



UTILIZACIÓN DE SAVIAS VEGETALES PARA LA FABRICACIÓN DE BTC

Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez

Universidad Autónoma de Tamaulipas. UAT. Centro Universitario Tampico-Madero.
Tampico, Tamaulipas. México. yaranda@uat.edu.mx

Palabras clave: savias vegetales, mucílago, BTC

RESUMEN

La construcción con tierra es tan antigua como la humanidad, siendo el material primordial en aquellas regiones donde hay escasez de recursos y vivienda. En la actualidad, un tercio de la humanidad vive en viviendas de Tierra y en países en proceso de desarrollo más de la mitad de sus viviendas son de Tierra. Se estima por el Centro para Asentamientos Humanos de las Naciones Unidas (UNCHS) que el suministrar vivienda de bajo costo y de materiales durables es uno de los principales retos en aquellos países. En México la Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), ha estimado una necesidad de edificación de 766,000 viviendas anuales hasta el 2030, y la construcción a base de bloques de tierra comprimido sería una posible solución a este problema, por ser un material económico, pero presenta, para las características de ciertas regiones húmedas en nuestro país, algunas desventajas como lo son: su debilidad ante la humedad y resistencia. Ancestralmente sin comprobación científica se han utilizado savias vegetales. Una sustancia que podría agregarse durante la elaboración del bloque de tierra comprimido (BTC) estabilizado, podría ser las provenientes de algunas cactáceas, esto con la finalidad de mejorar propiedades del material como la permeabilidad y resistencia. El presente trabajo presenta el uso de mucílago (líquido viscoso que se encuentra en diferentes vegetales) y acíbar, zumo concentrado del Aloe, principalmente de nopal (*Opuntia rastrera* y *Opuntia ficus-indica*) y sábila (*Aloe vera barbadensis*), con el objeto de comprobar científicamente si se mejoran las características del BTC estabilizados con cemento Pórtland, al emplearlo como aditivo, a baja concentración, en el agua utilizada para su fabricación. A los bloques fabricados utilizando soluciones de las sustancias anteriores se les determinó su resistencia a la compresión, húmeda y seca, absorción de agua, porosidad y abrasión y se compararon los resultados con los de BTC producidos sin añadidura de otras sustancias.

1. INTRODUCCIÓN

La problemática de la vivienda implica una conjunción de factores que deben ser analizados bajo la perspectiva de diversas disciplinas tanto sociales, políticos, económicos, demográficos entre otros.

Expertos en vivienda coinciden en afirmar que la necesidad de la misma difiere de la demanda debido a que ésta última depende del poder adquisitivo de la familia, el acceso a los tipos de crédito, su deseo por tener un patrimonio (Coulomb y Schteingart, 2006), lo anterior, evidencia solo un aspecto de la carencia de vivienda, ya que otros aspectos fundamentales están conformados por aquel conjunto que están inhabitables debido a situaciones estructurales, de nulo mantenimiento o catástrofes naturales.

Las cifras que arrojo el Censo en México del 2000 enfocaron las políticas gubernamentales a metas de incrementar a 750,000 por año el número de viviendas ofertadas sin tomar en cuenta el costo de las mismas o si la población de escasos recursos es decir aquellos que están por debajo de los 3 salarios mínimos, tendrían acceso a ellas.

Tanto las políticas gubernamentales como la producción de vivienda por parte de los principales promotores del país, no se han caracterizado por tratar de atacar el problema desde el punto de vista de innovación de materiales sustentables y económicos que permitan abatir el costo de la vivienda. Es claro que en los últimos años la oferta de la

vivienda supera la demanda, debido a que los créditos no están al alcance de quienes verdaderamente tienen la necesidad.

La Comisión Nacional de Vivienda (CONAVI), en un esfuerzo conjunto con organismos como la Sociedad Hipotecaria Federal (SHF), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Instituto de Fomento Nacional para la Vivienda (INFONAVIT) y Fondo Nacional de Habitaciones Populares (FONHAPO), convocan desde el 2001 al premio nacional de vivienda con el claro objetivo de fomentar la investigación de planeación, desarrollos urbanos, políticas de diseño, sistemas constructivos y tecnología para así implementar soluciones más viables y fundamentadas a dicho problema.

1.1. La producción social de vivienda y los BTC como alternativa tecnológica

El sistema de producción habitacional Enrique Ortiz lo define así:

Por sistema de producción habitacional se entiende el conjunto de programas, proyectos y actividades relativos a los procesos de planeación, construcción y distribución de la vivienda, conducidos por promotores que trabajan en forma organizada, planificada y continua, bajo esquemas de operación estructurados (PUEM, 2006).

El arquitecto Ortiz lo clasifica en producción pública, privada, social, auto-producción, autoconstrucción, y cada una con sus subdivisiones.

La producción social es aquella que produce sin fines de lucro, bajo la dirección de una organización no gubernamental de asistencia técnica, en coordinación con cooperativas, sindicatos o asociaciones que representen el sector social de bajo ingreso carente de vivienda, los cuales participaran conjuntamente en el proceso constructivo para después obtener la adjudicación de la vivienda, o bien les será encargada a terceros; la diferencia con la autoconstrucción es que ésta última solo abarca el aspecto constructivo del proceso de producción: las familias o individuos autogestionan los materiales y aportan su mano de obra, generalmente carente de apoyo técnico. A su vez ésta difiere de la denominada auto producción ya que en la autoconstrucción no se tiene el control del proceso productivo, mientras que en la auto producción sí, y es precisamente en ésta forma de producción social de vivienda, donde la propuesta de un material económico, sustentable y mejorado, fácil de elaborar por las comunidades se inserta.

Modernizar el uso de este material milenario, la tierra, es una realidad y se puede convertir en una verdadera alternativa a la proliferación de la arquitectura costosa en energías no renovables y de alto impacto ambiental, basada en la supremacía materiales industriales y de nuevos productos químicos como respuesta a todos los problemas.

El conocimiento de técnicas ancestrales, ha permitido la actualización y perfeccionamiento de variantes a éstos procedimientos que permitan su industrialización.

Los bloques de Tierra comprimida, BTC, es un producto resultante de la mezcla de tierra, un estabilizante como cemento o cal y agua en proporciones adecuadas, comprimida en máquinas (prensas) manuales o mecánicas que aportan una presión de compactación del orden de los 2 MPa. Esta tecnología se incorpora a la construcción a mediados del siglo XX, extendiéndose su uso a partir de la aparición de prensas mecanizadas.

Hacia 1956 aparece la prensa manual denominada Cinva- Ram, la cual debe su nombre al Ing. Ramírez su creador y al Centro de Investigación de la Vivienda en Colombia.

Posteriormente aparecen otros medios de compresión como prensas semiautomáticas, automáticas, o por medios hidráulicos, mecánicos, o neumáticos.

Esto en lo que se refiere a los BTC, sin embargo, la arquitectura de tierra tiene algunos inconvenientes:

El sismo y el agua son los dos enemigos fundamentales de las construcciones con tierra.

1. Problemas de durabilidad. Degradación ante los fenómenos atmosféricos, en especial el agua (erosión y humedades).
2. Fragilidad frente a desastres naturales. Sismos e inundaciones (Maldonado et al., 2002, p. 107).

Una sustancia que podría agregarse durante la elaboración del BTC estabilizado podría ser las sustancias provenientes de algunas cactáceas.

Las cactáceas contienen sustancias viscosas generalmente conocidas como mucílago; el mucílago es una sustancia que se encuentra en diferentes vegetales (tanto en hojas como tallo, raíces, etc.) y algunas leguminosas. Están constituidas por carbohidratos de alto peso molecular. Contiene principalmente dos polímeros naturales orgánicos: la amilasa (polímero de la glucosa con unión 1-4 de tipo α consigo misma) y amilopectina (polímero también de la glucosa pero con uniones 1-6), para el caso de los vegetales; y polisacáridos compuestos por D-manosa y D-galactosa, para el caso de las leguminosas.

La amilasa se encuentra formando una cadena helicoidal que en solución tiene la capacidad de formar películas delgadas que al secar presentan alta rigidez. La amilopectina, como todo compuesto de alto peso molecular, presenta viscosidad elevada en estado puro pero es altamente soluble en agua. Combinadas y encontrándose en solución acuosa, ambas pueden formar capas con diferentes propiedades mecánicas. Estas características de cohesión se han aprovechado para unir diferentes materiales. (Masschelein-Kleiner, 1995).

De esta manera, encontrándose en solución acuosa, ofrecerá a cualquier concentración diferente de cero ciertas características de cohesión.

Este efecto ha sido aprovechado desde la antigüedad principalmente para la elaboración de adobe en la construcción. Tiene la ventaja que, como el mucílago se encuentra en baja proporción en dilución, no se presentan problemas durante su incorporación a la mezcla de materiales para obtener adobe o bloques de tierra comprimidos terminados y durante siglos se han observado de manera empírica, sin comprobación científica, grandes ventajas al hacer uso de éste.

El acibar: zumo concentrado del aloe barbadensis (Carretero A. 2008), posee por su composición, características químicas muy similares al mucílago de nopal.

La resistencia a la compresión y tracción pueden incrementarse empleando almidón y celulosa, pero esos aditivos, al mismo tiempo reducen la cohesión y aumentan la retracción lo cual resulta desventajoso (Minke, 2001), a diferencia del mucílago compuesto por amilasa y amilopectina

Por otro lado el cemento Portland es un conglomerante hidráulico que resulta de la pulverización del clinker, a un grado de finura determinado, al cual se le adiciona sulfato de calcio, (yeso) o agua a criterio del fabricante para mejorar su fraguado. El clinker está compuesto por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos cálcicos; actualmente no se tienen referencias que expliquen alguna reacción química entre estos compuestos y la amilasa y amilopectinas; sin embargo existen estudios que muestran cierta actividad positiva entre el mucílago de nopal y mezclas de concreto al observarse un aumento de la resistencia a la compresión (Torres y Cano, 2007; Hernández et.al, 2005).

Dado lo anterior surge la pregunta de investigación: **¿Mejora el mucílago de nopal (*Opuntia rastrera* y *opuntia ficus-indica*) y sábila (*Aloe vera barbadensis*) agregada al agua de mezclado por separado, las características físico-mecánicas de los BTC estabilizados con cemento Pórtland ordinario CPO 20 al 6%?**

La relevancia social de este estudio estriba en que si se logran mejorar las características de este material ante la humedad que es una de sus principales debilidades, se utilizaría en programas de producción social de vivienda con una mayor aceptación por parte del usuario, ya que es un material económico debido al reducido costo de la materia prima

básica, la tierra, comparado contra el block de concreto y no requiere de tanta energía si se utilizan las prensas manuales para su fabricación.

1.2. Algunos antecedentes de estudios y pruebas realizados con bloque de tierra comprimida (BTC)

El adobe ha sido utilizado por años en la construcción, en efecto se ha comunicado en diversas ocasiones que un gran número de personas en el mundo vive en casas de adobe (Aguayo A., 2005). Para hacer bloques con este material se ha propuesto el uso de diversos aditivos encontrando entre ellos el nopal (Briccoli et al, 2001). Víctor Castaño en su conferencia, "Materiales del Siglo XXI", denotó que el uso de nopal es una tecnología rescatada de tradiciones prehispánicas y ha presentado además muchos otros usos importantes.

En Tamaulipas el Gobierno del Estado por medio del Instituto Tamaulipeco de la Vivienda y Urbanización (ITAVU), durante el gobierno de Américo Villarreal, se implementó una nueva modalidad dentro del Programa de Construcción de Vivienda Rural, como opción para las zonas más marginadas: La Casa de Tierra. Entre los conjuntos habitacionales que se pueden mencionar están: Carbonera, Fidel Velásquez, Del Valle, Sedena entre otros, así como restauraciones del Monasterio de las Madres Adoratrices, El Palacio Municipal de Jiménez, y la Biblioteca Municipal de Jaumave, todos ellos realizados con BTC.

Por otro lado, en la Universidad de Checoslovaquia en Praga, Jan Ruzika para obtener su tesis doctoral realizó una investigación sobre el comportamiento de los bloques de tierra prensados y estabilizados en estado seco y húmedo para determinar si la compresión es la que determinaba la resistencia o la adición de estabilizantes como cemento Pórtland y cal y los porcentajes de estabilización. De igual manera se preguntó ¿cuál era el comportamiento de estos bloques estabilizados de manera húmeda? Para determinar si mejoraban o si era la compresión más importante que la adición. Se lanzó una serie de 150 bloques curados y unos a las 6.3 semanas de elaborados y otros hasta las 77.3 semanas, para cada uno de los grupos, es decir, secos y húmedos, estabilizados con cemento, y estabilizados con cal, y los estudios arrojaron que bajo condiciones de alta humedad, la adición de cemento o cal a los BTC mejora significativamente su comportamiento. El período de la investigación duró desde el 2001 hasta el 2003.

En los Cuadernos Técnicos de la FAO (Saenz 2006) cita a varios investigadores que han estado utilizando el hidrocoloide del nopal para diversos usos en construcción, a saber: en Perú, Ramsey en 1999 estudió el uso de goma o mucílago de cladodios de nopal para estabilizar bloques de adobe, comparándolo con la cal; los resultados obtenidos no fueron exitosos como se esperaba, probablemente debido a que las dosis empleadas fueron del 10%. La metodología utilizada para preparar la goma de nopal como estabilizante, consiste en limpiar y remojar en agua los cladodios (1:1 en peso); las mejores condiciones de remojo fueron 18 días a 15°C – 20°C (82 - 92 por ciento HR) o entre 7 y 14 días a 20°C – 25°C (77 - 88 por ciento HR). Del mismo modo, Cárdenas et al (1998) efectuaron ensayos preliminares acerca del uso de jugo de nopal en pastas de Ca(OH)_2 , indicando que su incorporación vuelve más débil la textura de la cal, así mismo a señalado que desde hace muchos siglos se agrega jugo de nopal como un adhesivo orgánico a la cal para restaurar y proteger edificios históricos en México.

Torres Acosta et al (2007) también analizaron la adición de mezclas de nopal y *Aloe vera* en el concreto, como un modo de aumentar las propiedades anticorrosivas al entrar en contacto con el acero.

Por su parte, Hernández y Serrano (2003), en un estudio sobre adición de mucílago de nopal liofilizado a morteros ampliamente usados en la construcción, observaron que la adición de 0,5 g de mucílago liofilizado mejoraba las características mecánicas de la mezcla, con una mejor resistencia a la compresión que los controles sin mucílago de nopal. La

mezcla de yeso + arena sílice + mucílago de nopal liofilizado mostró un esfuerzo a la compresión de 151,8 kgf/cm² a los 28 días, en comparación con el control que fue de 125,6 kgf/cm².

Roux (2002) muestra diversos análisis realizados *in situ* de muros fabricados con BTC estabilizados con cemento Pórtland y utilizando un refuerzo a base de fibra de coco, los resultados obtenidos muestran ventajas en las características del BTC al estabilizarlo con cemento pero no así al utilizar fibra de coco.

2. METODOLOGIA DE LA PARTE EXPERIMENTAL

Para resolver el problema de investigación, se pretende: Analizar científicamente que la utilización del mucílago de nopal y sábila mejora efectivamente las características del material, mostrar que los BTC modificados cumplen los estándares para ser utilizados como material adecuado para la construcción de vivienda, Identificar la composición del suelo con el que se fabricarán los BTC, determinar el porcentaje exacto de concentración en el agua de mezclado de los mucílagos, identificar los diferentes porcentajes de absorción de agua ante las diferentes concentraciones de mucílago y acibar con el fin de estandarizarlos en una tabla que nos permita tener indicadores, así como analizar las diferentes características físicas: compresión, durabilidad, porosidad y absorción de agua, así como las características químicas de: resistencia a los álcalis, ácidos y sales en las diferentes concentraciones de mucílago, con el fin encontrar materiales alternativos que sean económicos y aporten soluciones al problema de vivienda en México.

2.1. Preparación de muestras

Se realizaron Bloques de Tierra comprimido a partir de una mezcla 2:3 de Arcilla-Medrano (las relaciones se hicieron en **peso:peso**) a la cual se añadió cemento Pórtland CPO20 marca CEMEX como estabilizante equivalente al 6% (p/p) de la proporción y 6 L de líquido; posterior a la homogenización de la mezcla se vertió esta al contenedor de una prensa hidráulica marca Adobepress 2000 y se compactó a una presión de 6 MPa durante 30 segundos. Una vez obtenido el bloque pasó al área de secado y curado por un periodo de 10 días.

El líquido utilizado se definió de acuerdo al tipo de BTC (blanco o modificado) que se menciona a continuación.

2.2. BTC blanco

Para las muestras denominadas blanco se añadió como líquido agua potable.

2.3. BTC Mucílago

Para las muestras denominadas modificadas se añadió como líquido 6L de solución de agua potable y mucílago de nopal. La solución Agua-Mucílago de nopal se obtuvo a partir de una mezcla de pencas maduras de nopal en agua potable que se dejaron macerarse por un lapso de 5 días. Posteriormente se decantó la mezcla descartando el sólido precipitado. Se utilizaron por separado dos especies de nopal, **Opuntia rastreera** (*nopal forrajero y tunero*), y el segundo **Opuntia ficus indica** (nopal verdura modificado)

Para el mucílago de sábila también denominado Acíbar, a las pencas se les quitó el epitelio para posteriormente licuar el acíbar y éste se guardó en garrafas para posteriormente preparar las soluciones que se agregarían al agua de mezclado.

A las soluciones generadas se realizaron pruebas químicas.

Se realizaron pruebas físicas y químicas por separado a 10 bloques obtenidos aleatoriamente de cada lote producido.

2.4. Pruebas físicas

Se realizaron pruebas de compresión seca, según la norma técnica mexicana para ladrillos de barro cocido, NMX-404 (ONNCE, 2005), compresión húmeda y abrasión, según la norma técnica colombiana NTC-5324 (ICONTEC, 2005), absorción de agua y porosidad (según la norma técnica mexicana para ladrillos de barro cocido NMX-C-37 (ONNCE, 2005) cuyo límite máximo es de 20%, así como para la norma técnica brasileña NBR 8491 (ABNT, 1984) para BTC).

Compresión: Se coloca en una prensa hidráulica una porción uniforme de arena y sobre ella el BTC al cuál se va a medir la resistencia a compresión. La máquina comienza a ejercer una presión uniforme sobre el tabique medida en toneladas o Megapascuales.

Compresión húmeda: Para esta prueba se siguió el mismo procedimiento anterior, solo que se hace después de que el BTC, permaneció 24 horas sumergido.

Absorción de agua: Para este análisis se peso en seco el BTC, posteriormente se sumergió completamente en agua durante 24 horas (de esta manera se logra la saturación con líquido); se retira del agua y se pesa anotando el dato en el formato correspondiente. Se seca la muestra y se vuelve a pesar.

Porosidad: A partir del volumen de agua que absorbe una muestra de BTC y conociendo el volumen del BTC (el cual se determina midiendo con un vernier cada uno de sus lados) se determina el por ciento de humedad según la variable operacional. Dada por la siguiente fórmula: $\%P_o = (V_b/V_a) * 100$, donde: $\%P_o$ = Porcentaje de porosidad, V_b = Volumen del BTC (en cm^3) y V_a = volumen de agua (en cm^3). A partir del valor normativo de la NBR 13555 para porcentaje de absorción de agua (20% peso/peso), se determina que este valor corresponde al 37% en volumen/volumen, para el peso promedio de los bloques fabricados.

Resistencia a la abrasión: Se cepilló la superficie de un bloque previamente pesado con la ayuda de un cepillo metálico a razón de una ida y venida por segundo durante un minuto (60 idas y vueltas) sin aplicar fuerza vertical sobre el cepillo. El ancho del cepillado no debe exceder más de 2 mm del ancho del cepillo. El cepillado debe hacerse sobre toda la superficie. Al final del cepillado se debe limpiar el bloque y pesar al igual que el material desprendido.

2.5. Pruebas Químicas

Debido a que los BTC una vez utilizados en la construcción tienen la posibilidad de verse expuestos a diversos componentes químicos naturales como acidez, salinidad, entre otros, se realizaron pruebas químicas esenciales que ahora se detallan:

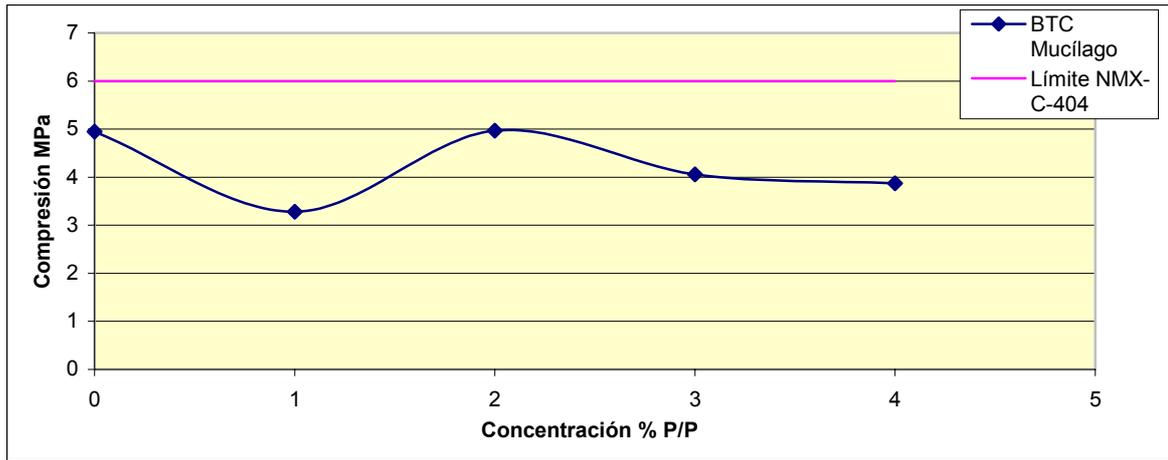
Se determinó la resistencia a los álcalis a partir de la norma mexicana NOM-052 (SEMARNAT, 1993) y posterior gravimetría. Para la salinidad se lixivió una porción de sólido y al líquido obtenido se determinó la concentración de cloruros a partir de la norma mexicana NMX-AA-073 (SCFI, 2001) y pH con la norma mexicana NMX-AA-008 (SCFI, 2000). A las soluciones de acíbar y mucílago se les determinó también la concentración de cloruros y pH con las normas anteriores además de la viscosidad por el método de Oswald.

3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS FÍSICAS

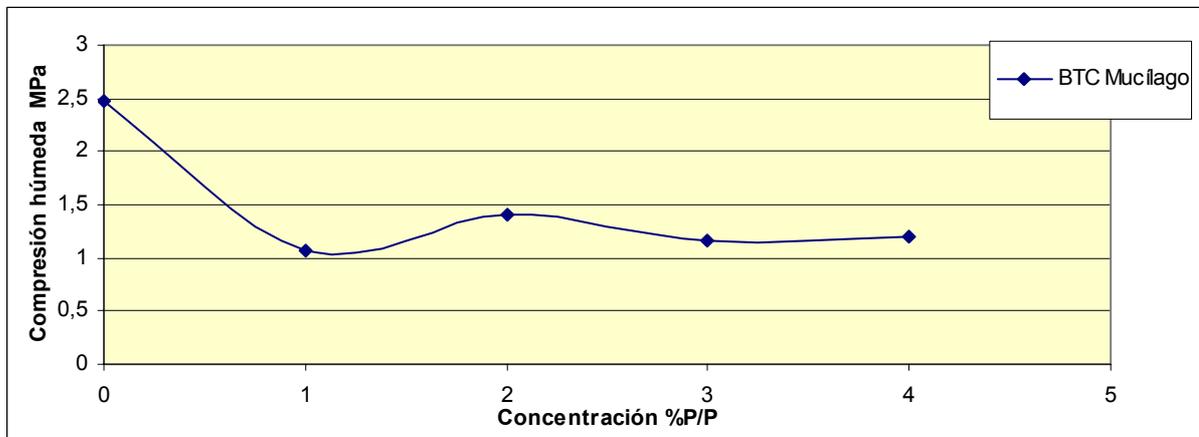
3.1 Sobre las pruebas físicas

Mucílago de Nopal

En la gráfica 1 se puede observar los resultados de la prueba de compresión para BTC en donde se utilizó mucílago de nopal a diferentes concentraciones. Se puede notar que para este caso no se encuentran resultados con diferencia significativa, por lo tanto la producción de BTC con mucílago de nopal a bajas concentraciones (del 1% al 4%) no es recomendable, si lo que se busca es mejorar su resistencia.



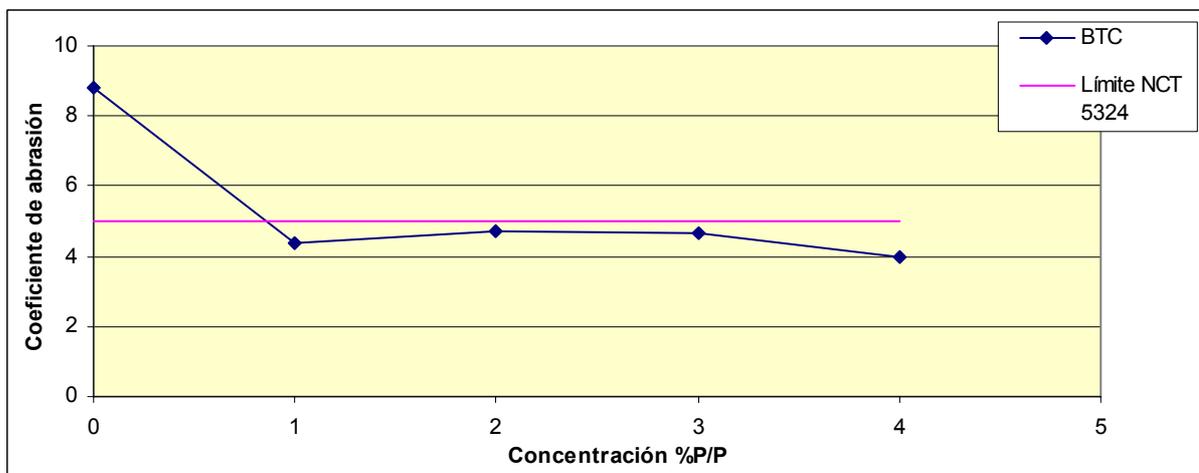
Gráfica 1 – Resistencia a la compresión seca de los BTC en diferentes concentraciones de mucílago



Gráfica 2 – Resistencia a la compresión húmeda de los BTC con diferentes concentraciones de mucílago

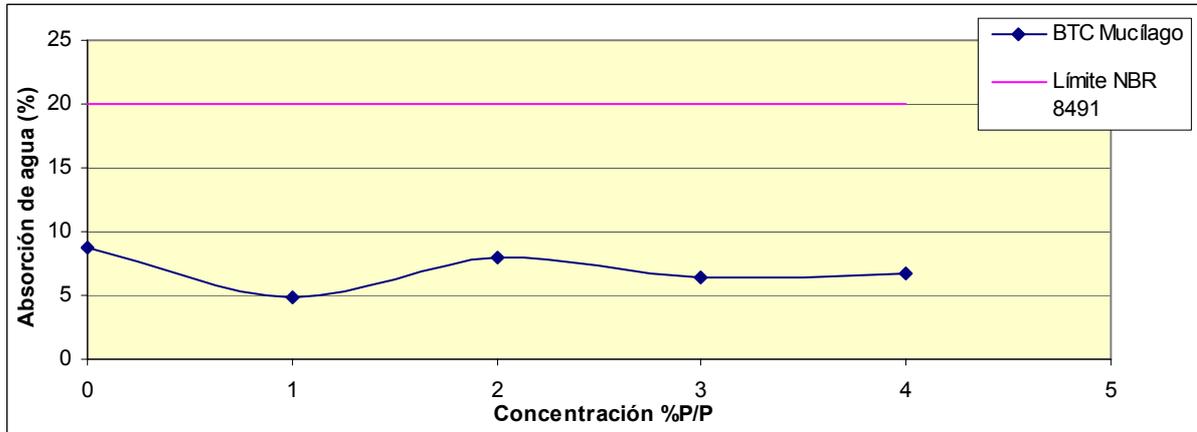
No existe norma mexicana para la compresión húmeda, sin embargo estos resultados servirán para compararlos con los resultados del acíbar.

En la gráfica 3 se observan los valores obtenidos para la prueba de abrasión, y que están ligeramente abajo del valor normativo, pero aún no son significativos para las concentraciones dadas.



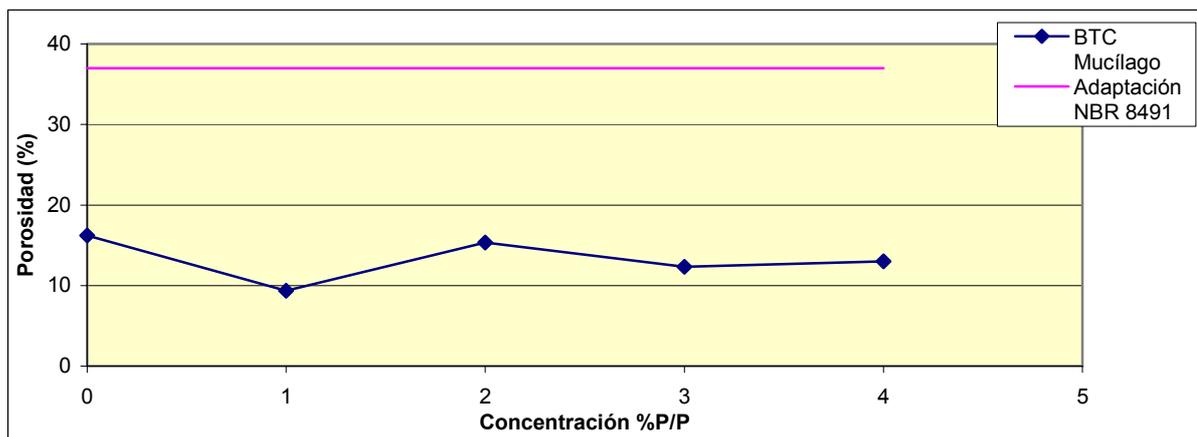
Gráfica 3 – Resistencia a la abrasión de los BTC con diferentes concentraciones de mucílago

La gráfica 4 indica que para las concentraciones experimentadas el porcentaje de absorción de agua está por abajo del valor normativo, sin embargo entre ellas no hay una diferencia significativa.



Gráfica 4 – Absorción de agua de los BTC con diferentes concentraciones de mucílago

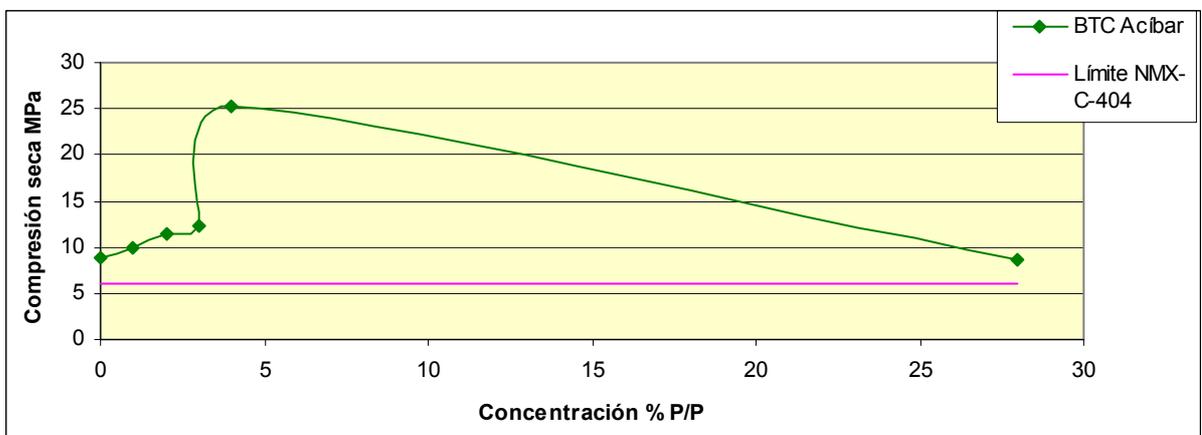
Y en la gráfica 5 se observa un fenómeno muy similar que para la gráfica 4



Gráfica 5 – Porosidad de los BTC con diferentes concentraciones de mucílago

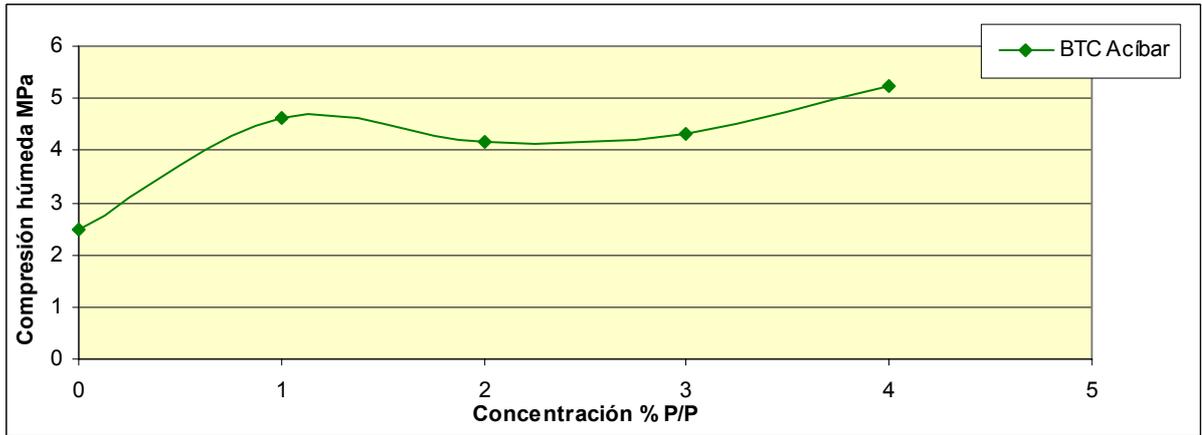
Aloe Vera o sábila

En la gráfica 6 de BTC con diferentes concentraciones de sábila, se observa para la compresión seca, los valores están por arriba del valor normativo.

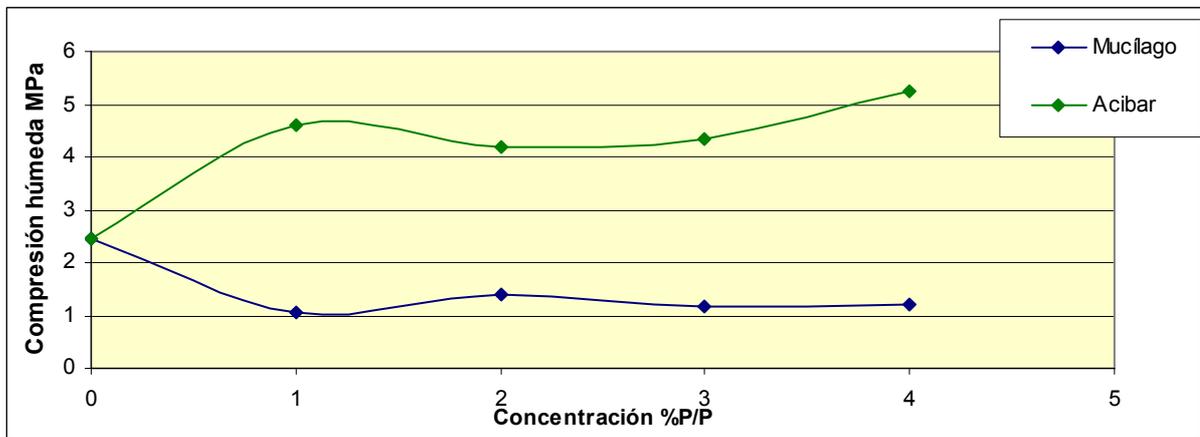


Gráfica 6 – Resistencia a la compresión seca de los BTC con diferentes concentraciones de acíbar de sábila

La gráfica 7 muestra la resistencia a la compresión húmeda en Megapascales de los BTC para las concentraciones de 1 a 4% de acíbar de sábila.

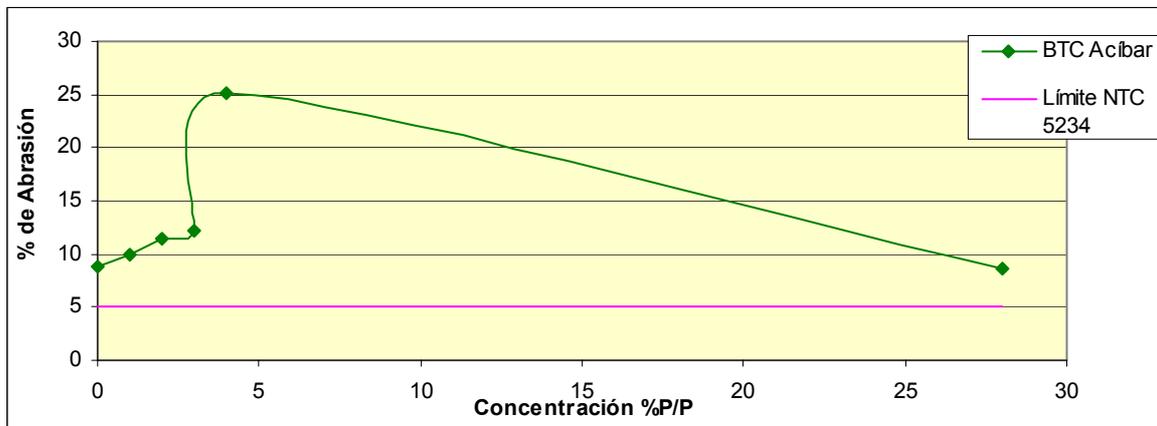


Gráfica 7 – Resistencia a la compresión húmeda de los BTC con diferentes concentraciones de acíbar de sábila



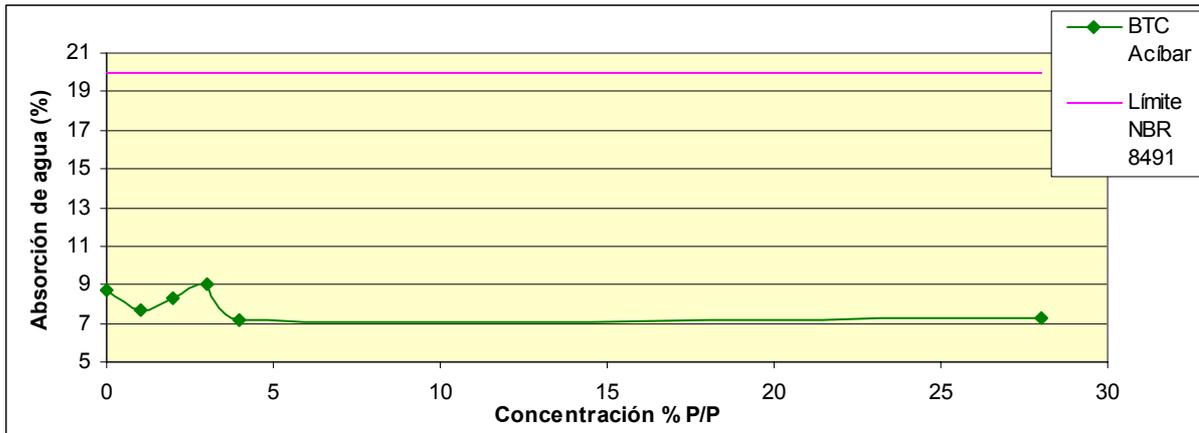
Gráfica 8 – Comportamiento de la resistencia a la compresión húmeda de los BTC con mucílago de nopal e de acíbar de sábila en las diferentes concentraciones

En la prueba de abrasión el comportamiento de los BTC supera el valor normativo, y comparativamente con los de mucílago la resistencia a la abrasión fue mayor.



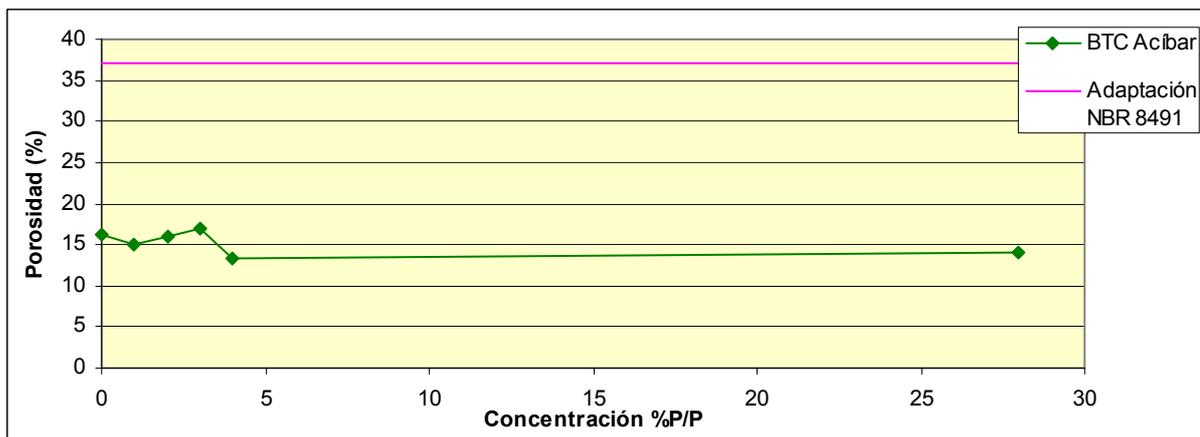
Gráfica 9 – Resistencia a la abrasión de los BTC con diferentes concentraciones de acíbar de sábila

Para la prueba del porcentaje de absorción de agua de los BTC elaborados con diferentes concentraciones de acíbar de sábila, se observa que el porcentaje de absorción de humedad está muy por abajo del valor normativo.



Gráfica 10 – Absorción de agua de los BTC con diferentes concentraciones de acíbar de sábila

Para la prueba de porosidad se observa un comportamiento similar al de absorción de humedad y muy por debajo del valor normativo.



Gráfica 11 – Porosidad de los BTC con diferentes concentraciones de acíbar de sábila

3.2. Sobre las pruebas químicas

La viscosidad de las soluciones de mucílago a 27°C para la *Opuntia rastrera* forrajero fue casi **ochenta veces** más alta que el agua y treinta veces más que el mucílago concentrado de *Opuntia ficus indica* (verdura domesticado). La viscosidad puede darnos una idea del contenido de compuestos de alto peso molecular presentes en las pencas de nopal, a partir de este valor tenemos dos posibilidades: la primera que el contenido de ellos sea en el primer caso alto y en el segundo bajo, o la segunda que consiste en que la primera tenga compuestos de mayor peso molecular y el segundo la misma cantidad de compuestos pero de menor peso molecular.

Para las soluciones concentradas de acíbar de sábila se obtuvo una concentración de cloruros de 919 mg/L y pH de 7.87 este pH, (como se verá más adelante, es mayor al de las soluciones de mucílago), a diferencia del agua potable utilizada para la preparación de la solución que fue de 85 mg/L y 7.37 de pH. Se obtuvieron salinidades de 142.5 mg/L a 180.00 mg/L para soluciones de mucílago concentradas, con respecto al pH en todos los casos fue menor de 7 (ácido). Sin embargo, los bloques en general tienen un pH mayor a 7 (básico). La acidez que presenta la solución agua-mucílago se neutralizará durante la mezcla con el suelo alcalino.

El bloque al final es alcalino, no reacciona con agua pero reacciona presentando efervescencia con ácido clorhídrico; esto quiere decir que los bloques deben mantenerse, en lo mayor posible, alejado de los ácidos. Cabe señalar que esta reacción también se presenta con la presencia de carbonatos en la muestra. Sin embargo, los bloques con mucílago, cuando la concentración de éste es del 1%, presenta una mayor resistencia a los ácidos a diferencia de los bloques blanco (sin solución de mucílago); en ambos casos no sería recomendable exponer los bloques a medios ácidos extremos (Como en laboratorios químicos). Por tanto, debido a las características de los bloques, presentan una mayor resistencia a las bases que a los ácidos, pero para los sistemas habitacionales no parece encontrarse ningún problema con ello.

La concentración de cloruros, en los bloques fabricados, es menor de 10mg/dm^3 , para la concentración baja de mucílago (1%) la concentración de cloruros no es perceptible para los métodos utilizados. Puede inferirse por tanto que no se temerá corrosión a objetos debidas a cloruro de sodio al menos a concentraciones de mucílago del 1%. Los bloques fabricados con acíbar tienen concentraciones menores a 10 mg/dm^3 y pH en derredor de 9.7

4. CONCLUSIONES

Los bloques en los que se utilizaron soluciones de acíbar de sábila, a diferencia de las de mucílago de nopal, se obtuvo un mejor comportamiento a la compresión húmeda y seca para las concentraciones de 1% al 4%; también se disminuyó la porosidad y el porcentaje de absorción de agua.

Para las mismas concentraciones de mucílago de nopal no se encontró una diferencia significativa, tampoco se encontró entre ellos y los bloques blanco o testigo (sin mucílago); por lo tanto la producción de BTC con mucílago de nopal a bajas concentraciones (del 1% al 4%) no es recomendable pues no se mejoran sus características.

De acuerdo a las pruebas químicas realizadas los bloques no presentan un riesgo mayor que el de cualquier bloque común utilizado hasta el momento, no son corrosivos ni podrían afectar a su medio circundante.

El presente análisis deberá complementarse con el estudio con bloques con mayor concentración de mucílago de nopal.

BIBLIOGRAFÍA

- ABNT (1984). NBR 8491 – Tijolo maciço de solo-cimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- AGUAYO A. (2005). En el mundo un número importante de personas vive en casas de adobe. Boletín de la Facultad de Arquitectura, diseño. Universidad de Colima. Año 1 No. 13. p.3.
- BRAVO-HOLLIS, H. (1978) Las cactáceas de México, Vol. 1 (2ª. Ed.). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- BRICCOLI, Rovero, et. al (2001). Natural Additives For Improving The Mechanical Properties And Durability Of Adobe Building Material . Materials Engineering. Vol. 12, no. 3, pp. 413-425.
- CÁRDENAS A, Arguelles W. M.; GOYCOOLEA, F.M. (1998). On the Possible Role of Opuntia ficus-indica Mucilage in Lime Mortar Performance in the Protection of Historical Buildings. Journal of the Professional Association for Cactus Development. [3]. Recuperado el 29/11/2006. Disponible en: <http://www.jpacd.org/contents1998.htm>
- CARRETERO A. (2008). Aloe: acíbar y gel de aloe. Recuperado el 01/09/08. Disponible en: [http://www.portalfarma.com/pfarma/taxonomia/general/gp000011.nsf/voDocumentos/19133DA0D8787D1BC12572FF00386FFD/\\$File/303_plantas.htm?OpenElement](http://www.portalfarma.com/pfarma/taxonomia/general/gp000011.nsf/voDocumentos/19133DA0D8787D1BC12572FF00386FFD/$File/303_plantas.htm?OpenElement)
- COULOMB, R.; SCTIENGART, M. (2006). Entre el Estado y el mercado. La vivienda en el México de Hoy, UAM-A. Editorial Porrúa. Cámara de diputados, México, (Conclusiones: páginas 495-513).

HERNÁNDEZ, Caballero,Castaño et al (2005). Modification of Portland cement mortars with cactus gum.

HERNÁNDEZ Z.; SERRANO G, (2003). Use of nopal in the construction industry, en Proceedings IX Mexican and VII International Congress on Knowledge and Use of Nopal. México. Pg. 286

ICONTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas, NTC 5324. Bloques de Suelo Cemento para Muros y Divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de Ensayo. Condiciones de Entrega, Bogotá, 2005

MALDONADO R., L.; RIVERA G., D.; VELA C., F. (2002). Arquitectura y construcción con tierra. Tradición e Innovación. Madrid, España: Mairera.

MASSCHELEIN-KLEINER, L. (1995). Ancient binding media, varnishes and adhesives. Roma, Italia: ICCROM.

MINKE, G. (2001). Manual de construcción en Tierra. La Tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual. Uruguay: Nordan-Comunidad.

ONNCCE (2005). Norma Mexicana, NMX-C-037-2005 Industria de la construcción – Bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – Determinación de la absorción de agua y absorción inicial de agua. México: ONNCCE

ONNCCE (2005). Norma Mexicana, NMX-404-2005. Industria de la construcción- Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – especificaciones y métodos de prueba.México: ONNCCE

PUEM (2006). Dimensión e impactos macro y microeconómicos de la producción social de vivienda en México. Recuperado el: 12/07/2007 En: <http://www.conafovi.gob.mx/publicaciones/Dimensiones.pdf>

ROUX G., R. S. (2002). Utilización de ladrillos de adobe estabilizados con cemento Pórtland, tipo I al 6% y reforzado con fibra de coco para muros de carga en Tampico. Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

RUZICKA Jan (2006). Bloques prensados de tierra ¿resistentes a la humedad? Recuperado el 12 de enero del 2007. Disponible en: http://www.ecosur.org/ecosur_e-magazine/edicion_23_-_octubre_2006/bloques_prensados_de_tierra_%bfresistentes_a_la_humedad?.html

SAENZ, Carmen (2006). Producción industrial de productos no alimentarios. Cuadernos Técnicos de la FAO. Recuperado el:29/08/2007 en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0534s/a0534s01.pdf>

SCFI (2000). NMX-AA-008 Análisis de agua – determinación del pH – método de prueba. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial

SCFI (2001). NMX-AA-073 Análisis de agua – determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – método de prueba. México: Secretaria de Comercio y Fomento Industrial

SEMARNAT (1993). NOM-052 Las características de los residuos peligrosos y los limites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente México: Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

TORRES A.; CANO B. (2007). Las bondades del Nopal. Construcción y Tecnología Boletín del IMCYC. Disponible en: <http://www.imcyc.com/ct2007/index.htm>. Recuperado el: 12/10/2007.

TORRES Acosta, A. (2006). Opuntia-Ficus-Indica (Nopal) mucilage as a steel corrosion inhibitor in alkaline media. Journal Of applied electrochemistry 37. Recuperado el: 28/06/2007 En: <http://www.springerlink.com/content/1071127421w23176/>

UNCHS (1986). Earth construction technology. Nairobi.

AUTORA

Yolanda Aranda Jiménez. Licenciatura en Arquitectura por ITESM (Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey Campus Monterrey) 1982. Mención Honorífica. Maestría en Administración de la Construcción UAT 2000. Catedrático UAT desde 1986. Tiempo completo e investigador 2001. Miembro de PROTERRA desde 2005. Ponencias en diversos congresos internacionales: Colombia, Portugal, Argentina, USA Adobe 2007, Nuevo México. Estudiante del Doctorado en Vivienda FADU/UAT, línea de investigación Tecnología y Vivienda.