

Caracterización de la tapiza en fibra poliéster, para su reutilización como sustrato agrícola

Grupo de investigación: Diseño Avanzado
Línea de investigación: Nuevos Materiales
Ricardo A. Forero R. • Hollman G. Parra •• Ricardo A. Luna C. •••

Recibido: Febrero 28 de 2013 Aprobado: Marzo 22 de 2013

RESUMEN

Este proyecto fue concebido para dar respuesta al problema ambiental generado en la industria autopartista, a partir del material compuesto fibra poliéster/apresto/polietileno utilizado en la fabricación de la tapiza para automóvil. Lo anterior, debido a que al conformar la alfombra para la producción de la tapiza del automóvil, se genera un 33% en peso de desperdicios de material a partir del troquelado. Dicho desperdicio, es difícilmente aprovechables, ya que, su tamaño y geometría no es uniforme. Por otro lado, las diferencias químicas de sus componentes hacen imposible reprocesarlo a partir de calor, la descomposición química a partir de solventes es costosa y además es ambientalmente negativa y la incineración o recuperación energética genera humos y sólidos en suspensión, que también son elementos contaminantes.

Por lo anterior, se planteó caracterizar la tapiza para ver si cumplía con las propiedades necesarias para servir como sustrato agrícola en cultivos hidropónicos, teniendo en cuenta, que las propiedades iniciales de los componentes por separado cumplen con

algunos de los requerimientos iniciales para su implementación como sustrato, principalmente, la fibra.

Palabras clave: Reciclaje, Agricultura Urbana, Fibras Poliéster, Tapiza, Sustrato.

ABSTRACT

This project was undertaken to respond to environmental problems generated in the auto parts industry, from fiber composite polyester / primer / polyethylene used in the manufacture of upholstered car. Above, because the carpet to conform to the production of the lining of the automobile, it generates a 33% by weight of waste material from the die. Said waste is hardly usable as their size and geometry is not uniform. Furthermore, the chemical differences of its components make it impossible to reprocess from heat, the chemical decomposition of solvents is expensive and it is also environmentally negative and incineration or energy recovery generates fumes and suspended solids, which also are contaminants. Therefore, it was decided to characterize the lining to determine whether it met the required properties

- Ingeniero Mecánico. Docente Investigador en el Grupo de Investigación Diseño Avanzado de la Universidad América, Líder de la Línea de Investigación en Materiales y Procesos. Docente en las cátedras de Procesos de Manufactura y la Electiva Plásticos y Compuestos. Universidad de América.
- Estudiante de Ingeniería Mecánica y Estudiante Co-investigador. Universidad de América.
- Estudiante de Ingeniería Mecánica y Estudiante Co-investigador. Universidad de América.
- Ingeniero Depto de perforación Ecopetrol. Proyecto Desarrollado en convenio con Ecopetrol - ICP.

to serve as a substrate in hydroponic farming, bearing in mind that the initial properties of the separate components meet some of the initial requirements for implementation as substrate, especially fiber.

KEYWORDS: Hydroponics, Lining, Polyester Fibers, Recycling, Substrate, Urban Agriculture.

INTRODUCCIÓN

La empresa Thermoform S.A., fabrica autopartes por el proceso de termoconformado, principalmente. Dentro de sus productos, conforman tapizas para la parte interior de los vehículos. Este se hace a partir de un material compuesto de tres capas Fibra Poliester / Apresto / Polietileno, al ser conformado se presenta un recorte que equivale en peso al 33% del material total, el cual, en una investigación previa se determinó que la posibilidad de reaprovechamiento era poco práctico y dispendioso por la diversidad de forma de los recortes; que la recuperación química era costosa y difícil de controlar por la volatilidad de los insumos; que el reprocesamiento como material de carga o refuerzo dentro de un material compuestas era imposible, por la diferencia de características químicas de los materiales componentes.

Por lo anterior, se planteaba al final de ese estudio que la mejor forma de “recuperar” el desperdicio era haciendo una recuperación energética, sin embargo, el problema ambiental seguía latente, pues se cambia de una contaminación visual y ambiental por sólidos en rellenos sanitarios, a una contaminación ambiental por sólidos en suspensión gracias a los humos y gases que se generan en la incineración (Bernal, I., 2010, p. 102).

Actualmente el material sobrante es compactado en forma de cubo con un volumen de 0,0331 m³ y un peso de 80 kilogramos, por paca y llevado a un relleno sanitario para su disposición final.

Revisando el entorno de la sabana de Bogotá, se observa la posibilidad de implementar

los desperdicios como sustrato en los cultivos hidropónicos, ya que, a partir de los criterios iniciales de selección de los sustratos para cultivos hidropónicos, se tienen en cuenta las siguientes condiciones que debe cumplir el material: ser estables a la degradación, inertes química y biológicamente, higroscópicos, de bajo costo de consecución y alta disponibilidad; condiciones con las cuales cuenta la tapiza debido a las características que tienen los materiales que la conforman.

De acuerdo a lo anterior, surge la necesidad de desarrollar un estudio en el cual, se caractericen los desperdicios de la tapiza poliéster como sustrato y de esta forma garantizar que se puede aprovechar este material de desecho de forma que se haga un impacto positivo dentro del medio ambiente.

Se utilizó tapiza poliéster/apresto/polietileno, la cual, fue suministrada por Thermoform S.A., esta tapiza fue molida, por medio de aglutinado y se le realizaron pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas y químicas importantes para sustrato, como son: la granulometría, la densidad aparente, la porosidad total, la velocidad de infiltración, la retención de humedad, la capilaridad ascensional, el Ph, la capacidad de intercambio catódico y la conductividad eléctrica, realizando además, la prueba de fitotoxicidad.

Los materiales que actualmente encontramos en los cultivos sin suelo (cultivos, semillas y ornamental), encontramos principalmente: la turba, la cascarilla de arroz, la fibra de coco, la lana de roca, la perlita y la escoria, materiales que generalmente son subproductos de consecución local del cultivo.

Este proyecto se adelanta, dentro de la Línea de Investigación en Materiales y Procesos dentro del Grupo de Investigación en Diseño Avanzado, de la Fundación Universidad de América, en la cual, se viene posicionando un área de investigación en reciclaje y reaprovechamiento de materiales, de manera de generarle a estos

un impacto o re-direccionamiento positivo hacia al ambiente.

MARCO TEORICO

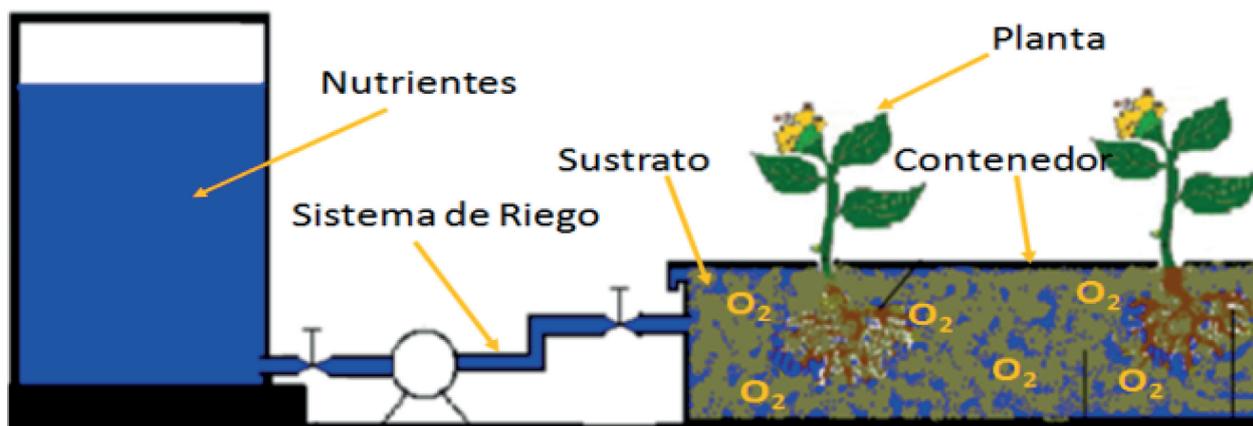
Hidroponía

Según (Correa, M., 2009, p. 12), la palabra hidroponía proviene de la combinación de dos palabras griegas Hidro = agua y ponnos = trabajo, siendo una técnica de producción de cultivo sin suelo. Los alimentos que necesita la planta son

proporcionados mediante una solución nutritiva, la cual, básicamente está compuesta por nutrientes minerales disueltos en agua; el soporte lo brinda un sustrato inerte que es el encargado de anclar la planta y retener dichos nutrientes.

Así, el cultivo sin tierra, es el método que consiste en proveer a las plantas los alimentos, para su crecimiento, no por medio de su hábitculo natural, la tierra, sino por medio de una solución sintética de agua y de sales minerales diversas (Hunterwal, G.O., 1996, p. 23), de tal forma como se puede evidenciar en la Figura 1.

Figura 1. Sistema hidropónico.



Fuente: Los Autores.

Este tipo de cultivo, permite obtener plantas de todo tipo como por ejemplo hortalizas, flores, frutales, pastos para forraje, plantas ornamentales, plantas medicinales, entre otras; con excelente calidad, optimizando el uso de agua y fertilizantes. Permitiendo cosechas durante todos los meses del año, además de cosechas en lugares donde por siembra tradicional no se podría obtener.

Los elementos básicos que componen un sistema de cultivo hidropónico son:

- Las semillas y las plantas
- El contenedor
- El sustrato

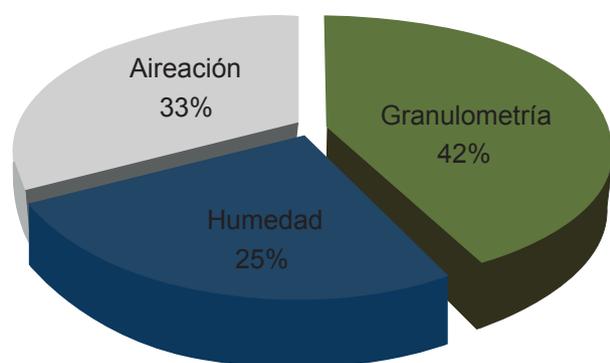
- Los nutrientes
- El sistema de riego

Sustrato

Para este estudio, el elemento de referencia de vital importancia es el sustrato, que se puede definir como todo material, natural o sintético, mineral u orgánico, de forma pura o mezclado, el cual, se utiliza para remplazar la tierra (suelo), cuyas funciones son servir de soporte o anclaje y de medio de transporte del agua, los nutrientes y el oxígeno a las raíces, además de ser el medio oscuro para el desarrollo del sistema radicular, función que es vital para crecimiento de la planta.

Como menciona (Rosas, A., 2009, p. 27), existen una gran cantidad de materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos, y su elección depende principalmente de su disponibilidad, su precio y las propiedades que tenga. En la Figura 2, se evidencia el porcentaje en peso de cada característica, que junto a la disponibilidad, el costo y el que sea inerte química y biológicamente, permiten la asignación del material como sustrato.

Figura 2. Principales características en porcentaje de un buen sustrato



Fuente: Datos tomados de Rosas (2009)

El sustrato es un factor clave en el éxito del cultivo, existe una gran variedad de materiales como: la perlita, turba, corteza de pino, cascarilla de arroz, lana de roca, piedra pómez, escoria entre otros, que se emplean como sustratos; sin embargo, se le ha dado poca importancia a su caracterización, la cual, desempeña un papel clave en el manejo de estos.

Un sustrato es un sistema que consta de tres segmentos principales: inicialmente es un segmento sólido, fragmentado, encargado de dar el soporte o el anclaje mecánico a las raíces y por ende a la planta, generando su estabilidad; el segundo segmento es líquido-sólido, su función es la de aportar el agua y los nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta; y por último encontramos el segmento gaseoso en cual se aporta la oxigenación necesaria. A partir de esto, se hace

indispensable conocer las propiedades físicas y químicas del sustrato, ya que, son determinantes para su manejo.

De acuerdo a esto, los criterios a tener en cuenta para la selección de un material como sustrato, son:

- Debe retener la humedad
- Debe ser liviano
- Debe ser abundante
- Debe ser inerte
- Debe ser de bajo costo
- Debe permitir la aireación de las raíces

En cuanto a los desperdicios de la tapiza, se adelantaron los ensayos pertinentes para determinar si cumple con la mayoría de estos requerimientos.

En la Figura 3, se compara el molido de la tapiza con dos de los sustratos más utilizados dentro de los cultivos hidropónicos, como son: la cascarilla de arroz y la turba.

Reciclaje

Los residuos presentan graves inconvenientes para el medio ambiente, por lo que se debe propender por reutilizar y/o recuperar para reducir el volumen de los mismos.

Una buena gestión de los residuos, tiene como fin el de contribuir a la preservación y uso racional de los recursos naturales.

En Colombia la tecnología más utilizada para el aprovechamiento de los residuos plásticos es el reciclaje mecánico (Hunterwal, G.O., 1996, p. 23). En una proporción no muy significativa, se están dando también experiencias en el reciclaje químico y se está evaluando la incineración como recuperación de energía en el manejo de algunos empaques y envases plásticos contaminados con agroquímicos.

Para mitigar la generación de residuos, es importante empezar adecuar el diseño de los pro-

ductos en el proceso de fabricación y modificar los hábitos de consumo, de esta manera se lograría reducir la cantidad de estos.

Figura 3. Sustratos utilizados para el desarrollo del proyecto.



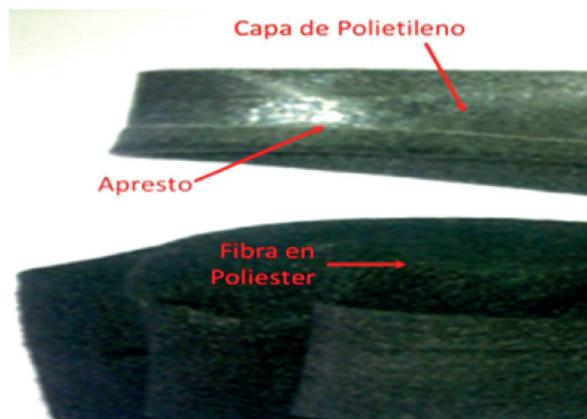
Fuente: Los Autores.

El reciclaje es un proceso que consiste en someter a un proceso fisicoquímico y/o mecánico a una material o producto ya utilizado, para obtener materia prima o un nuevo producto. También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, del marco económico y para eliminar de forma eficaz los desechos. El principio es el de minimizar el volumen y peso de los residuos para resolver el problema de los estos.

Dentro del Reciclaje se puede reconocer diferentes estrategias, así:

La Reutilización, consiste en la optimización del uso del producto durante su vida útil, a través de sistemas retornables, para suplir las necesidades y cumplir con su función inicial de fabricación, contribuyendo a la reducción de residuos sólidos.

Figura 4. Desperdicio de Tapiza en la empresa THERMOFORM S.A.



Fuente: Los Autores.

El Reaprovechamiento, es un método que pretende buscar otra aplicación a un producto ya usado o a un desecho que por condiciones de fabricación no se ha utilizado, en otras palabras es el re-uso de un producto en una aplicación distinta pero posible.

El Reproceso, es el método por el cual el material es recuperado, molido y nuevamente fundido para obtener un producto igual o distinto al original.

Tapiza Fibra Poliéster

Es un material compuesto por tres capas de diferentes materiales poliméricos, los cuales son: las fibras que son poliéster saturado; el "apresto", material desconocido debido a la confianza industrial de sus fabricantes (en corea), este material se asemeja a un caucho natural el cual cumple con la función de anclar las fibras con una tercera capa de polietileno de baja densidad. En la Figura 4, se identifica la tapiza y sus elementos constituyentes.

METODOLOGÍA

Este proyecto es de enfoque teórico-práctico, debido a que para el desarrollo del mismo se uti-

lizaron varios métodos, a partir de la observación directa y pruebas para determinar el comportamiento de la tapiza poliéster como sustrato, la pruebas fueron realizadas en las instalaciones de Dr. Calderón Labs, en la ciudad de Bogotá.

Una vez molidos los recortes de la Tapiza poliéster por medio de aglutinado, y según lo anterior, las pruebas que se realizaron, consistieron principalmente, en la determinación de las propiedades físico-químicas del material molido de la tapiza y otras, como son: la disponibilidad, el costo, estabilidad física y el nivel de toxicidad del material.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Propiedades Físicas

Es un aspecto importante, ya que, una vez el material este cumpliendo su función como sustrato, difícilmente se puede acondicionar para mejorar sus características, a diferencia de las propiedades químicas las cuales podrían ser ajustadas, a partir, de la frecuencia del riego y/o de la preparación de los nutrientes. Razón por la cual, suele darse más importancia a las propiedades físicas en la selección de los sustratos.

Las propiedades físicas de un sustrato suelen variar considerablemente en función de la distribución porcentual de las partículas. Es muy importante que todo sustrato quede definido por esta característica, ya que, muchas de las propiedades están relacionadas con el tamaño de la partícula y esta varían sus propiedades.

Granulometría: Se refiere al tamaño de las partículas. En suelos se utiliza como índice de la estructura, pero no se puede utilizar en sustratos como único indicador de la estructura, puesto que están constituidos por partículas de distintos tamaños.

La granulometría de los materiales utilizados como sustratos suele ser muy variable, depen-

diendo de factores como: origen, sistemas de recolección, condiciones de trituración y tamizado.

Para la tapiza, la granulometría depende generalmente del grado de molienda del material original; si las partículas resultantes son muy grandes darán origen a un sustrato con escasa retención de agua. Como se puede observar en la Tabla 1, el gran porcentaje del tamaño de las partículas del sustrato propuesto tiene una mayor presencia de sus partículas en un diámetro de 4 mm.

Tabla 1. Resultados del análisis de granulometría de la tapiza poliéster.

Malla en pulgadas	3/8	1/4	5	10	20	3/8
% en peso	0,8	12,8	60	20	3,7	0,8
Diámetro de la partícula (mm)	9,5	6,3	4	2	0,85	9,5

Fuente: Los Autores.

La granulometría del sustrato debe permitir una buena aireación y retención de agua. También, es importante que el tamaño de las partículas sea estable en el tiempo. La mayoría de las partículas deberán encontrarse entre 0.5 y 4 mm, y con menos del 20% del peso presente en partículas más finas que 0.5 mm. En la Tabla 2, se puede observar los diferentes rangos que manejan los sustratos comerciales en cuanto a la granulometría y comparada con la tapiza poliéster una vez molida y tamizada.

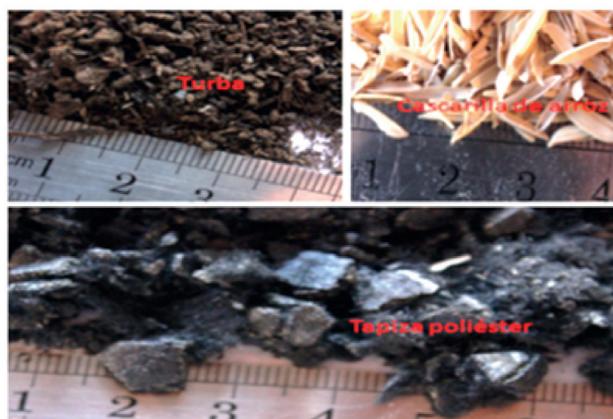
Tabla 2. Granulometria de los sustratos.

Material	Tamaño de la partícula (mm)
Referencia [6]	0,5 a 4
Cascarilla de arroz [6]	3 a 6
Tapiza poliéster	2 a 6

Fuente: Los Autores y Bunt, 1988.

En consecuencia, la granulometría del material en parte cumple el estándar, predominando un 59,9% en peso un diámetro de 4 mm, seguido por un 20% en peso partículas de 2 mm, lo cual, nos significa que el 80% cumple la condición. Sin embargo, se hace necesario la clasificación por tamizaje, debido a que el 21% en peso del material, se encuentra en partículas superiores a 6 mm, inclusive hasta un valor de 10 mm. En la Figura 14, Se puede evidenciar los resultados expuestos anteriormente.

Figura 5. Granulometría de los diferentes sustratos.



Fuente: Los Autores

Densidad: En cuanto a la densidad, se puede analizar dos tipos: la que se referirá al material sólido que lo compone denominada densidad real, o bien, considerando el espacio total ocupado por los componentes sólidos, más el espacio poroso, conocida como densidad aparente, en la cual, se hace énfasis ya que es característica del tipo de presentación del material que se va a utilizar.

Para la caracterización de los sustratos y la mayoría de suelos, la densidad aparente es usada frecuentemente, puesto que, indica la porosidad del sustrato y por tanto su manejo con relación al movimiento del agua y el aire necesarios. Los valores de la densidad aparente se prefieren bajos y que garanticen una cierta consistencia de su estructura.

Corresponde al peso seco del sustrato por unidad de volumen, incluyendo todos los espacios ocupados por aire y material. En la tabla 20, se puede observar la comparación de la densidad aparente del material propuesto y otros materiales habitualmente usados en la hidroponía.

Tabla 3. Densidad aparente.

Material	Densidad Aparente (g/cm ³)
Referencia	0,1 a 0,75
Turba negra	0,3
Cascarilla de arroz	0,14
Tapiza poliéster	0,40

Fuente: Los Autores, y Calderón 2001.

De acuerdo a los resultados de la densidad aparente, el material puede ser aplicado como sustrato en cultivos hidropónicos, ya que presenta bajo peso, encontrando que el valor obtenido mediante pruebas experimentales, se localiza dentro del rango de referencia para la densidad aparente.

Porosidad. Es el porcentaje del volumen total de un medio de cultivo no ocupado por las partículas sólidas, en el cual, se puede encontrar aire y agua.

La porosidad de un sustrato consiste en el volumen total que no está siendo ocupado por partículas sólidas. Los regímenes de agua y aire dentro de un sustrato dependen del espacio poroso del medio, sin embargo, no es suficiente que el sustrato posea una elevada porosidad total, sino que ésta se encuentre compartida entre macroporos, que se hallan ocupados por aire y microporos los cuales contienen agua en su interior.

Tabla 4. Rangos de porosidad de los diferentes sustratos.

Material	Porosidad Total %
Referencia	85<
Arena de peña	25 - 35
Lana de roca	92 - 95
Cascarilla de arroz	80 - 95
Tapiza poliéster	52

Fuente: Los Autores, Bunt, 1988 y Calderón 2001.

Según las pruebas realizadas a la tapiza poliéster, se observa que su porosidad es demasiado baja, lo cual restringe el movimiento y la retención del agua en los microporos.

Capilaridad ascensional: La capilaridad es la propiedad en la cual se estudia la capacidad que tiene el sustrato de absorber agua y transportarla en varias direcciones. La dirección más crítica es la vertical, ya que, va en contra de la gravedad, de ahí viene su denominación de ascensional, cuando este no tiene capilaridad o es muy baja, el agua se mueve en un perfil vertical llegando más rápido al drenaje, dejando zonas secas. Cuando esta propiedad es buena, es decir, que el sustrato posee una alta capilaridad, la solución acuosa es distribuida en todas las direcciones, permitiendo que las raíces encuentren una humedad de forma homogénea en todo el sustrato.

Esta propiedad depende de la granulometría del sustrato y del tiempo en que el sustrato absorbe la solución acuosa. Está se estudia mediante el ascenso capilar en función del tiempo, el valor de comparación se da a los 1.440 minutos (24 horas).

Tabla 5. Capilaridad Ascensional.

Material	Altura de ascenso capilar [cm]
Cascarilla de arroz cruda	1
Cascarilla de arroz quemada	2
Tapiza poliéster	3,5

Fuente: Los Autores y Calderón 2001.

Un valor de referencia en el cual se puede medir esta propiedad lo dan las arcillas ya que presentan una buena distribución de la humedad, dependiendo del tamaño de la partícula se presentan valores de 6,5 a 20 cm en 24 horas, el valor de 6,5 se muestra cuando el tamaño de la partícula es entre 10 a 20 mm, el de 20 cuando la partícula está entre un rango de 0 a 4 mm. Debido a que la caracterización está basada en los sustratos, y no se cuenta con parámetro para ello, se utiliza el parámetro de las arcillas y se establece que la cascarilla de arroz cruda, quemada y el material propuesto por los autores tienen una capilaridad muy baja frente a los valores de referencia estudiados en las arcillas, siendo el valor de la tapiza superior a los valores de la cascarilla aunque no teniendo un valor ideal para esta propiedad.

Retención de humedad: Determina la posibilidad de la planta, de utilizar el agua como fuente para sus funciones metabólicas, esta propiedad está fuertemente relacionada con la granulometría y la porosidad, de las partículas del sustrato. En La tapiza poliéster se encontró que presenta un retención de humedad elevada, ya que, está en un valor de 317,81 % en peso/peso, que al compararla con la cascarilla de arroz quemada, se observa que esta, está muy por debajo de la tapiza, ya que, cuenta con solo un 50 % en peso/peso según calderón, el material que estaría por encima del tapiza sería el sustrato lana de roca "rockwool", el cual, cuenta con una retención de humedad de 1.300 % peso/peso.

Propiedades Químicas

Las propiedades químicas influyen en el suministro de nutrientes a través de la Capacidad de Intercambio Catiónico, la cual, depende a su vez en gran medida, de la acidez del sustrato. Como se dijo anteriormente, las características químicas y nutritivas de un sustrato pueden ser modificadas con la adición de fertilizantes.

El pH: Es el término empleado para expresar el grado de acidez o alcalinidad de una solu-

ción. Es un indicador del número de iones libres de hidrógeno. La escala varía del 0 al 14, una solución con pH 7 es neutra; si el pH es inferior a 7 corresponde a acidez, si es superior a 7 corresponde a alcalinidad. El pH es una de las variables del cultivo que permite identificar la concentración de iones de hidrógeno, condicionando el sustratos en ácido o básico, lo cual, va a afectar la solubilidad y retención de los nutrientes en la solución.

Los valores de acidez pueden variar, ya que, dependen del tipo de sustrato, por lo que, a la hora de comparar los diferentes sustratos, se deben mantener la misma relación entre el sustrato y el agua.

El pH es una variable importante, tanto para el suelo, como para los sustratos, siendo usada como indicador de los iones que se encuentran disponibles para la nutrición de la planta, afectando la solubilidad y la retención en el sustrato de la solución.

La tapiza, pese a que presento un pH ligeramente ácido con un valor en la escala de medición de 6,18, se encuentra dentro del rango recomendado, que va de 5,5 a 6,7. En cuanto a los sustratos comerciales, varios autores establecen valores para la cascarilla de arroz entre 6,3 y 7,7.

Conductividad eléctrica: La conductividad eléctrica es la capacidad para conducir la corriente eléctrica. En la mayoría de las soluciones acuosas, entre mayor sea la cantidad de sales disueltas, mayor será la conductividad.

Para (Abad, M, 1993, p. 36), la conductividad eléctrica presenta un rango que debe estar entre 2 y 3,49 mS/cm en el sustrato; rango muy alto al obtenido en la investigación. No obstante (Urrestarazu, M, 2004), indica rangos más amplios para los sustratos en conductividad eléctrica, con valores que van desde 0,3 a 6 mS/cm, encontrándose en este rango el valor del ensayo realizado a la tapiza de poliéster.

Comparando los valores de la conductividad eléctrica, que puede presentar la cascarilla de arroz según de varios autores, el rango es de 1,65 a 1,8 mS/cm. Valores superiores a los obtenidos en la tapiza que fueron de 0,24 a 0,28 mS/cm, lo cual, determina que el material es muy inerte en cuanto a la conductividad. Estos valores deben ser tenidos en cuenta a la hora de revisar la conductividad de la solución nutritiva.

Capacidad de Intercambio Catiónico: Es la capacidad que tiene el sustrato de retener e intercambiar cationes a un determinado pH, esta será mayor en los sustratos que en los suelos. Los sustratos presentan altas tasas de lixiviación, gracias a los frecuentes riegos o fertirriegos aplicados para evitar su deshidratación.

Las reacciones de intercambio iónico tienen lugar en las superficies de las partículas, y cuando mayor sea la superficie, mayor será la tasa de intercambio.

Según (Abad, M, 1993, p. 45), se puede observar que la fibra de coco se caracteriza por tener una alta capacidad de intercambio catódico, aproximadamente de 30 meq/100g, mientras que la cascarilla de arroz presenta una baja capacidad de intercambio catódico, menor de 20 meq/100g, la capacidad de intercambio catódico de los sustratos debe ser mayor a 20 meq/100g, para así, interactuar con la fertirrigación, aprovechando los nutrientes presentes en el sustrato y que pueden ser utilizados en la nutrición de la planta. Otros autores mencionan que una amplia reserva de nutrientes se debe a una capacidad de intercambio catódico, en un rango entre 6 a 15 meq/100g, rango en el cual se encuentra el dato obtenido en el laboratorio para la tapiza de poliéster, presentando un valor de 7,4 meq/100g.

Los sustratos con alta capacidad de intercambio podrán almacenar mayores cantidades de Nitrógeno, Potasio y Fosforo, elementos necesarios para el óptimo desarrollo de las plántulas. También existe menor riesgo de exceso de estos elementos, ya que, el complejo cambio

puede absorber la abundancia de estos. Con sustratos de baja capacidad de intercambio, las fertilizaciones deben ser tempranas y frecuentes.

Otras consideraciones

Como se ha mencionado con anterioridad son varios los ítems que se deben considerar para el aprovechamiento de un material como sustrato. En la caracterización física y química se habló sobre las principales propiedades, con las que debe contar el sustrato, pero en el desarrollo de la investigación muchos de los sustratos no cumplen con los valores óptimos, de ahí surge la idea de especificar otras propiedades que a nivel técnico no son tan influyentes, pero no quiere decir que sean menos importantes.

- **Caracterización biológica:** Un sustrato debe ser inerte biológicamente, es decir, debe ser un medio donde no se presenta actividad biológica, cualquier presencia de insectos o patógenos conllevará a grandes inconvenientes, ya que no se disponen de controles naturales.
- **Nivel de toxicidad:** Se caracterizó mediante una prueba de fitotoxicidad, en el proceso de germinación de las semillas en la tapiza poliéster. Este parámetro se realiza, ya que, la mayoría de sustratos en la hidroponía doméstica, deben ser capaces de germinar las semillas, de esta forma, evaluar el nivel de toxicidad.

Figura 6. Prueba de germinación para comprobar nivel de toxicidad.



Fuente: Los Autores.

Como parámetros se utilizó turba negra y cascarilla de arroz cruda, en la Figura 6, se observa las diferentes etapas del proceso de germinación de las semillas: en la Imagen 1, se muestra los tres sustratos utilizados para la germinación de las semillas; en la Imagen 2, los primeros 10 días de germinación; en la Imagen 3, los 20 días después del inicio de la germinación y en la Imagen 4, el avance al mes y medio en solo el material propuesto, además, en las cuales se hace notable el desarrollo de la plántula en cada uno de los sustratos utilizados.

Los análisis de fitotoxicidad mostraron, que de 48 semillas colocadas en cada uno de los sustratos, la que mayor germinación presentó fue en la tapiza poliéster con un 79,2% de semillas germinadas, en segundo lugar estuvo la turba con un 75% de germinación y para la cascarilla de arroz cruda fue de tan solo un 12,5%, lo que indica que la cascarilla de arroz es la que presenta mayor toxicidad con un valor del 87,5%. En cambio el nivel de toxicidad de la tapiza poliéster es del 20,8%, el cual, es un valor bajo comparado con la turba, siendo este material comúnmente el más utilizado en la germinación.

- **Estabilidad Física:** Esta tiene como principio determinar si la porosidad del material se mantiene con el tiempo, dependiendo de la degradación del material, la cual, deberá ser lo más lenta posible. En cuanto a los materiales mencionados, la cascarilla de arroz cruda se descompone más rápido que la quemada, esto debido a los microorganismos existentes en la cascarilla de arroz cruda; en cuanto a la tapiza, siendo una material sintético, cuenta con un bajo nivel de degradación con el agua, lo que con lleva hacer este proceso muy lento.
- **Bajo costo:** Es un factor determinante, que además, generalmente se ve afectado principalmente por el transporte, pues la gran mayoría de sustratos son desperdicios o subproductos de otros procesos, entre los cuales tenemos la escoria, la cascarilla de arroz, la fibra del bonote de coco, etc.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: FLUIDOS DE PERFORACIÓN

En el caso de la tapiza por ser un materia de desperdiciado, debido a las condiciones de fabricación, el valor de este material ya está contemplado en el costo de la fabricación de las alfombras para vehículos, lo cual, sumado a que el manejo para su disposición es complejo, redonda considerablemente en el precio de obtención de la tapiza.

CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a la Tapiza Poliéster, este material es apto para la implementación como sustrato en un cultivo hidropónico; ya que, se encuentran gran parte de las propiedades estudiadas en los rangos de referencia, para esta aplicación.

De acuerdo a lo que se busca con la reutilización de la Tapiza Poliéster, y una vez realizadas las prácticas de laboratorio, se evidencia que estas aplican considerablemente en la caracterización como sustrato.

Debido a las condiciones de trituración de la Tapiza Poliéster, las cuales fueron bajo el

principio de aglutinado, se reduce ostensiblemente la porosidad y aumenta considerablemente la rigidez del material, todo esto debido al aumento de la temperatura en el proceso mencionado, no siendo este el más óptimo para su reducción.

RECOMENDACIONES

Debido a la baja porosidad de la Tapiza como sustrato que genera deficiente características de retención hídrica, se sugiere realizar mezcla con diferentes sustratos y en diferentes proporciones en búsqueda de la optimización de estas propiedades.

Ya que, el aglutinado genera un aumento en la temperatura y que a su vez, redonda en una reacción en la fusión de los materiales constituyente (en especial del Polietileno), se hace indispensable diseñar un proceso de trituración o molienda de la Tapiza en frío, donde no se aumente la temperatura, para así evitar el cambio de las propiedades iniciales del residuo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] BERNAL S., Ingrid M., FORERO R., Ricardo A., "Estudio de viabilidad técnica para la recuperación y/o reutilización de material de tapiza." Bogotá, 2010, 116 h. Trabajo de Grado (Ingeniero de Plásticos). Escuela Colombiana de Carreras Industriales (ECCI). Facultad de Ingeniería.

[2] CORREA M., Mónica. ¿Qué es la hidroponía? Argentina: El cid editores, 2009.

[3] HUNTERWAL, G.O. Hidroponía. Argentina: Albatros, 1996.

[4] ROSAS R., Antonio. Cartilla hidropónica. Colombia: Mafpac impresores, 2009

[5] COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía ambiental del sector plástico: Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de resi-

duos plásticos post-consumo, 2004

[6] BUNT, A. Media and mixes for container-grown plants. Reino Unido: Unwin Hyman, 1988

[7] CALDERON S., Felipe. Los sustratos [Online], Mayo 18 del 2001[citado 5 Abril 2012], Disponible en internet: <<http://www.drca Calderonlabs.com/>>.

[8] ABAD, Manuel. Sustratos: características y propie-

dades. España: Multi-prensa. 1993.

[9] URRESTARAZU, Miguel. Tratado de cultivo sin suelo. España: Multi – prensa, 2004.

[10] Disponible en [http://
www.eis.uva.es/~macromol/
curso04-05/reciclado_auto/ti-
posdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/ti-
posdereciclado.htm).

[11] Disponible en [http://
www.eis.uva.es/~macromol/
curso05-06/pet/reciclado_reciclado%20mecanico.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/reciclado_reciclado%20mecanico.htm)

[12] FORERO R., Ricardo, PARRA V., Hollman, LUNA C., Ricardo y RIVERA, Edwin. Agricultura urbana: Sistema de implementación de cultivos hidropónicos. En: Revista de Investigaciones de la Universidad de América. Julio – Diciembre, vol. 4 no 2, p. 127 – 141.

[13] HERNADEZ P., José. Cultivos hidropónicos. Colombia: Uniagraria, 1987

[14] RESH, Howard. Cultivos Hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Quinta edición, España: Multi-prensa libros, 2001, P 558. ISBN 84-8476-005-7.

[15] SÁENZ DE MAGAROLA, Carlos. Tecnología de los oficios metalúrgicos. España: Reverté, 1974. p. 124.

[16] WALCO S.A. Nutri-Ponic [En línea] Disponible en. <<http://www.walcoagro.com/productos/nutriponic.html>>. [Citado el 20 de Febrero de 2012].

[6] BUNT, A. Media and mixes for containger-grown plants. Reino unido: Unwin Hyman.

[7] CALDERON S., Felipe. Los sustratos [Online], Mayo 18 del 2001[citado 5 Abril 2012], Disponible en internet: <<http://www.drcalderonlabs.com/>>.

[8] ABAD, Manuel. Sustratos: características y propiedades. España: Multi-prensa. 1993.

[9] URRESTARAZU, Miguel. Tratado de cultivo sin suelo. España: Multi – prensa, 2004.

[10] Disponible en [http://
www.eis.uva.es/~macromol/
curso04-05/reciclado_auto/ti-
posdereciclado.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso04-05/reciclado_auto/ti-
posdereciclado.htm).

[11] Disponible en [http://
www.eis.uva.es/~macromol/
curso05-06/pet/reciclado_reciclado%20mecanico.htm](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso05-06/pet/reciclado_reciclado%20mecanico.htm)

[12] FORERO R., Ricardo, PARRA V., Hollman, LUNA C., Ricardo y RIVERA, Edwin. Agricultura urbana: Sistema de implementación de cultivos hidropónicos. En: Revista de Investigaciones de la Universidad de América. Julio – Diciembre, vol. 4 no 2, p. 127 – 141.

[13] HERNADEZ P., José. Cultivos hidropónicos. Colombia: Uniagraria, 1987

[14] RESH, Howard. Cultivos Hidropónicos: nuevas técnicas de producción. Quinta edición, España: Multi-prensa libros, 2001, P 558. ISBN 84-8476-005-7.

[15] SÁENZ DE MAGAROLA, Carlos. Tecnología de los oficios metalúrgicos. España: Reverté, 1974. p. 124.

[16] WALCO S.A. Nutri-Ponic [En línea] Disponible en. <<http://www.walcoagro.com/productos/nutriponic.html>>. [Citado el 20 de Febrero de 2012].