elementos y aplicarlos a una superficie.

1.2. Características generales del proyecto de investigación

El proyecto pretende analizar las características morfológicas que influyen en el proceso de absorción de agua en las plantas para su posible aplicación en superficies. Para ello, se seleccionaron dos plantas epífitas, cuyo sistema de captación de agua se realiza de manera superficial, en este caso, por medio de las hojas, para así realizar una observación detallada de su estructura interna y externa y determinar cuál es la relación entre dichas características y cómo estas influyen en el proceso de absorción.

1.3. Problema de investigación identificado – Pregunta de investigación

En las áreas rurales de Antioquia se presentan estancamientos de aguas en lugares no deseados, debido a la falta de un sistema de alcantarillado adecuado, que no permite la filtración de agua lluvia de una manera efectiva, causando la producción de microorganismos bacterianos que generan enfermedades, afectando a los niños que juegan alrededor de estos estancamientos y animales que beben de los mismos. El estudio de los sistemas de absorción de agua en las plantas, podrá contribuir al desarrollo de una solución a la problemática planteada.

1.4. Elementos del problema de investigación

- Sistemas de absorción de agua en las plantas.
- Estancamiento de agua lluvia
- Plantas epífitas

- Morfología de las plantas seleccionadas.

2. JUSTIFICACIÓN

2.1. Validez del proyecto en el contexto de la de investigación en diseño industrial.

Esta investigación tiene como finalidad encontrar la relación de las morfologías entre las estructuras internas y externas de ambas plantas, para implementarlo en el diseño de una superficie, logrando mejorar la salubridad de los sectores rurales más afectados de Antioquia a causa de aguas estancadas en lugares no deseados, implementando así el diseño industrial para tratar de darle solución a algunos aspectos como la filtración de aguas lluvias, sin necesidad de un sistema de alcantarillado y la disminución en la proliferación de organismos bacterianos; estos aspectos le dan una validez al proyecto ya que contribuyen a la búsqueda de soluciones al problema de una población.

2.2. Validez del proyecto en el contexto del desarrollo de nuevos productos.

Esta investigación arrojará resultados que podrán ser aplicables para la producción de superficies que absorban agua de una manera eficiente ubicándose en los sectores rurales más afectados de Antioquia donde los estancamientos de agua suceden de manera constante, con el fin de beneficiar a toda la población y protegerla de problemáticas causadas por los efectos de la naturaleza.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Reconocer la relación entre las características morfológicas que influyen en el proceso de absorción de la *Guzmania Bromeliaceae* y *Orquídea Dendrophylax lindenii* para una posible aplicación en superficies.

3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la morfología interna y externa de la *Guzmania Bromeliaceae* y la *Orquídea Dendrophylax lindenii*.
- Identificar qué tipo de patrones y/o principios morfológicos, materiales y funcionales favorecen la absorción de agua en las plantas.
- Reconocer las relaciones entre las características morfológicas.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. Estado del arte

- **LAS PLANTAS Y EL AGUA**

Texto elaborado por la Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Agronomía, UBA.

Este es un estudio realizado por la cátedra de fisiología vegetal, el cual se enfoca en la investigación de la regulación hídrica de las plantas (absorción de líquidos), teniendo en cuenta el balance entre el agua que la planta absorbe del suelo para sobrevivir y la que pierde por su transpiración. Este trabajo tuvo un objetivo netamente investigativo, en el cual el resultado final es la recopilación de información, en el cual se definen las temáticas más importantes en la absorción, como su mecanismo de absorción, como es la absorción de agua por la raíz, como es la transpiración de las plantas y la adaptación de las plantas en el entorno. (Casal, 2012)

- **ESTUDIO MORFOLÓGICO Y ANATÓMICO DE *Euphorbia peplus* LINNEO (Euphorbiaceae).**

Este es un experimento realizado a partir de muestras que se tomaron de la *Euphorbia peplus* (Euphorbiaceae) (predios de la Universidad Nacional de Colombia). Se realizaron experimentaciones con las plantas realizando cortes de las mismas para estudiar y establecer su anatomía, su morfología; y extraer de toda esta información características morfológicas que pudiesen ser aplicadas en otras áreas como la arquitectura de *E. peplus*. (Figura 1 (a) y (b)). (Diego Mendivelso, 2014)



(a)

(b)

Figura 1 (a) Vista de planta *Euphorbia peplus*. (b) Vista con acercamiento de hoja y flor de la planta *Euphorbia peplus*. (Diego Mendivelso, 2014)

- **SISTEMA DE CAPTACIÓN Y ACUMULACIÓN DE AGUAS LLUVIAS “MODELO INIA”.**

Jorge Carrasco J., David Mora L., Patricio Abarca R., Cristian Aguirre A.

Esta es una organización que se encarga de recolectar y acumular aguas de lluvia para mantener un equilibrio hídrico al momento de sequía en la zona del secano costero de las regiones Metropolitana, O’Higgins, y del Maule. La organización captadora de agua, le da solución a la población abasteciéndolos de agua en los momentos de sequía y

zonas calurosas, regando las zonas de producción de alimentos para seguir produciendo constantemente.

La organización propone un modelo de colecta de aguas lluvias de precipitaciones desde los techos de las casas o cualquier construcción que posea un techo. La colecta se hace a través de canaletas de material plástico, la cual recoge el agua y la lleva a través de tuberías, hasta un estanque de material plástico, el cual debe estar protegido del sol (Figura 2). (INIA RAYENTUÉ, 2015)



Figura 2. Sistema de recolección de aguas lluvia “Modelo INIA”. (INIA RAYENTUÉ, 2015)

- **EL AGUA DEL MUNICIPIO DE FACATATIVÁ COMO VECTOR DE TRANSMISIÓN DE ROTAVIRUS GRUPO A.**

Paola Carolina Álzate Calderón, Jhon Alexander Hernández Cifuentes.
Universidad Pontificia Javeriana, Facultad de Ciencias, carrera de microbiología industrial. Bogotá D.C. agosto 13 de 2007.

La investigación pretende demostrar la presencia de una enfermedad denominada Rotavirus grupo A. Para dicha investigación fue importante examinar el agua suministrada por el acueducto del municipio de Facatativá, y luego se determinó como esta transmite dicha enfermedad gastrointestinal. Luego de la obtención de los

resultados, se tomaron medidas de carácter epidemiológico para prevenir el aumento de estas infecciones dentro de la población más vulnerable (niños menores de 5). Esta investigación benefició toda la población e Facatativá. (Calderón, 2007)

4.2. Conceptualización de los elementos del problema

Morfología

Concepto denominado para el estudio y la descripción de las formas de un objeto. En este caso, nos referimos a la morfología vegetal que consiste en analizar las formas que constituyen la estructura de cada una de las partes internas y externas de las plantas. (Muller, 2000)

Plantas epifitas

Las epifitas son plantas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos principalmente, por ello, son llamadas, con toda propiedad, epifitas (del griego *epi* que significa “sobre”, y *phyte*, “planta”). El hospedero o “forofito” sobre el que crece una epifita es utilizado sólo como soporte sin recibir más daño que el que pueda provocar su abundancia dentro de su ramaje; por tanto, una epifita difiere de una planta parásita en que esta última obtiene agua y nutrientes del hospedero.

El éxito de la abundancia de las epifitas se debe a numerosas características que presentan como adaptación al medio. Por ejemplo, debido a que el tiempo para obtener el agua es muy corto han desarrollado la capacidad para obtenerla en forma rápida y almacenarla en sus tejidos (suculencia), logrando un efectivo proceso fotosintético y pudiendo sobrevivir a altos rangos de desecación (principalmente epifitas de las familias Cactaceae y Bromeliaceae).

El hábitat de las epifitas es de una austeridad tremenda. Cuentan con un suelo poco menos que inexistente y, por si fuera poco, a menudo se ven sometidas a tasas de

evaporación altísima, que crean condiciones de aridez extrema. En semejante ambiente, sólo sobrevive quien puede absorber agua rápidamente cuando la hay y no la pierde demasiado aprisa en los momentos de crisis. Se ha dicho que la escasez de vida epifítica en los bosques templados se debe no tanto a las bajas temperaturas en sí, como a la larga “sequía” producida por el hielo durante el invierno. En este clima, apenas sobreviven, en calidad de epifitas, algunas plantas inferiores con una demanda de agua relativamente pequeña y una capacidad de reviviscencia alta. (Granados-Sánchez, López-Ríos, Hernández-García, & Sánchez-González, 2014).

Plantas a investigar:

Guzmania Bromeliaceae.

La *Guzmania Bromeliaceae* (Figura 3) forma una gran e importante familia originaria del área tropical, sobre todo de América. Comprende unas 1000 especies de aspecto rosulado, subfruticosas o, raramente, leñosas. El aspecto rosulado es bastante característico de la familia, suele tener un breve tallo con las hojas dispuestas en roseta y en el centro forman una copa en la cual se acumula el agua de lluvia, que sirve como reserva para la planta y además sirve para el desarrollo de una rica flora y fauna. (dipbot, 2016)



Figura 3. *Guzmania Bromeliaceae.* (dipbot, 2016)

Orquídea Dendrophylax lindenii.

La “Orquídea fantasma” (Figura 4), una planta epífita, que vive aferrada mediante un gran número de raíces a árboles, en zonas pantanosas o bosques húmedos de Florida y Cuba y que carece por completo de tallos y hojas. El sistema radicular es el encargado de realizar las funciones de absorción y al mismo tiempo la función fotosintética, el velamen translúcido, se encarga de absorber nutrientes y dejar pasar la luz a las células internas que realizan la fotosíntesis. (Martínez., 2014)



Figura 4. *Orquídea Dendrophylax lindenii.* (Martínez., 2014)

Estancamiento de agua lluvia.

Cantidad indeterminada de agua que permanece quieta en una superficie en ausencia de flujo o de movimiento ya sea por el terreno de la superficie o por falta de alcantarillados.

Los estancamientos se dan en las condiciones climáticas lluviosas, donde se generan acumulaciones de agua en algunos sectores donde la superficie les impide su constante movimiento. Dichas acumulaciones son un problema para la comunidad, ya que Como lo indica el ministerio de salud pública y bienestar social, “Ante continuas precipitaciones registradas en los últimos días en el país, el Ministerio de Salud Pública recuerda a la población la importancia de eliminar el agua acumulada de recipientes y

lugares donde se generen estancamientos para prevenir la propagación de mosquitos, principalmente después de cada lluvia. De esta manera impedir la circulación del Dengue.” (TETA REKUAI, 2016).

Estructura de las plantas.

El cuerpo de una planta consta de un sistema radical y un sistema aéreo. (Figura 5)

El sistema radical es normalmente subterráneo y tiene seis funciones:

- (1) Ancla la planta al suelo
- (2) Absorbe agua y minerales disueltos en el suelo
- (3) Almacena productos excedentes de la fotosíntesis
- (4) Transporta agua, minerales, productos de la fotosíntesis y hormonas
- (5) Produce algunas hormonas
- (6) Interactúa con hongos y microorganismos del suelo que proporcionan nutrientes.

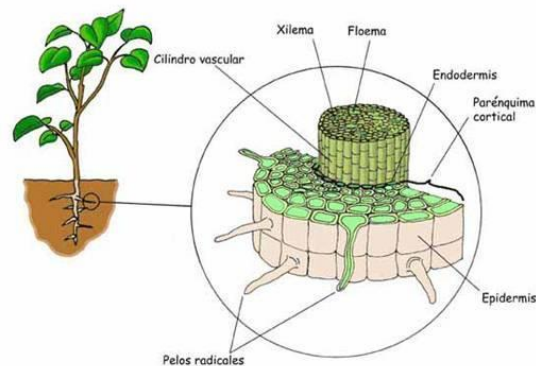


Figura 5. Estructura interna de las plantas y nombramiento de sus partes.
(Aguayo)

Toda la raíz consta de raíz principal que es la parte más gruesa. Las raíces secundarias salen de la raíz principal y no son tan gruesas como aquella. La caliptra o cofia es la protección con la que terminan las raíces. Sirve para que las raíces puedan perforar el suelo. Los pelos absorbentes o radicales son unos filamentos diminutos que recubren las raíces y tiene la función de absorber el agua y las sales minerales del suelo. (Figura 6) (Botanical-online).

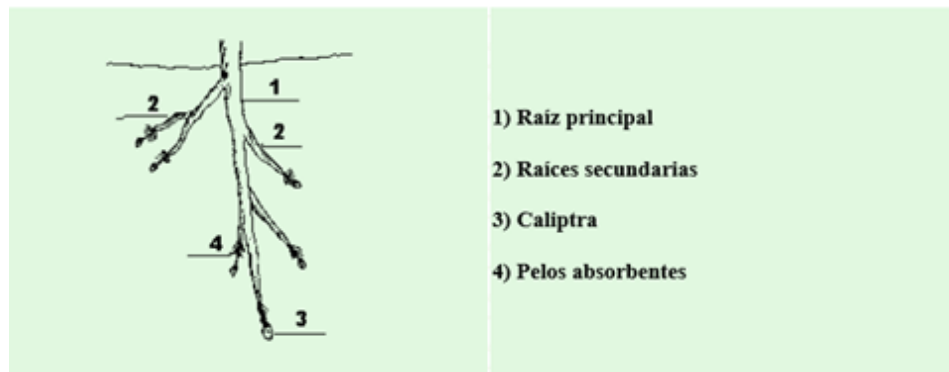


Figura 6. Partes de la raíz de las plantas. (Botanical-online).

El sistema aéreo consta de las partes de las plantas que sobresalen del suelo: tallo vertical con hojas, yemas terminales y laterales (de donde salen ramas), y estructuras reproductivas (flores y frutos) (Figura 7). Las principales funciones del tallo son: fotosíntesis, transporte de materiales, reproducción y síntesis de hormonas.

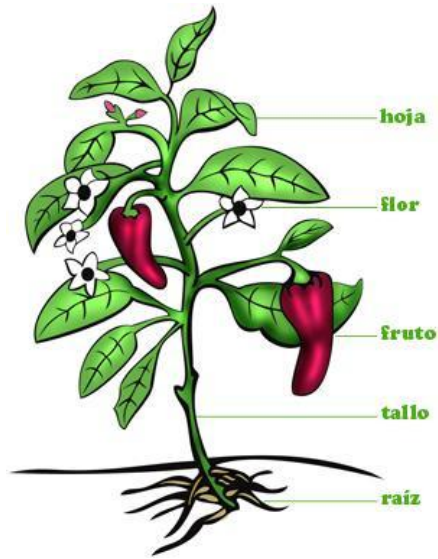


Figura 7. Nombramiento de las partes más identificables de las plantas.
(Botanical-online).

Estructura interna de las plantas

El sistema de tejidos vasculares conduce materiales por el cuerpo de la planta, da resistencia y sostén.

Hay dos clases de tejido vascular:

El xilema transporta agua y minerales disueltos de las raíces al tallo; las células conductoras de la *xilema* son las *traqueidas* y los elementos de vaso.

El floema transporta agua, azúcares, aminoácidos y hormonas a todo el cuerpo de la planta; los miembros de tubo criboso son las células que conducen el floema

(Figura 8). (Aguayo)

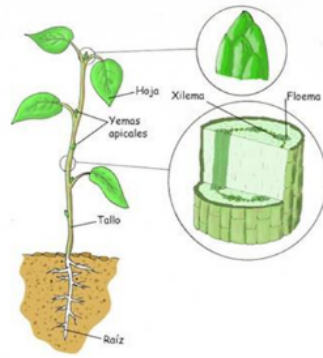


Figura 8. Estructura interna del tallo y sus respectivos nombres. (Aguayo)

El parénquima es el tejido simple más común, más primitivo y el tipo básico de célula diferenciada.

Se encuentra en la médula y la corteza de tallos y raíces, el mesofilo de las hojas, antófilos, nucela, arquesporio, placenta, frutos y en el endosperma en las semillas. También está asociado a los haces conductores, e interviene en la cicatrización de las heridas y la regeneración de los tejidos.

Las células parenquimáticas tienen muchas funciones que se relacionan con su posición en la planta y participación en las funciones de otros tipos celulares. Las células parenquimáticas son de apariencia y estructura variable según la función celular. La plasticidad que exhiben durante su desarrollo es consecuencia del bajo nivel de diferenciación.

Una célula parenquimática típica es de forma isodiamétrica, de 14 lados, no siempre las células alcanzan esta forma y más bien muestran formas variables, debido a sus relaciones espaciales con células vecinas, a la presión y fuerzas de tensión superficial, a su posición en la planta y el tejido, a la formación de espacios intercelulares lisígenos o esquizógenos y a la función que desempeñan. (Prof. Dra. Martha Ana Gattuso, 2016)

El esclerénquima es un tejido constituido por células que al alcanzar la madurez pueden conservar su protoplasto o especializarse totalmente y constituirse en elementos

muertos, con paredes secundarias lignificadas, gruesas, duras, elásticas, que proporcionan resistencia a los órganos de la planta frente a tensiones, pesos y presiones.

Las células esclerenquimáticas presentan una gran variedad de formas, estructuras, origen y desarrollo y el paso gradual de un tipo a otro dificulta su clasificación.

Se dividen, teniendo en cuenta la existencia de tipos intermedios en: fibras y esclereidas.

Las fibras son células largas, con extremos agudos, lumen angosto y paredes secundarias gruesas. Se las encuentra en raíces, tallos, hojas y frutos, asociadas a otros tejidos. Se disponen formando cordones o un cilindro continuo, rodeando a los haces vasculares como vainas o envolturas y también acompañando al floema como casquetes o vainas. Además de estas formas típicas de agrupamientos es posible encontrarlas formando grupos o dispersas tanto en el xilema como en el floema. (Prof. Dra. Martha Ana Gattuso, 2016)

La epidermis es el tejido que cubre el cuerpo primario de la planta y se encuentra en contacto con el medio ambiente, por lo tanto, es objeto de la acción de numerosos agentes biológicos y no biológicos.

Aunque por lo general consta de una capa de células, en algunas especies se divide periclinalmente y da origen a una epidermis múltiple o también podemos observar una hipodermis.

Los órganos con escaso o nulo crecimiento secundario conservan la epidermis mientras viven, cuando existe un crecimiento secundario es reemplazada por la peridermis.

En la epidermis pueden diferenciarse varios tipos celulares:

- Células epidérmicas típicas.
- Células oclusivas de los estomas.
- Tricomas.

- Tricomas radicales.

las células epidérmicas están cubiertas por una “cutícula” más o menos impermeable, la que impide la pérdida de agua por transpiración y por ende la desecación de la planta, pero también se restringe la entrada de dióxido de carbono, son los estomas los responsables de resolver este problema ya que permiten el intercambio gaseoso.

Entre otras funciones poseen la habilidad para desdiferenciarse y volverse meristemática, lo que permite el crecimiento de la planta y la reparación de heridas.

Los tricomas son muy variables en forma y estructura y entre las funciones que desempeñan están: la protección, la absorción y la secreción. (Prof. Dra. Martha Ana Gattuso, 2016)

Trayectoria del agua en la raíz.

En la mayoría de plantas el agua entra por las raíces, especialmente por los *pelos radicales* (*pelos absorbentes de la zona de la raíz*) situados unos milímetros por encima de la caliptra. Estos pelos, largos y delgados poseen una elevada relación superficie/volumen y, pueden introducirse a través de los poros del suelo de muy pequeño diámetro. De esta manera, los pelos absorbentes incrementan la superficie de contacto entre la raíz y el suelo.

Desde los pelos radicales, el agua se mueve a través de la *corteza*, la *endodermis* (la capa más interna de la corteza) y el *periciclo*, hasta penetrar en el *xilema* primario. (García, 2003)

Apoplasto, transmembrana y simplasto.

Cuando el agua entra en contacto con la superficie de la raíz, puede realizar el recorrido por tres rutas a través de las que el agua pueda fluir desde la epidermis hasta la endodermis.

1. En la ruta del apoplasto, el agua se mueve exclusivamente a través de la pared celular sin atravesar ninguna membrana. El apoplasto es el sistema continuo de paredes celulares y de espacios aéreos intercelulares en los tejidos vegetales.
2. La ruta transmembrana es la ruta seguida por el agua que entra en una célula, por un lado, sale por el otro, entra en la célula si siguiente por un lado y sale por el otro, y así sucesivamente, en esta ruta el agua atraviesa al menos dos membranas por cada célula en su camino (la membrana plasmática de entrada y de salida).
3. En la ruta del simplasto, el agua viaja de la célula a célula a través del plasmodesmos. El simplasto está formado por una red continua de citoplasmas celulares interconectados por plasmodesmos. (Lincol Taiz, 2006)

Captación de agua en las plantas epifitas.

El agua necesaria para su metabolismo la suelen absorber de la superficie del tronco. Las plantas epifitas comparten un conjunto de adaptaciones morfológicas, anatómicas y fisiológicas que permiten este tipo de vida

Adaptaciones morfológicas: Una de las adaptaciones más frecuentes de las epifitas aéreas es una disposición morfológica en roseta para, de esta manera, poder captar el agua que se condensa en las hojas, puesto que sus raíces no pueden absorber el agua del suelo. Además, estudios sobre el tema han mostrado que las plantas epifitas forman con mucha frecuencia formaciones en sus raíces llamadas domacios. Éstos son cavidades donde los insectos, y muy frecuentemente las hormigas pueden habitar. A través de la pared celular de los domacios las plantas epifitas pueden conseguir el nitrógeno de los desperdicios de los insectos que las plantas normales absorben del suelo.

Adaptaciones anatómicas: las epifitas como otras plantas con acceso al agua limitado tienen que intentar perder cuanta menos agua posible. Para ello las epifitas han desarrollado una cutícula en las hojas gruesa para evitar la evaporación. También es común en este tipo de plantas la presencia de ceras impermeables o pelos y escamas que

evitan la evaporación por calor. En orquídeas y bromelias las raíces desarrollan un tejido a base de células muertas conocido como el velamen. Durante la época de lluvias absorbe el agua de forma pasiva y durante la época seca impide la salida del agua del tejido. Con el mismo fin de retener agua muchas epifitas son crasas, sus hojas son gordas y retienen una gran cantidad de líquido. (Contreras, 2014)

5. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la investigación se estudiaron dos plantas, la *Guzmania Bromeliaceae* y la *Orquídea Dendrophylax Lindenii*. Ambas especies fueron elegidas debido a que presentan un mecanismo de captación de agua diferente al convencional, con el fin de realizar observaciones morfológicas e identificar y comprender su mecanismo de absorción. Desde el comienzo se tuvo un acompañamiento permanente con un biólogo experto y se empleó la microscopía óptica como técnica de caracterización. Para esto se usó, inicialmente, un estereoscopio OLYMPUS SZ-PT, teniendo como método de recolección de datos fotografías digitales y la recolección de la información en fichas descriptivas. Luego de esta observación general inicial, se procedió con un segundo experimento el cual consistió en la observación de la parte interna de las plantas, para lo cual se utilizó un microscopio óptico de luz directa trinocular marca LEICA-DMLM, con diferentes objetivos (4X, 10X, 40X, 50X, y 100X). Para realizar esta observación se realizaron cortes superficiales, longitudinales y transversales en ambas plantas, para lo cual se empleó una cuchilla minora. Adicionalmente, con el fin observar la manera por la cual se lleva a cabo el proceso de absorción se realizó la tinción de los especímenes con una tinta compuesta por hematoxilina y eosina (Mmegias, 2015) que permite diferenciar los componentes de la planta mediante diferencias cromáticas permitiendo su visualización, esta información fue captada con fotografías descriptivas. Para el tercer experimento, se necesitó una muestra de cada planta, el estereoscopio mencionado anteriormente, la sustancia de tinción, agua con tinta de color y una jeringa con aguja con el fin de observar el recorrido del agua dentro de la planta. Finalmente, para determinar la cantidad de agua absorbida en las plantas, se realizó una experimentación donde un espécimen de cada

una fue deshidratada y posteriormente se le agrego una cantidad controlada de agua; durante varios días estas fueron pesadas con ayuda de una gramera marca Supreme Weight SW-09, con el fin registrar el cambio de peso con respecto al tiempo.

5.1. Actividades para la obtención de la información.

Para la recolección de la información del proyecto de investigación se realizaron diferentes laboratorios; cada uno con un objetivo de análisis diferente. Para la observación morfológica de la estructura externa de la *Guzmania Bromeliaceae* y la *Orquídea Dendrophylax Lindenii* se usó un estereoscopio y para la interna un microscopio óptico de luz directa trinocular, donde el objetivo general era realizar la caracterización de las partes que influyen en el proceso de absorción y establecer una relación entre éstas. También se realizaron experimentos para determinar la cantidad de agua que la planta absorbe. Para esto, fue necesario utilizar una gramera, y un recipiente con agua marcado con medida en gramos; la planta fue regada con una cantidad de agua específica y cada día se tomó el peso para observar la variación de ésta. La información arrojada por este experimento fue diagramada en una tabla.

5.2. Técnicas utilizadas para la obtención y recolección de información

- Microscopía óptica
- Registro digital de video
- Medición del peso

5.3. Objetos de estudio utilizados

Para cada uno de los laboratorios, fueron necesarias muestras de cada una de las plantas, y para la observación que permitió determinar la cantidad de agua absorbida, se necesitó un ejemplar de cada una.

5.4. Condiciones particulares del objeto de estudio

Para las observaciones en el laboratorio era necesario que las muestras de las plantas estuvieran vivas; para controlar esto se cortaba la muestra el mismo día de la actividad y se transportaban envueltas en papel periódico húmedo.

Para el experimento de recolección de agua, las plantas se ubicaron en un ambiente templado y alejadas del sol.

5.5. Instrumentos de registro de información

Para la recolección de la información se usaron videos, fotografías, un diario de campo, tablas y diagramas; cada uno de ellos fue analizado.



5.6. Instrumentos y técnicas de análisis de información.

- Microscopio óptico de luz directa trinocular (marca LEICA-DMLM)
- Estereoscopio (marca OLYMPUS SZ-PT)
- Cámara (marca SUPREME WEIGHT SW-09),
- Tinción (técnica que se emplea en los laboratorios con el objetivo de optimizar la visión de aquello que se observa a través de un microscopio) (Gardey., 2016)

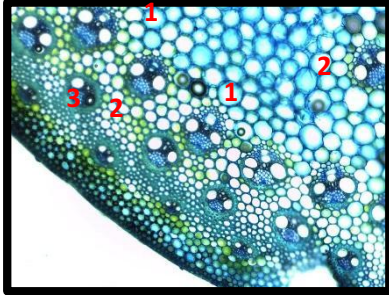
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Resultados

- Caracterización morfológica de las plantas

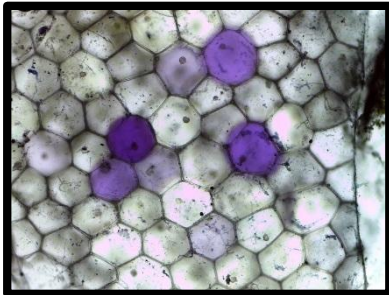
CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA	
<i>Guzmania Bromeliaceae</i>	<i>Orquídea Dendrophylax lindenii</i>
GEOMETRÍA	
parte externa	
	
<p>La hoja de la <i>Guzmania Bromeliaceae</i> tiene una geometría alargada y cóncava, lo que permite la unión entre hoja y hoja formando una espiral al estar todas juntas y entrelazadas.</p>	<p>Las hojas de la <i>Orquídea Dendrophylax lindenii</i> son cilíndricas, alargadas.</p> <p>A medida que van creciendo las hojas van teniendo deformaciones y se vuelven planas en algunos casos.</p>

parte interna



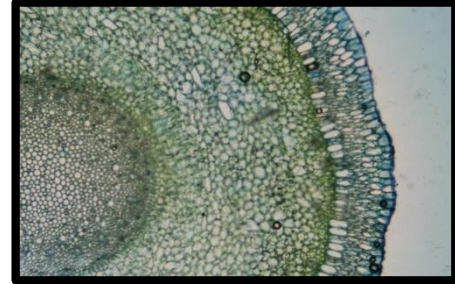
10x – corte transversal

1. Conductos xilema y floema: forma cilíndrica.
2. Cloroplastos: redondos y esféricos.



50x – corte transversal

Células: forma hexagonal



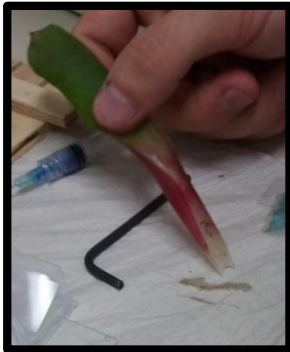
10x – corte transversal

1. as células que componen el parénquima son polígonos irregulares. Las células ubicadas en el centro son más grandes y las que se ubican después de la epidermis y antes de las fibras escleróticas son más pequeñas.
2. as células que componen la epidermis son más alargadas que las demás; creando así una capa protectora.
3. comparación de las células ubicadas en el parénquima, los conductos del xilema y el floema son mucho más redondos y uniformes. Destacando que siempre el xilema es más ancha,

pero en menor cantidad que el floema, siendo este último más angosto, pero en mayor cantidad.

COLOR

Parte externa



Las hojas de la *Guzmania Bromeliaceae* poseen tres colores: verde, rojo y blanco; cada uno de ellos se encuentra en una parte de la hoja y su color tiene una razón.

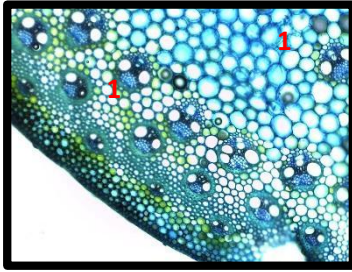
En la parte inferior de la hoja se encuentra el color blanco; esta es la más cercana al centro de la planta y no recibe sol, por lo cual no hace proceso de fotosíntesis, evitando que el agua almacenada se evapore.

La coloración verde y roja varía dependiendo de la especie de *Guzmania Bromeliaceae*, pero dichos colores son propios de esa.



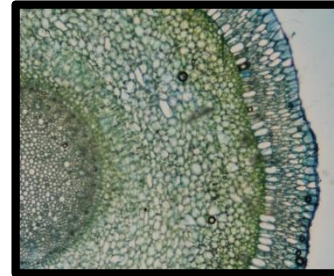
El velamen es de color blanco. Cuando la planta se humedece el velamen toma una coloración verde.

Parte interna



10x – corte transversal

1. Cloroplastos se evidencian de color verde.



100x – corte transversal

1. u tonalidad mayormente azul se debe en gran parte a la coloración utilizada llamada tinción; sin embargo, los cloroplastos los señala de color verde.

TEXTURA VISUAL

Parte externa

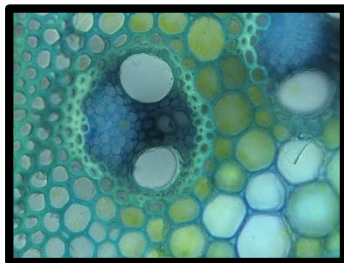


Poros absorbentes ubicados en la parte inferior de la hoja y fibras verticales a lo largo de la misma.



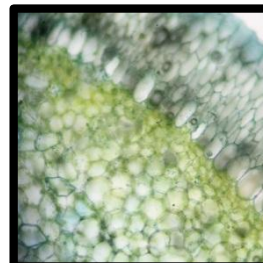
Textura lisa

Parte interna



10x corte transversal

Posee una textura porosa y granulosa.



40x – corte transversal

Textura porosa.

6.2. Discusión de los resultados

GUZMANIA BROMELIACEAE

Para la *Guzmania Bromeliaceae* se observó que la disposición de las hojas en forma de espiral hace que la planta se comporte como un embudo, (Figura 9 (a)) ya que todas las hojas se disponen alrededor del centro con formas cóncavas. Esto, les permite entrelazarse y así captar el agua con facilidad (Figura 9 (b)). Además, se observó que la textura de la bromelia es totalmente lisa, lo cual contribuye a que el mecanismo de captación de agua sea más eficiente, permitiendo que el agua se deslice con mayor facilidad hacia el centro (figura 9 (c)).

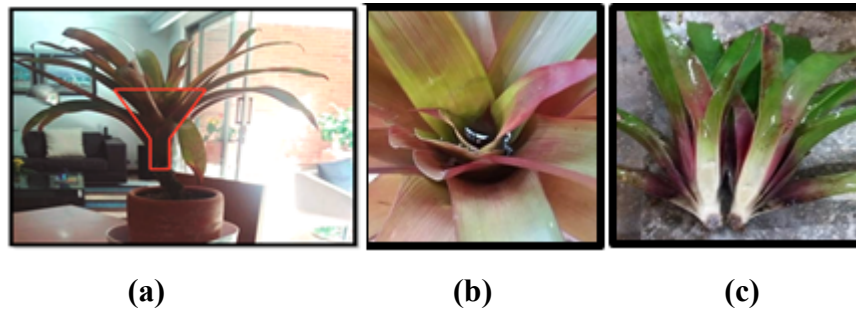


Figura 9. Fotografías de la planta *Guzmania Bromeliaceae*. (a) Representación esquemática del embudo formado, (b) fotografía de las hojas de planta y (c) corte transversal de la *Guzmania Bromeliaceae*.

Por otra parte, se pudo observar, gracias a la caracterización de la estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae* (Figura 10), los diferentes componentes (tejidos) del espécimen (demarcados con letras mayúsculas en la Figura 10). El parénquima (A) es un tejido poco especializado implicado en una gran variedad de funciones como la fotosíntesis, el almacenamiento, la elaboración de sustancias orgánicas y la regeneración de tejidos. Este se encuentra en la corteza y en la médula de tallos y raíces (Mmegias, 2016); los tricomas peltados (B), los cuales son prolongaciones epidérmicas que sirven para evitar herbívoros, guiar a los polinizadores, controlar la temperatura y desecación de las hojas, y proteger frente a un exceso de luz. (Mmegias, 2016); El toro (C) es el espesamiento de la pared primaria a nivel de las puntuaciones, en las traqueidas del

xilema; una célula conductora de la savia, puede cerrar o abrir el flujo de sustancias de la misma (Sitios España, 2015).

Como se muestra en la figura 10, la epidermis (D), es el tejido que cubre todo el cuerpo de las plantas, es el encargado de la protección de la misma, respiración, pasaje de la luz, reconocimiento de patógenos, etc., (Universidad Nacional del Nordeste., 1998 - 2007). El floema (E), es el tejido conductor encargado del transporte de nutrientes orgánicos, especialmente azúcares (Universidad Nacional del Nordeste, 2001 -2013). El xilema (F) un tejido que se encarga del transporte y reparto de agua y sales minerales provenientes fundamentalmente de la raíz al resto de la planta (Universidad de Vigo, 2016).

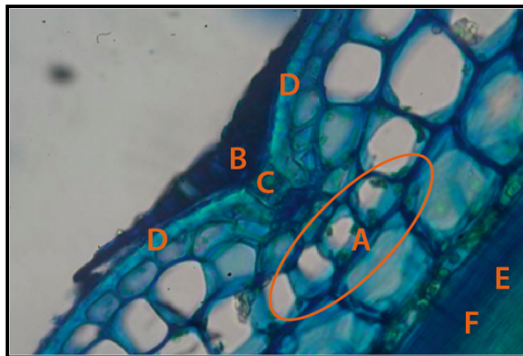


Figura 10. Estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae*

Se determinó que el flujo de agua dentro de la estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae* se da mediante la absorción por parte de la epidermis deslizándose hacia el toro para luego distribuirse a través del parénquima por las células hasta llegar a los ductos del xilema y el floema en donde se separa para que los nutrientes sean transportados por el floema y el agua por el xilema distribuyéndose a través de toda la planta.

Una representación esquemática de este mecanismo se plantea en la Figura 11, donde la línea roja indica el flujo de agua dentro de la planta

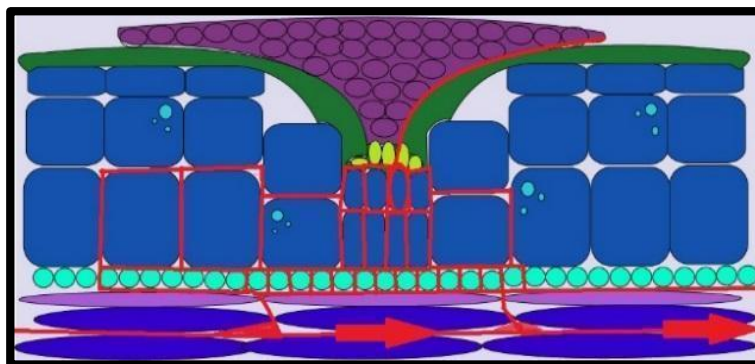


Figura 11. Representación esquemática del mecanismo de transporte de agua observado a través de la estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae*

En la *Guzmania Bromeliaceae*, la disposición de las hojas en forma de espiral hace que la planta se comporte como un embudo, ya que todas las hojas se disponen alrededor del centro con formas cóncavas; esto, les permite entrelazarse y así captar el agua con facilidad. Toda el agua que cae en las hojas de la planta se desliza hacia el centro en donde se almacena durante días para que la planta la absorba por ósmosis, es decir, cuando la necesite.

El material de las hojas es liso, lo que facilita el deslizamiento de agua desde la hoja hasta el centro.

ORQUÍDEA DENDROPHYLAX LINDENII

Por otra parte, en la *Orquídea Dendrophylax Lindenii*, el velamen es un tejido especial que cubre las raíces aéreas de las orquídeas, sirve como un mecanismo de absorción de agua. Las células del velamen, que son células muertas, se saturan de agua después de la lluvia, pero en tiempo seco contienen aire que actúa como aislante contra el excesivo calor y la pérdida de agua (Uribe, 1885). Para esta planta se observó que ésta es la clave para la captación de agua, porque no posee formas cóncavas ni se encuentra dispuesta de manera horizontal para contener el agua. La orquídea se dispone verticalmente y está compuesta por hojas que hacen la función de raíz. (Figura 12 (a)).

La superficie de las hojas de la orquídea posee vellosidades (pelos radicales) que imitan la textura de la gamuza (Figura 12 (b)), lo que incrementa el área superficial de las mismas y, por ende, incrementa la capacidad de la planta para absorber nutrientes y agua (Club ensayos, 2014); Si la textura fuera lisa, como ocurre con la *Guzmania Bromelia*, se dificultará la absorción ya que el agua resbalaría sin ser retenida.

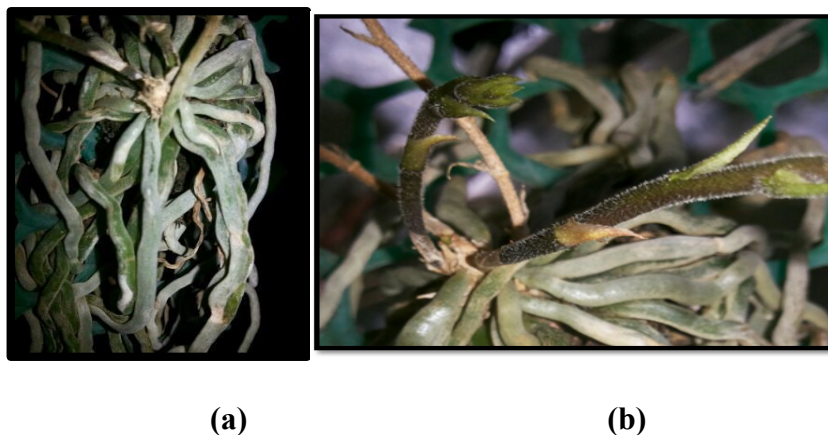


Figura 12. (a) Fotografías de *Orquídea Dendrophylax Lindenii* y (b) Detalle de vellosidad en las hojas.

La estructura interna de la hoja de la *Orquídea Dendrophylax Lindenii* se puede observar en la Figura 13 (a).

Se observó que la primera captación de agua en la *Orquídea Dendrophylax Lindenii* (Figura 13 (b)) se da por el velamen representado por la letra A (Figura 13 (a)), el cual se infla como una especie de esponja cuando está en contacto con el agua y la almacena en sus células por un corto tiempo hasta que es absorbida según su necesidad, luego, pasa poco a poco a las células pequeñas de la epidermis representada por la letra B (Figura 13 (a)), las cuales se encargan de llevarla hacia las primeras células que conforman el parénquima representado por la letra C (Figura 13 (a)), estas, con su reducido tamaño, transportan el agua de una manera más lenta y más precisa para luego llegar hasta el centro del parénquima, donde se encuentran las células más grandes que

realizan el transporte de una manera mucho más rápida y fluida. Luego, llega hasta el final del parénquima, en donde se encuentran células más pequeñas para que el transporte sea más detenido y poder pasar hacia las fibras de esclerénquima representado por la letra D (Figura 13 (a)) es un tejido elástico, es decir que puede ser deformado por tensión o presión, pero retoma su forma original cuando la fuerza desaparece; sirve como soporte para la planta (Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina, 2013). Allí, pasa hacia los conductos de floema y xilema representado por la letra E (Figura 13 (a)), para ser transportada hacia toda la planta (Figura 13 (b)).

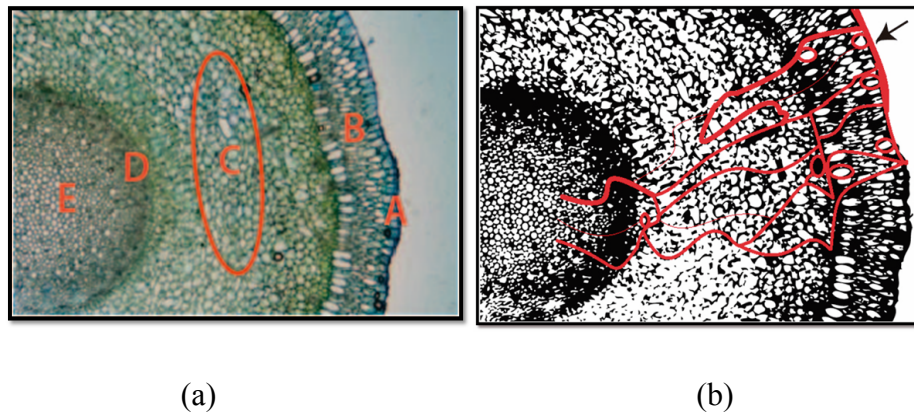


Figura 13 (a) Estructura interna de la *Orquídea Dendrophylax Lindenii*. (b) Esquema transporte de agua a través de la estructura interna de la *Orquídea Dendrophylax Lindenii*

Relaciones:

→ Aunque el proceso de absorción de ambas plantas es muy similar, cada una de ellas cuenta con partes y mecanismos de absorción particulares. La *Guzmania Bromeliaceae* almacena el agua en el centro de la planta gracias a la forma cóncava que forman sus hojas y es absorbida a través de los poros absorbentes que se encuentran en la parte inferior de la hoja, por un mecanismo de ósmosis; dejándola pasar cada vez que lo necesita. La *Orquídea*

Dendrophylax lindenii, almacena el agua en el velamen y la va dejando pasar, pero no la contiene por mucho tiempo, de hecho, lo hace por pocos segundos.

→ Las dos plantas en cuanto a textura, son completamente diferentes. La *Guzmania Bromeliaceae* es totalmente lisa y el agua se desliza por ella con mucha facilidad hasta llegar al centro; la *Orquídea Dendrophylax lindenii*, posee vellosidades que captan el agua al entrar en contacto con ella.

→ La similitud en cuanto a absorción es el almacenamiento, ya sea a corto o a largo plazo. Ambas plantas poseen un sistema de almacenamiento que en el caso de la *Guzmania Bromeliaceae*, le permite capturar y reservar el agua por varios días; y, en el caso de la *Orquídea Dendrophylax lindenii*, capturarla muy rápidamente cada que tiene contacto con ella y reservarla mientras su transporte se da hacia el interior; pudiendo así, por parte de las dos plantas, absorberla sólo cuando lo necesitan.

7. CONCLUSIONES

7.1. Hallazgos más importantes de la investigación

A través de una investigación bibliográfica e investigación experimental en compañía de expertos, se logró entender el proceso de absorción de dos plantas epífitas, para darle respuesta a la hipótesis planteada anteriormente en el proyecto de cómo lograr la absorción de agua en una superficie a través de la biomimetización del sistema de absorción de la *Guzmania Bromeliaceae* y la *Orquídea Dendrophylax lindenii*.

La investigación dio cuenta de varias funciones y componentes morfológicos a tener en cuenta para lograr una absorción óptima en una superficie, tomando aspectos de textura, forma y función.

De cada una de las plantas se analizaron las características más importantes que permiten una absorción eficiente en ellas.

- A. Una textura porosa y vellosa capta y retiene el agua por más tiempo en una superficie, permitiendo que la planta tenga más tiempo para absorberla.

- B. La forma en espiral crea en su centro una especie de compartimiento que permite que el agua se acumule en un solo lugar reteniéndola por un tiempo más largo y así absorber lentamente.

- C. El xilema es un conducto que las plantas poseen el cual funciona como un canal de transporte de agua para transportarla de un lugar a otro.

- D. El material de las plantas está compuesto por capas que actúan como una especie de esponja, ya que en su interior poseen un gran número células conectadas que se encargan de recibir el agua luego del proceso de captación.

- E. Luego de ser captada el agua, esta se distribuye por los desmotúbulos de la pared celular; canales entre célula y célula que transportan el agua hasta el xilema.

7.2. Definición de oportunidades de diseño a partir de los objetivos específicos planteados

La superficie debe tener los siguientes aspectos que ya fueron analizados y se determinaron como elementos clave que favorecen la absorción de agua en ambas plantas:

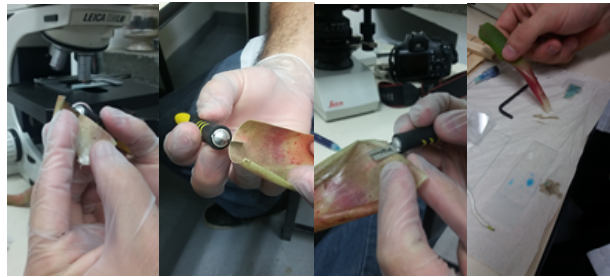
Al tener una superficie con una textura en relieve se logra que el agua al caer tenga mucho más recorrido antes de llegar al suelo y esto podría permitir que parte del agua se evapore antes de caer y así la cantidad de agua que cae al suelo se disminuya.

La forma en espiral permite re direccionar la caída del agua y esto hace que se acumule en un solo sector, pudiendo así, evaporar gran parte y permitir el paso de una poca cantidad.

Los ductos o canales que permitan la distribución del agua por toda el área. si se tratara de una superficie vertical en la parte inferior se podría contar con varias cavidades en forma de espiral que permitan la distribución del agua llegando a pequeños filtros que permitirán su paso lentamente.

8. ANEXOS

Registro fotográfico del proceso de investigación y experimentación



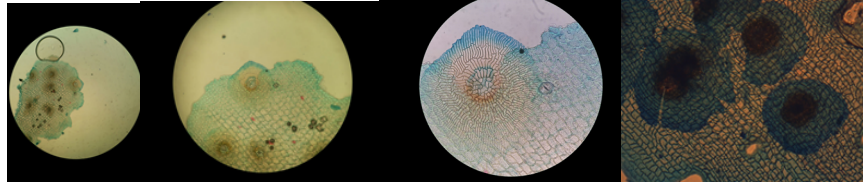
Cortes transversales, longitudinales y superficiales de la *Guzmania Bromeliaceae*



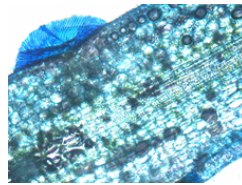
Observación de la *Guzmania Bromeliaceae* en el estereoscopio



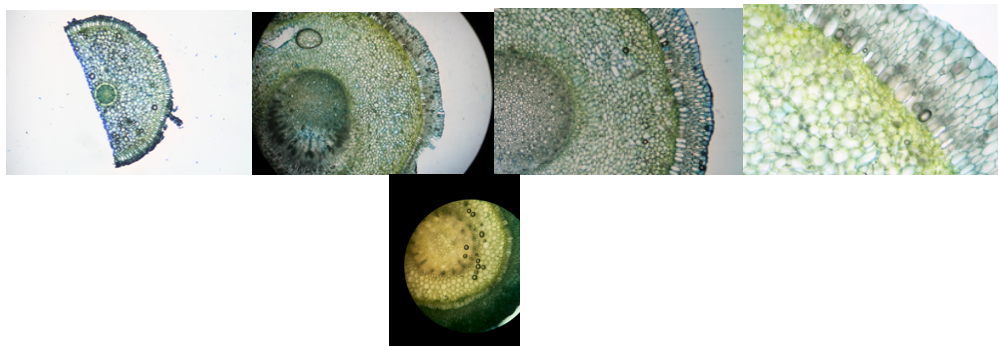
Estructura externa de la *Guzmania Bromeliaceae*



Observación del parénquima en la estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae*



Observación de los conductos del xilema y floema en la estructura interna de la *Guzmania Bromeliaceae*



Observación de la estructura interna de la *Orquídea Dendrophylax lindenii*

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE DATOS

Aguayo, a. a. (s.f.). *monografías*. Obtenido de estructura y fisiología de las plantas: <http://www.monografias.com/trabajos99/estructura-y-fisiologia-plantas/estructura-y-fisiologia-plantas.shtml>

Botanical-online.com. (s.f.). *botanical*
- *online*. obtenido de anturio: <http://www.botanical-online.com/floranthuriumcastella.htm>

Calderón, p. c. (2007). *el*
agua del municipio de facatativá como vector de transmisión de rotavirus grupo
a. bogotá: universidad pontificia javeriana.

Casal, j. j. (2012). *facultad*
de agronomía. buenos aires: universidad de buenos aires. obtenido de
universidad de buenos aires.

Club ensayos. (04 de 05 de 2014). Obtenido de Pelos absorbentes:
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/Pelos-Absorbentes/1677467.html>.

Contreras, R. (09 de 07 de 2014). *biologia.laguia2000*. Obtenido de
Adaptaciones de las plantas epífitas: <http://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/adaptaciones-de-las-plantas-epifitas>

Diego mendivelso, c. p.

(2014). estudio morfológico y anatómico de *euphorbia peplus* linneo. *bdigital*, 2-3

Dipbot. (15 de 02 de 2016). obtenido

de tabla de botánica sistemática:

http://www.dipbot.unict.it/sistematica_es/brom_fam.html

Dipbot. (2016). bromeliaceae. 2016, de tabla de botánica sistemática

sitio web: www.dipbot.unict.it/sistematica_es/brom_fam.html.

García, f. j. (octubre de 2003). *universidad*

politécnica de valencia. obtenido del agua en las plantas- nutrición y transporte de elementos minerales:

<http://www.euita.upv.es/varios/biologia/programa.htm>

Gardey, J. P. (9 de Noviembre de 2016). *Definiciones 2014*. Obtenido de

Definición de tinción: <http://definicion.de/tincion/>

Granados-Sánchez, D., López-Ríos, G. F., Hernández-García, M. A., & Sánchez-

González, A. (30 de 03 de 2014). Ecología de las plantas epifitas. *Chapingo*

Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 102- 105.

Inia rayentué. (2015). *sistema*

de captación y acumulación de aguas lluvias "modelo inia". Chile:

inia.

Lincol taiz, z. y. (2006). *fisiología*

vegetal vol 1. universitat jaume i.

Martínez., a. (04 de 11 de

2014). *orquimaniaco*. obtenido de orquídea fantasma:

<https://orquimaniaco.es/tag/orquidea-fantasma/>

Mmegias. (01 de 11 de 2015). Obtenido de Atlas de histología vegetal y animal:
<http://mmegias.webs.uvigo.es>.

Mmegias. (04 de 10 de 2016). Obtenido de Atlas de histología vegetal y animal:
http://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada_v_parenquima-a.php.

Mmegias. (12 de 08 de 2016). Obtenido de Atlas de histología vegetal y animal:
http://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada_v_proteccion.php.

Muller, I. e. (2000). *manual de laboratorio de morfología vegetal*. Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Prof. Dra. Martha Ana Gattuso, P. D. (09 de 11 de 2016). *Estructura del Cuerpo de las Espermatofitas*. Rosario: Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de http://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/111794/mod_resource/content/2/Estructura%20del%20Cuerpo%20de%20las%20Espermatofitas.pdf

Sitios España. (2015). *Sitis España*. Obtenido de <http://www.sitiosespana.com/diccionarios/botanica/t.htmS>

Teta Rekuai. (31 de marzo de 2016). Salud insta a eliminar el agua estancada y objetos en desuso después de las lluvias. *teta rekuai gobierno nacional*.

Universidad de Vigo. (26 de 06 de 2016). *Atlas de histología vegetal y animal*. Obtenido de Tejidos vegetales:
http://mmegias.webs.uvigo.es/1-vegetal/guiada_v_conductores.php

Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. (2013). Biología.edu. Obtenido de Esclerénquima:
<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema12/12-1escler.htm>.

Universidad Nacional del Nordeste. (2001 -2013). *Morfología de plantas vasculares*. Obtenido de tejidos conductores o vasculares:

<http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema16/16-1.htm>

Universidad Nacional del Nordeste. (1998 - 2007). *Hipertextos del área de la biología*. Obtenido de Tejidos vegetales: sistema dérmico:

<http://www.biologia.edu.ar/plantas/epidermis.htm>

Uribe, a. (1885). absorción de agua y nutrientes en plantas epífitas. fe de erratas, 64.

