

# INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA DEL USO DE PLANTAS ACUÁTICAS EN TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN CON TIERRA

Ariel González<sup>1</sup>; Roberto Constanzo<sup>2</sup>; José Fernandez<sup>3</sup>

Universidad Tecnológica Nacional – Santa Fe - Argentina

<sup>1</sup>aagonzal@frsf.utn.edu.ar; <sup>2</sup>robertoluisconstanzo@yahoo.com.ar; <sup>3</sup>jose\_f91@hotmail.com

**Palabras clave:** tierra, savias vegetales, fibras vegetales, *Eichhornia crassipes*

## Resumen

La presente es una aproximación exploratoria a la utilización de la planta acuática de agua dulce *Eichhornia crassipes* vulgarmente llamada camalote, como estabilizante, hidrofugante y/o fibra de refuerzo en diversas técnicas de construcción que emplean tierra. Cabe destacar que en la región, zona ribereña del río Paraná en Argentina, este vegetal se encuentra en abundancia arrastrado por el agua y en las costas, especialmente en época de creciente, y es considerada una especie invasora. Como antecedentes de utilizaciones similares se cuenta con el uso de aguas de tuna y otras cactáceas, especialmente en México, que poseen savias de similares propiedades. Como objetivos se quiere determinar las características impermeabilizantes y/o plastificantes que tienen los jugos vegetales del camalote para proponer dosificaciones adecuadas para técnicas de tierra tales como BTC, tierra vertida, adobes, revoques y pinturas. Se realizó una primera fase de reconocimiento de los componentes de la planta y por analogía con otras investigaciones de uso de savias, se experimentó su uso en técnicas similares, para luego determinar algunos parámetros de las propiedades seleccionadas. Se avanzó en el procesamiento de diferentes partes de la planta para verificar la factibilidad de su realización y el tipo de producto obtenido. Con estas primeras muestras se realizaron ensayos exploratorios, lográndose promisorios resultados en lo referido a la repelencia de agua. Los resultados presentados son avances que permiten reformular las hipótesis de investigación para un procedimiento más sistemático.

## 1 INTRODUCCIÓN

La planta acuática de agua dulce *Eichhornia crassipes* denominada usualmente “camalote”, es un vegetal que abunda en la región del litoral fluvial de Argentina. Esta región tiene un régimen de crecidas y bajantes poco estable, lo que hace que sean frecuentes cambios de nivel de la altura del río. La aparición del camalote ocurre preponderantemente en tiempos de crecida, acompañando la corriente de los ríos y arroyos más caudalosos. En las bajantes se estaciona en márgenes de los cursos de agua y lagunas. Es considerada una especie invasora.

Se tiene como antecedentes de uso de savias vegetales especialmente de cactáceas que confieren propiedades hidropelentes lo que conlleva a una mejora en la durabilidad de las construcciones con tierra. Se consideró el trabajo llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, respecto al uso del Aloe Vera como estabilizante de mezclas para bloques de tierra comprimida (BTC) (Aranda, 2008) y también lo desarrollado por Farias (2003).

Los camalotes, en el interior de su tallo, cuentan con una suerte de cuerpo suave y húmedo que despide una especie de baba pegajosa similar a la obtenida de otros vegetales, utilizados por sus propiedades impermeabilizantes; estos tallos están compuestos por una serie paralela de fibras largas.

## 2 OBJETIVOS

Principal: Determinar las características que tienen extractos líquidos del camalote que puedan ser útiles en las técnicas de construcción con tierra.

Secundarios: a) Dosificar los extractos líquidos en pos de conocer las propiedades impermeabilizantes que presenta esta planta; b) Evaluar su utilización en bloques de tierra comprimida (BTC) y en tierra vertida; c) Evaluar su utilización en el agua de revoques y/o pinturas de tierra

### 3 METODOLOGÍA ADOPTADA

#### 3.1 Extracción del material de trabajo

En las primeras experiencias en campo, se recolectaron plantas enteras y se llevaron al laboratorio para analizarlas. Posteriormente se seleccionó durante la recolección la parte de la planta que contiene mayor cantidad de extractos vegetales líquidos. Esta “baba” se encuentra entre el tallo y las hojas a su alrededor en crecimiento, pero en muy bajas cantidades. Por otra parte, el resto del tallo (a partir del 20% de su altura aproximadamente) tiene rasgos del tipo esponjoso en su interior al igual que en toda la planta, pero lo que lo diferencia principalmente de la parte inferior es que posee a simple vista menor contenido de humedad.

En función de lo dicho anteriormente, se puede dividir a la planta en tres partes: raíz, tallo y hoja, como muestra la figura 1. Pero además, cabe aclarar, que se notó un pequeño tallo que salía por debajo de la planta, entre las raíces, que conecta a la misma con otra igual pero de menor tamaño. Este tallo inferior tiene un fuerte contenido de humedad en su interior y también en su exterior, presenta además un color oscuro y cuenta con una muy baja densidad respecto a los tallos superiores.



Figura 1. Partes componentes del camalote

#### 3.2 Preparación de la pasta

La porción del material que se utiliza posee una altura de 3 cm o 4 cm y entre 0,5 cm y 2,5 cm de diámetro, y se procesa siempre conservando su humedad natural. El mismo consiste en fraccionarlas en tamaños menores, aproximadamente 1 cm a 2 cm de largo. Como la dosificación es en función del peso de cada componente, se los pesa para poder determinar la cantidad de agua a introducir. El siguiente paso es llevar los tallos y el agua a una licuadora en la cual se mezclan durante un tiempo determinado (el tiempo es una variable). Terminada la etapa de mezclado se lleva la pasta obtenida a reposo.

Luego, se deja una muestra cerrada en frasco y otra al aire libre, de manera comparar efectos aeróbicos y anaeróbicos sobre la muestra. Esta operación se repite para cada variante de agua en las pastas. A las muestras se les colocó el prefijo “C” y, a continuación, una numeración arábiga progresiva.

En la figura 2 se ven los dos casos de reposo con los que se trabaja, se puede ver como es la consistencia de la mezcla recién elaborada, como se verá más adelante una vez seca cambia completamente convirtiéndose en una capa sólida.



Figura 2. Pasta recién elaborada

### 3.3 Factores que intervienen

Se han considerado las siguientes variables: contenido de agua en la mezcla, tiempo de reposo al aire libre, tiempo de envasado, tiempo de procesado y temperatura del agua de mezcla.

### 3.4 Proporciones

En la Tabla I se expone las primeras proporciones de agua y camalote con las que se ha trabajado al respecto.

Tabla 1. Proporciones

Pasta n°	Elemento usado	Composición		Camalote (%)	Tiempo de licuado (min)	Tipo de agua
		Camalote [g]	Agua [g]			
C0	Parte baja seleccionada	-	-	-	< 1	caliente
C1	Parte baja seleccionada	76,65	50	60,52	< 1	fría
C2	Parte baja (conector)	80,62	300	21,18	< 1	fría
C3	Parte baja (conector)	80,7	100	44,66	< 1	fría
C9	Parte baja seleccionada	92,6	414,7	18,25	1	fría
C10	Hojas	98,35	400	19,74	< 1	fría
C12	Parte baja del tallo	152,5	500	23,37	> 1	fría
C13	Parte baja del tallo	102,91	336,9	23,40	> 1	caliente
C14	Parte baja del tallo	148,83	473,15	23,93	> 1	fría
C15	Parte baja del tallo	167,03	549,56	23,31	> 1	fría
C16	Parte baja del tallo	151,64	493,21	23,52	> 1	fría
C17	Parte baja del tallo	182,94	600	23,37	1	fría
C18	Parte baja del tallo	170,27	558	23,38	1,5	fría
C19	Parte baja del tallo	150,82	495	23,35	1,5	fría
C20	Tallo	137,22	450	23,37	1,5	fría

### 3.5 Evaluación

Después de analizar la pasta elaborada denominada "C0" (la primera realizada) se decidió dejarla secar al aire para observar el comportamiento de la misma. Después de cinco a siete días, dependiendo siempre de la humedad ambiente (parámetro no controlado), el agua se evaporaba/escurría dejando como resultado una capa seca similar a una cáscara.

En las figuras 3 y 4 se puede apreciar como es el cambio de la pasta, a la izquierda se observa la consistencia que tiene al retirarla del frasco donde estuvo en reposo durante siete días, mientras que a la derecha se puede ver el mismo pastón pero luego de haber pasado cinco a siete días secándose al aire.



Figura 3. Muestra "C1" en proceso de secado



Figura 4. Muestra "C1" seca

### 3.6 Procedimiento utilizado

De las muestras que quedaban secándose al aire y temperatura ambiente, luego de transcurrir el tiempo necesario para que la pasta se encontrara seca, como indicador de la propiedad hidrorrepelente, se procedió a colocar una gota de agua con un gotero a cada una, con el objetivo de saber en cuáles perduraba más tiempo la gota sin ser absorbida.

Este proceso es el que se realizara posteriormente como ensayo a las pastas en estado seco, denominado "prueba de la gota de agua", que consiste en colocar gotas de agua sobre las capas secas y medir el tiempo que tardan en ser absorbidas el cual lo se identifica como "tiempo de absorción".

De los pastones en estado seco que presentaron buenos resultados a la prueba de la gota de agua, posteriormente se utilizó la pasta que aun se conservaba en reposo para pintar una porción de un BTC, y de esta manera visualizar el comportamiento en conjunto con el mampuesto.

Antes de determinar que la parte inferior del tallo era la que poseía mayor cantidad de extractos, se experimentó con toda la planta, de manera individual (separando tallo y hojas) y también en su conjunto (mezclando ambas partes). Obteniendo siempre distintos resultados como consecuencia de la variación de la porción de la planta utilizada y el contenido de agua, entre otros factores.

### 3.7 Método de clasificación

El proceso utilizado para la clasificación de los tiempos de absorción surgió a partir de observar el comportamiento de un grupo de pastones secos para, de esta forma, poder identificar grupos en base a ciertos rangos de comparación. Los cuatro niveles que se conformaron fueron para tratar de identificar que en algunos casos la absorción era instantánea (rápido), en otros casos la gota se mantenía durante un tiempo mayor pero desaparecía casi de forma instantánea, sin presentar una absorción parcial (medio), en el siguiente grupo están los que se observaba que la pasta los iba absorbiendo gradualmente

(lento), para el final quedan aquellos casos donde la gota de agua se absorbía en un proceso muy lento que va desde los 45 min hasta 4 hs (muy lento).

- Rápido: menor a 20 s
- Medio: entre 20 s y 5 min
- Lento: entre 5 min y 30 min
- Muy lento: mayor a 30 min

#### 4 RESULTADOS Y DISCUSION

En los especímenes enfrascados mantenidos en reposo, se observó una separación de fases, es decir, la parte líquida se separa de la sólida. Muchas veces la parte sólida se mantenía en suspensión y otras en el fondo, como se muestra en la figura 5. Una vez que eran destapadas, presentaba un fuerte olor putrefacto.

Los ejemplares que se depositaban en recipientes al aire libre eran mucho más homogéneos, sin presentar esta separación de fases que caracterizó a las muestras de los frascos.



Figura 1. Separación de fases

##### 4.1 Ensayo de muestras secas

Los pastones que se hicieron utilizando la hoja del camalote tardaron más días en secarse (figuras 6 y 7). Los pastones que contenían un mayor espesor debido a la cantidad de material que poseían, presentaban luego en estado seco una alta porosidad



Figura 2. Muestra "C3" porosa



Figura 3. Muestra "C1" húmeda

Para las muestras que contenían hojas, se observó un color verde homogéneo e intenso al poco tiempo de su procesado, y un gran olor putrefacto luego de un determinado tiempo de exposición al aire libre. Estas muestras, a diferencia del resto, presentaron gran contenido orgánico que dificultó el proceso de secado a temperatura ambiente. Los ejemplares resultaron del tipo esponjoso, poroso y con nula impermeabilidad.

#### 4.2 Ensayo de muestras húmedas

Respecto a las muestras que recién se procesaron, una vez que se encontró uno de los patrones que mejor resultado arrojó, se decidió utilizarlo como si fuera una pintura impermeable y se lo aplicó en una cara de un bloque de tierra comprimida (BTC) como muestra la figura 8.



Figura 4. Bloque y pasta

El resultado que se obtuvo fue satisfactorio al comparar este BTC ya pintado (pintura en estado seco) con un mismo BTC sin pintar, se puede observar un tiempo de absorción mucho mayor, en el orden del 800% respecto al original. Es decir, que para un bloque donde las gotas superficiales eran absorbidas en aproximadamente media hora, con esta pasta de camalote se encontró una absorción del orden de cuatro a cuatro horas y media, como se puede observar en la Figura 9.



Figura 5. Prueba de absorción de gota

Se constata que algunas de las gotas del BTC sin tratar ya han sido absorbidas mientras que en el que está pintado todas las gotas se mantienen intactas. Por otro lado se aprecia que en el BTC sin tratar, las gotas están siendo absorbidas porque verse un anillo de humedad alrededor de cada una, cosa que no se observa en el bloque pintado.

### 4.3 Datos del ensayo

A modo de resumen, se expone en la tabla 2, algunos resultados de las distintas mezclas de camalote que se efectuaron en frascos (cerradas, anaeróbicos) y en computeras (abiertos, aeróbicos). Los denominados “días de reposo”, hacen referencia a la cantidad de días que permaneció la muestra cerrada en frasco o en la computadora, por otro lado, los “días de secado” corresponden a los días que llevó para que la misma se seque al aire libre y temperatura ambiente, con libre escurrimiento de agua.

Tabla 2. Tiempos de absorción

Pasta n°	Mezcla en frasco						Mezcla en computadora			
	Sólido en suspensión	Sólido en fondo	Días de reposo <sup>1</sup>	Días de secado <sup>1</sup>	Estado de la muestra	Tiempo de absorción	Días de reposo <sup>1</sup>	Días de secado <sup>1</sup>	Estado de la muestra	Tiempo de absorción
<b>C0</b>	Si	-	5	8	Seco	Lento	-	-	-	-
<b>C1</b>	Si	-	4	7	Seco	Rápido	-	-	-	-
<b>C1'</b>	Si	-	14	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	-
<b>C2</b>	-	Si	4	-	-	-	-	-	-	-
<b>C3</b>	-	Si	4	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	-
	-	Si	7	14	Seco	Rápido	-	-	-	-
<b>C3'</b>	-	Si	14	7	Húmedo	Rápido	-	-	-	-
<b>C9</b>	Si	-	7	4	Seco	Medio	7	4	Seco	Medio
<b>C10</b>	Si	-	7	4	Húmedo	Rápido	7	4	Húmedo	Medio
<b>C12</b>	Si	-	7	4	Húmedo	Rápido	7	4	Seco	Muy Lento
<b>C13</b>	Si	-	0	7	Seco	Rápido	-	-	-	-
	Si	-	7	14	Seco	Rápido	7	14	Seco	Rápido
<b>C14</b>	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Medio	-	-	-	-
<b>C15</b>	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Rápido	-	28	Seco	Lento
<b>C16</b>	Si	-	9	5	Seco	Medio	9	5	Seco	Rápido
	Si	-	14	7	Seco	Rápido	-	28	Seco	Lento
<b>C17</b>	Si	-	7	7	Seco	Lento	7	7	Seco	Med./Lent.
	Si	-	7	28	Seco	Lento	7	28	Seco	Med./Rap.
<b>C18</b>	Si	-	7	7	Seco	Muy lento	7	7	Seco	Med./Lent.
	Si	-	7	28	Seco	Muy lento	7	28	Seco	Med./Rap.
<b>C19</b>	Si	-	7	5	Seco	Lento	7	5	Seco	-
<b>C20</b>	Homogéneo		7	5	Seco	Rápido	7	5	Seco	Rápido

<sup>1</sup> Los días de reposo hacen referencia a los días que transcurren desde que se elaboró la pasa hasta que se selecciona una porción de la misma para pasar a la etapa de secado; los días de secado son los que la pasta pasa con libre escurrimiento de agua sobre una superficie metálica hasta lograr un estado seco.

A partir de los resultados obtenidos con esta pasta, se tomó como base la dosificación para elaborar pastones con el fin de obtener siempre comportamiento similar, en esta nueva etapa el objetivo principal es el lograr un similar resultado en el ensayo de goteo para mezclas elaboradas con la misma dosificación. La identificación de esta última tanda de pastas es de la C14 a la C19. En la Tabla 2 se muestra un los resultados obtenidos para cada caso.

Como se puede identificar los pastones del C14 al C19 tuvieron un comportamiento similar, con buenos resultados en la gran mayoría de los casos a diferencias de los pastones anteriores. Se pudo observar que en los casos de esta tanda que se obtuvieron malos resultados la pasta no se secó de forma homogénea quedando lugares con gran porosidad y humedad. Por otro lado puede verse también que las C17, C18 y C19 tuvieron resultados muy favorable, en esta caso se detecto que a mayor tiempo de mezclado se tritura el camalote en partículas de menor tamaño, lo que permite obtener una pasta más uniforme y que al secarse se ocupen todos los espacios reduciendo el porcentaje de vacios en la cascara.

Las mezclas C4 a C7 fueron las primeras pruebas que se hicieron mezclándolo con suelo, la pasta elegida para este caso fue la C2f para C4 y C5 y la C0 para las dos restantes. En las dos últimas muestras que no tienen resultados es porque el suelo en ambos caso se contrajo tanto que se partió.

## 5 CONSIDERACIONES FINALES

Dado el carácter exploratorio del presente desarrollo, las conclusiones no son definitivas sino que se está redescubriendo caminos por donde transitar en función de los escasos antecedentes encontrados. En este segundo año de investigación se pudo aislar la variable de tiempo de mezclado y la relación  $\text{Peso}_{\text{AGUA}}/\text{Peso}_{\text{CAMLOTE}}$ , manteniendo estos dos parámetros se pude lograr un resultado de tiempo de absorción de valores similares, los últimos observados en la Tabla 2.

Tras un análisis constante de los BTC que se encuentran tratados con camalote se puede observar que con el tiempo la capa de camalote se empieza a fisurar permitiendo el ingreso de las gotas de agua. Por lo que en el futuro sería bueno incorporar alguna materia para reforzar la matriz de la mezcla.

## 6 PROYECCIONES A FUTURO

Como esta investigación está dando sus primeros pasos pero con buenas expectativas, son muchas las ideas para experimentar en adelante, algunas de las que se consideran óptimas para un futuro inmediato son;

- Variar la relación de agua/camalote manteniendo constante las otras variables, con el fin de obtener resultados similares para la misma relación ya sean positivos o negativos, de esta manera se tendrá certeza que es un parámetro que gobierna el comportamiento de la pasta.
- Tras la observación hecha para las capas secas que se pueden apreciar fisuras con el tiempo, sería conveniente incorporar algún ligante en la pasta a fin de reforzar la unión entre las partes.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda, Y. (2008). Utilización de savias vegetales para la fabricación de BTC. São Luís, TerraBrasil 2008.

Faria, Obede (2003). Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe : um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana – SP). Escola de Engenharia de São Carlos/Universidade de São Paulo. Tese de doutorado. Disponible en: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-10022003-103821/pt-br.php>

**AUTORES**

Ariel González: Magister Scientiae en Metodología de la Investigación Científica y Técnica, Ingeniero en Construcciones. Profesor e investigador de la UTN, Santa Fé, Argentina, trabaja en equipos interdisciplinarios en temas del hábitat urbano y rural. Secretario Ejecutivo de la Red Latinoamericana de Cátedras de Vivienda (ULACAV), miembro de la Red Ibero-americana PROTERRA.

Roberto Luis Costanzo: Técnico Electromecánico, Becario de Investigación, Estudiante Avanzado de la Carrera Ingeniería Civil, Expositor en JIT2014 FRRO (Jornada de Investigadores Tecnológicos), Organizador de JEA1°, JEA2°, JEA3° (Jornada de Edificios en Altura), CONEIC IV 2013 (Congreso Nacional de Estudiantes de Ingeniería Civil).

Fernández, José Ariel: Estudiante de Ingeniería Civil (Universidad Tecnológica Nacional). Becario de Investigación. Presentó trabajos en la Jornada de Investigadores Tecnológicos 2014, Rosario. Participó en la organización de Jornada Edificios en Altura 4ta edición.