

PROCESO PARA LA FABRICACIÓN DE UN ELEMENTO CONSTRUCTIVO A PARTIR DE BUCHÓN DE AGUA Y PRODUCTO OBTENIDO

Sector Tecnológico

La presente solicitud de patente se relaciona con un proceso de fabricación de un elemento constructivo a partir de la especie invasora denominada buchón de agua, jacinto de agua, flor de bora, camalote, aguapey, lechuguín, tarope, tarulla o reyna, cuyo nombre de especie es *Eichhornia crassipes*.

Tecnología Anterior

La *Eichhornia crassipes* es una planta invasora que genera un gran impacto ambiental, económico, social y cultural, razón por la que forma parte de la «*Lista Federal de Hierbas Nocivas de los Estados Unidos de América*». Además, se encuentra en las listas de plantas invasoras de estados y territorios estadounidenses como Arizona, Florida, Puerto Rico y Carolina del Sur. Inclusive, en el Estado de Florida ha causado tantos estragos que se encuentra en la «*Lista de Plantas Prohibidas del Departamento de Protección Ambiental*». En Colombia, aunque la planta es también un problema grave, su cultivo y comercialización no está prohibida ni regulada. El efecto real en Colombia –en cifras– sobre la flora y fauna expuestas a la acción de esta planta es desconocido. Incluso medir la extensión de la zona colonizada es una tarea complicada debido a que las áreas suelen ser muy extensas y en constante crecimiento. Las medidas que se toman para el control de la plaga tampoco pueden ser calificadas como exitosas con total certidumbre, de modo tal que la escala del problema no se conoce con exactitud y mientras tanto el problema crece sin control (Zhixin W. et al. 2017) (Pushpa G. et al. 2010).

La planta –debido a su capacidad de colonizar grandes extensiones de agua en poco tiempo– genera consecuencias nefastas en los ecosistemas acuáticos. Los matorrales forman grandes islas flotantes que pueden arrastrar y desarraigar una

gran variedad de reptiles y anfibios —entre otros— de sus zonas de vida silvestre. Su rápido crecimiento y las redes compactas que forman sus raíces llegan a cubrir la superficie del agua impidiendo la penetración de la luz. Un acre de buchón puede depositar hasta 500 toneladas de materia vegetal en un año. Estas deposiciones de materia orgánica contribuyen a que prevalezcan condiciones de anoxia. Además, junto con la capacidad de almacenamiento de sedimentos en sus raíces lleva a una disminución del calado del cuerpo de agua y su crecimiento agresivo elimina vegetación acuática autóctona que es incapaz de competir con esta especie. El microclima creado por esta planta propicia la procreación de mosquitos y otros vectores de enfermedades humanas (tales como la malaria, la encefalitis, la filariasis y el cólera, entre otros) y su descomposición genera sustancias con mal olor (Zheng-ji Y. et al., 2016).

Los efectos socioeconómicos de esta planta dependen en gran medida de la extensión de la invasión. Entre estos efectos se cuentan:

- El transporte acuático se ve seriamente afectado.
- La maleza del buchón crece tan densamente que inclusive una persona o el mismo ganado pueden caminar sobre ella debido a que su basta acumulación forma islas.
- Al momento de ocurrir fuertes precipitaciones, las islas artificiales se desprenden ocasionando taponamientos en los sumideros naturales, con el subsecuente represamiento de agua lo que aumenta el riesgo de inundaciones.
- El represamiento de aguas es el principal motivo de la aparición de vectores infecciosos.
- La reducción de la pesca por la desaparición de cuerpos de agua.
- Evita la penetración de la luz e intercambio de oxígeno y otras sustancias, modificando los ciclos biogeoquímicos, permitiendo la acumulación excesiva de compuestos que se comportan en el medio como nutrientes, generando el fenómeno de eutrofización.
- Disminución en la producción de biomasa de las especies vegetales asociadas al hábitat como consecuencia de la afloración
- Aumento en la producción de biomasa de las especies vegetales

- Disminución de macroinvertebrados acuáticos y otra diversidad de especies que podrían afectar los ciclos alimenticios de la fauna íctica presente
- Pérdida de las líneas y equipos de pesca que quedan enredados en la maleza, disminuyendo el número de peces que se pueden atrapar con la disminución inevitable en la calidad de vida (Zheng-ji Y. et al., 2016).

Los métodos actuales de eliminación de esta especie son poco eficientes y en algunos casos contraproducentes (Lindsey y Hirt, 2000). Su tasa de crecimiento es desmedida y no tiene un mecanismo de control adecuado. Es una de las malezas de mayor velocidad de crecimiento conocida, logrando incluso duplicar su población en dos semanas y ocupar hasta un 20% de superficie adicional del cuerpo de agua en sólo 6 días. Bajo condiciones adecuadas, es capaz de duplicar su biomasa entre 5 a 12 días. Las semillas pueden conservar su capacidad germinativa entre 5 y 20 años, además es resistente a las condiciones ambientales adversas e incluso durante largos periodos de letargo.

En Colombia, la planta es causante de inundaciones en diferentes regiones especialmente en municipios rivereños y lacustres en la Región Caribe, en particular en los departamentos del Atlántico, Bolívar, Magdalena y Cesar. Debe tenerse presente que en estas regiones es común encontrar problemas de vivienda, debido a las constantes inundaciones, lo que fomenta el fenómeno del desplazamiento poblacional, puesto que las personas emigran a los centros urbanos buscando mejorar sus condiciones de vida, aun cuando no cuentan con la preparación y las condiciones económicas que les permitan mantener un nivel de vida digno (Zhixin W. et al., 2017) (Courtie M. et al., 2010).

Los estudios realizados en el *Florida Laboratory* muestran que la fibra del buchón de agua consiste principalmente de estructuras vasculares en las capas más externas de las paredes y una mezcla de material fibroso y material semilíquido en las paredes internas. Teniendo en cuenta esto, se proyectó el aprovechamiento de estas fibras para la producción de un material compuesto con relleno fibroso y matriz polimérica.

En promedio el 40 % de la planta es el tallo, formado por un 60 % de fibra utilizable. Algunos antecedentes muestran cómo puede aprovecharse la planta. El documento «*Producción de bioetanol a partir de jacinto de agua (E. crassipes)*»

respecto a otros materiales lignocelulósicos» de Karen Ospino Villalba y Luis Alberto Ríos, es un ejemplo. El documento *«Aprovechamiento del Jacinto de Agua (E. crassipes) para la síntesis de carboximetilcelulosa»* de Candelaria Tejada, Isabel Paz, Ángel Villabona, María Espinosa y Cristina López es otro. El documento *«Cambios en la composición del lirio acuático (Eichhornia crassipes) debidos a su grado de madurez y a su transformación biotecnológica»* de Gregorio Nicolás Juárez Luna muestra como el buchón de agua puede ser empleado como agente de biorremediación, como combustible, para la producción de etanol, producción de biogás o para compostaje. Elizabeth Atehortúa y Carmiña Gartner lo emplean como adsorbente de plomo y cromo en aguas en *«Estudios preliminares de la biomasa seca de Eichhornia Crassipes como Adsorbente de Plomo y Cromo en aguas»*. Sin embargo, hasta el momento no se encuentra evidencia del empleo de esta planta en materiales de construcción.

En este contexto la presente solicitud de patente establece una solución integral a la construcción de viviendas muebles, lencerías, artesanías y aditivos para la construcción en un material ecológico y económico, empleando una especie vegetal que representa un grave problema social, ambiental, cultural y económico.

Descripción Detallada de la Invención

La presente invención se basa en un proceso para la fabricación de un elemento constructivo a partir del Buchón de agua que incluye las siguientes etapas

- Recolectar el material vegetal, específicamente los organismos con tallos verdes, hojas en forma de roseta definida y raíces negras
- Lavar el material recogido con agua a temperatura ambiente de la siguiente manera:
 - o Un primer lavado para la remoción de cualquier contaminante propio del ambiente en el que se encuentra el material vegetal
 - o Un segundo lavado para la remoción de sedimentos
 - o Un tercer lavado para garantizar la remoción de cualquier impureza de tipo biológico

Donde el agua es recuperada, recirculada y reusada

- Secar el material vegetal, a la sombra y a temperatura ambiente, por un lapso entre hora y media y tres horas
- Separar hojas, tallos y raíces
- Triturar, de manera individual, cada uno de los componentes separados (hojas, tallos y raíces) en una licuadora industrial a la que previamente se le ha agregado agua en una cantidad de 1 litro por cada 100 gramos de componente, agua que posteriormente será recuperada, recirculada y reutilizada
- Filtrar el material triturado empleando tamices que van desde malla 6 (abertura de 3.35 mm) hasta malla 8 (abertura de 2.38 mm) separando la fibra de la solución
- Lavar la fibra con agua para la eliminación de impurezas, agua que posteriormente será recuperada, recirculada y reutilizada
- Secar las fibras en un horno a la temperatura de ebullición del agua, con una variación de más o menos diez grados, hasta que alcance una humedad inferior al 10%
- Dejar enfriar el horno con las fibras de manera natural
- Mezclar las fibras secas con una resina de poliéster preacelerada seleccionada de resina de poliéster, viniléster o epóxica junto con un catalizador de metil-etil-cetona (MEK), en proporción entre 1:2 y 1:4 de resina a fibras, con una proporción de catalizador de 0.5% a 3.0% en relación con la resina
- Fragar la mezcla en un molde
- Curar la mezcla hasta obtener el material material compuesto

Se prefieren organismos más jóvenes con características como, tallos cortos y verdes, hojas en forma de roseta bien definidas y raíces negras que son características del organismo cuando está en estado juvenil, dado que en este estado la absorción de sustancias como metales pesados no se ha llevado a cabo.

En relación con los porcentajes de catalizador empleado, generalmente corresponde a una relación de 1:2. Sin embargo, se ha encontrado que a temperaturas iguales o menores a los 20 °C el fraguado aumenta debido a que la reacción entre los componentes del material se hace lenta. En tales casos, se aplica una relación 1:4 resina/catalizador lo que se traduce en una disminución del

tiempo de fraguado. El efecto causado por la temperatura se incrementa al aumentar la cantidad de fibra adicionada al material.

En relación con el material, se alcanza una alta velocidad de fraguado permitiendo su aplicación en obras civiles y arquitectónicas con un menor tiempo en su aplicación. Los tiempos de fraguado en la construcción de vivienda con la presente invención oscilan entre 1 a 2 semanas. Con concretos tradicionales estos tiempos oscilan entre 1 y 2 meses.

Los valores obtenidos en cuanto a las resistencias a la compresión como a la flexión se encuentran en rangos aceptados para los concretos tradicionales por lo que este nuevo material puede ser aplicado en obras de igual forma como se emplean los concretos tradicionales.

Las propiedades de este biomaterial se describen a continuación:

- 1) Ignífugo. Por su alto punto de inflamación, este biomaterial es altamente resistente al fuego lo que permite ser utilizado en la construcción de casas y muebles o accesorios.
- 2) Amigable con el ambiente. Coadyuva al control del buchón de agua minimizando sus efectos negativos de estas plantas en los medios acuáticos y en los suelos aledaños a estas fuentes de agua.
- 3) Densidad. Este material presenta baja densidad, propiedad que permite que, construir en zonas inundables.
- 4) Resistencia mecánica. Este material presenta valores de dureza altos, propiedades que le confiere soportar la acción de golpes y soportar impactos con objetos cortopunzantes, así como soportar movimientos bruscos provocados por la subida y bajadas de los niveles del agua en tiempos de inundación
- 5) Material adiabático: Esta propiedad garantiza que las casas construidas con este material se mantendrán frescas.
- 6) Material liviano. Esta propiedad le confiere flotabilidad propiedad muy importante para una casa diseñada para flotar.
- 7) Bajo consumo de energía. Para la fabricación y aplicación de este material se consume muy poca energía lo que le confiere viabilidad.

- 8) Material versátil: Este biomaterial no solo se puede usar en la fabricación de casas flotantes sino también en la construcción de muebles y accesorios para muebles, como madera sintética, aditivo para materiales de construcción, cerámicas, ladrillos, tejas, cementos, concretos y ornamentos.

Formas de llevar a cabo la invención

Para la fabricación del material se procedió de la siguiente manera. Se recolectaron especímenes en el «Lago del Cisne», municipio de Puerto Colombia del Departamento del Atlántico. Se procedió a tratar el material como se reivindica aquí. Se obtuvieron tres grupos de fibra y se rotularon como FI para hojas, FII para tallos y FIII para raíces. Cada grupo de fibra se sometió a secado en un horno termo regulado a una temperatura de 90 °C por un tiempo de una hora. En moldes plásticos se vertió en una relación 1:1 dos tipos de resinas de poliéster adicionando la fibra en relación 1:3. En total se obtuvieron tres tipos de material (hoja, tallos y raíces) los cuales fueron rotulados de acuerdo con la naturaleza de la fibra (MEAM-I, MEAM-II y MEAM-III).

A los tres materiales se le determino las siguientes propiedades, densidad, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, fluencia, temperatura de moldeo, fraguado, resistencia al agua, resistencia a alcohol, resistencia a ácidos, resistencia a álcalis e inflamabilidad. Se determinó que los tres materiales pueden utilizados en diferentes aplicaciones, principalmente para la fabricación de casas flotantes.

MATERIAL	MEAM-I	MEAM-II	MEAM-III
Densidad (g/mL)	0.80	0,78	1.14
Resistencia a la compresión (kPa)	14306	16280	13813
Resistencia a la flexión	655 psi (4526 kPa)	787 psi (5426 kPa)	524 psi (3613 kPa)
Fluencia	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
Temperatura de moldeo °C	T ambiente a 168	T ambiente a 168	T ambiente a 168
Fraguado (min)	60	45	95
Resistencia a	Agua, alcohol, ácidos y álcalis	Agua, alcohol, ácidos y álcalis	Agua, alcohol, ácidos y álcalis
Inflamabilidad	Se auto extingue	Se auto extingue	Se auto extingue

Una vez escogido y caracterizado el material se procedió al diseñar las partes componentes para la fabricación de casas y conjuntos residenciales flotantes.

El proceso de la presente invención comprende diferencia frente al arte conocido con base en la selección de especímenes en estado juvenil que comprende tallos verdes, hojas en forma de roseta definida y raíces negras, de manera que se garantiza la baja presencia o ausencia de metales pesados en las muestras colectadas. Igualmente, para garantizar la remoción de cualquier contaminante propio del ambiente en el que se encuentra el material vegetal, el lavado se realiza en el sitio de recolecta con el fin de no extraer material biológico diferente a *E. crassipes*. Para el secado del material vegetal, a la sombra y a temperatura ambiente, por un lapso entre hora y media y tres horas, la invención se refiere a una distribución de los especímenes bajo sombra y a temperatura ambiente, de manera que estas condiciones permiten la remoción parcial del agua no estructural del material biológico donde el material sigue mojado de manera que aplicar esta metodología de secado permite conservar y preservar las propiedades del material biológico. También existe una diferencia fundamental respecto al arte anterior con base en que, al triturar, la fibra no se pulveriza, sino que se separan las fibras mejorando la resistencia de la materia resultante, además durante el filtrado con base en la invención, se separa la fibra de los demás componentes del tejido y esta fibra es la que utilizamos para la elaboración del material compuesto, con mayor resistencia conforme se indica en la tabla anterior.

Es también importante definir que las diferencias fundamentales del material compuesto frente al arte anterior según la invención comprenden el uso de resinas preaceleradas que mejora sustancialmente los tiempos de curado, mejora el desbaste además que mejora la humectación de la fibra.