

Comparación de Guadua A.K expuesta a agentes atmosféricos, protegida y sin protección, mediante inspección visual y microscopía

Liliana Rocío Patiño León*

Manuel Fernando Martínez Forero**

Walter Mauricio Barreto***

Fecha de recepción: julio 6 de 2021

Fecha de aceptación: septiembre 3 de 2021



Resumen

En este estudio experimental, se analiza el deterioro de la guadua frente a la exposición directa a agentes atmosféricos, (radiación solar, lluvia, viento, y cambios de temperatura ambiente) para evaluar el comportamiento de tratamientos de protección, mediante un análisis comparativo de elementos expuestos protegidos y sin protección en idénticas condiciones. Se desarrolló una estructura en guadua *Angustifolia Kunth* en la cual se incluyeron diferentes ángulos en los elementos y sobre algunos de estos se aplicó una película protectora de LASUR con varias preparaciones previas de la superficie.

* Arquitecta, Magíster en Construcción. Universidad La Gran Colombia. Correo electrónico: liliana.patino@ugc.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1859-5172>

** Arquitecto, Magíster en Construcción. Universidad La Gran Colombia. Correo electrónico: manuel.martinez@ugc.edu.co; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7579-4541>

*** Arquitecto, Magíster en Construcción en madera. Sibguadua. Correo electrónico: redsibguadua@outlook.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6150-7153>

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Se expuso el ensayo a la intemperie durante 11 meses durante los cuales se realizó seguimiento al deterioro de la estructura mediante la inspección visual y documentación fotográfica en forma periódica. Posteriormente se tomaron muestras de los elementos expuestos para ser analizados bajo microscopio de barrido electrónico.

Se pudo identificar como lesión primaria la foto degradación, la cual fue evidente en los elementos con y sin protección, presentando más impacto en los elementos horizontales, los cuales son los que reciben mayor radiación solar. Derivadas de la foto degradación, se encontraron otras lesiones secundarias como la presencia de fisuras y grietas las cuales comprometen la superficie del material y permite la aparición de agentes bióticos en las guaduas.

Las superficies no expuestas directamente a la radiación solar no presentaron afectaciones significativas, por lo que se concluyó que el principal aspecto frente al que se debe proteger la guadua es la radiación solar directa, y que los procedimientos de protección aplicados no ofrecen un buen desempeño real frente a las condiciones del ensayo, planteando la necesidad de buscar alternativas eficientes frente a esta condición.

Palabras clave: Bambú, Guadua, Foto degradación, Microscopio Electrónico de Barrido (SEM), deterioro.

En edición

Introducción

Deterioro del bambú por acción de agentes atmosféricos

El bambú como material de construcción presenta algunos inconvenientes frente a la exposición directa a la acción de agentes atmosféricos, que disminuyen la durabilidad y lo hacen susceptible al ataque de agentes bióticos, (Morán, J. S.f.) por sus propias características orgánicas, el bambú, tiende a ser afectado por microorganismos, bacterias, insectos xilófagos, hongos y otros factores que limitan su tiempo de duración.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Según Janssen J. (2000) desafortunadamente la durabilidad del bambú es baja, en comparación con la mayoría de las maderas, para las cuales se han desarrollado productos químicos que previenen su deterioro, mientras que, en el bambú, no se cuenta con productos específicos para su protección frente a la acción de la intemperie. Factores como la humedad, hace que el bambú sea más propenso a la aparición de pudrición (Kaminski et.al 2016. pag 26) la causa de la putrefacción es un hongo, el cual requiere que el bambú presente un porcentaje de humedad de al menos un 20%, lo que puede darse al estar éste expuesto a la lluvia o a la humedad del suelo. En la mayoría de los países tropicales, (Janssen J. 2000) el alto porcentaje de humedad relativa en el aire se suma a los problemas de durabilidad, dificultando las condiciones de secado y, por tanto, haciendo susceptible el material al ataque de hongos.

Respecto a la durabilidad del material en relación con el tiempo y nivel de exposición, Hidalgo, (2003, Pág. 142.) afirma que el bambú bajo condiciones ordinarias tiene una expectativa de vida de solo 1 - 2 años cuando se utiliza expuesto a la atmósfera y en contacto con el suelo, mientras su vida útil puede proyectarse de 3 - 5 años cuando está bajo cubierta y sin contacto con el suelo. Por su parte, Kaminski et.al (2016. pag 26) indica que el bambú en contacto con el suelo y ubicado en el exterior, presenta una durabilidad de <0.5 años si no está tratado, < a 1 año, si está tratado con boro; externo por encima del suelo, 0.5 - 4 años, si no está tratado, 2 a 15 años tratado con boro; interno, 2 a 6 años si no está tratado, 30 + si está tratado con boro. También, Janssen J. (2000) muestra una línea de tiempo aproximada sobre la durabilidad del bambú no tratado, el cual en contacto con el ambiente y el suelo tiene una duración de 1 a 3 años; bajo cubierta y libre de contacto con el suelo de 4 a 6 años, con una buena cubierta y condiciones de uso de 10 a 15 años.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

En ese sentido, cabe destacar la importancia de la protección por diseño, los tratamientos de preservado y la vulnerabilidad del material al estar a la intemperie frente a la acción de agentes atmosféricos, condiciones que interfieren en la durabilidad, siendo ésta muy baja en condiciones de material no tratado y exposición, mientras que el material bajo buenas condiciones de protección tiene una larga vida útil.

También se considera fundamental, evaluar cómo actúan los tratamientos utilizados actualmente para el mantenimiento del bambú expuesto y su grado de efectividad frente a la acción de los agentes atmosféricos, así como los procesos patológicos que se presentan en condiciones de exposición, con el fin de aportar en la optimización de los tratamientos de mantenimiento y durabilidad del material.

En ese sentido, investigaciones anteriores (Barreto, Gutiérrez 2018) identificaron el proceso patológico que se desencadena en la guadua al estar expuesta frente a la acción de agentes atmosféricos, siendo la lesión primaria la foto degradación, la cual genera cambio de color en la superficie o agrisamiento, según de la aparición de fisuras, que facilitan el ingreso de la humedad, con esta pudrición y agentes bióticos al interior del material, facilitando su deterioro. En el estudio de Barreto et al. (2018) se identificó la fotodegradación como lesión relevante del proceso de deterioro a partir del análisis de edificaciones en guadua las cuales se tomaron como estudios de caso.

Deterioro de la epidermis de la guadua por fotodegradación

Uno de los deterioros que presentan las superficies de los materiales, es la afectación por la luz o fotodegradación, la cual se genera por oxidación fotoquímica, según Broto (2006) se debe principalmente a la acción de agentes como la lluvia, el hielo, los cambios higrotérmicos y la acción de

los rayos UV del sol, siendo éstos últimos los principales causantes. Dicho deterioro se desarrolla mediante fases por las que pasa el material en este proceso de deterioro, inicia tomando un color amarillento y luego un agrisamiento por la aparición de mohos que se alimentan de la lignina degradada. Generando, además, (Wang, 2008) daño en las fibras de las paredes evidenciando grietas importantes dentro de la pared de las células de la fibra, mostrando una tendencia a que las laminillas de la fibra se separen entre sí.

Adicionalmente, Broto (2006, p. 221) explica la fotodegradación como un proceso que se genera a causa de la rotura de las cadenas moleculares por acción de los rayos UV (fotólisis) con ayuda del oxígeno; haciendo que aumente la higroscopicidad de la madera, y también un desfibrado como resultado de la pérdida de ligazón que proporciona la lignina, por tanto, aparece el desfibrado superficial. La afectación de la lignina es un factor muy relevante en los procesos de deterioro, como lo evidencia Yu et al. (2018) al someter piezas de guadua a exposición de rayos UV, se identifica afectación del color y disminución del contenido de lignina, consecuencia de una serie de reacciones fotoquímicas en la superficie del material. Según los autores, estas reacciones fotoquímicas se presentan de manera muy rápida al comienzo del periodo de exposición, desacelerando después de una semana. También en materiales como la madera, la detección y el daño producido según Rodríguez (1998, p. 56), "... Inicialmente una decoloración superficial grisácea y con posterioridad una desfibración superficial que con la colaboración del agua de lluvia y del viento puede llegar a ocasionar desigualdades superficiales de cierta importancia, produciendo la denominada meteorización en el material..."

Esta afectación superficial en la guadua ha sido evidenciada en estudios de caso previos, (Yu, et al 2018) en un estudio realizado para evaluar los efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades del bambú,

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

documenta los cambios en la fase inicial de exposición de las muestras donde en la primera semana de exposición se identifican cambios de color, especialmente en los tres primeros días y se estabiliza en los 14 días siguientes. Se evidencia una reducción en el contenido de lignina en la superficie. Este estudio también evidencia que el tratamiento de protección puede retrasar, pero no prevenir la fotodegradación en el bambú.

Por su parte, Wang y Ren (2008) realizaron una investigación donde evaluaron el comportamiento del bambú y la madera frente a la foto-decoloración o resultado de la irradiación de luz UV-vis. Llegando a la conclusión que el bambú fue susceptible a la degradación mostrando tempranos cambios de color durante los periodos de exposición, siendo menos afectado que la madera. También se identificaron cambios químicos en la estructura de la superficie del bambú, donde la lignina es el componente más sensible a la fotodegradación.

Tal como lo evidencian estas investigaciones el comportamiento del bambú frente a la acción de los agentes atmosféricos, principalmente la radiación solar es un factor de deterioro importante que incide notablemente en la durabilidad del material, afectado su aspecto físico inicial y posteriormente su microestructura.

Antecedentes del uso del microscopio electrónico de barrido en el estudio de la guadua

El estudio y caracterización de la guadua mediante la utilización del Microscopio electrónico de barrido permite evaluar los efectos de las superficies frente a la radiación solar y agentes atmosféricos; se utiliza un microscopio electrónico de 100X permitiendo documentar los cambios anatómicos de la superficie del material, dando más precisión en las imágenes y registro de los cambios en su estructura. Como lo expresa

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

(Rivera et al, 1994) “El microscopio electrónico de barrido (SEM scanning electron microscope) da la posibilidad de hacer un análisis de las estructuras en materiales carbonizados” y “...posibilita operar con una amplia gama de aumentos, desde 12X a 140.000X...”. Permitiendo analizar los materiales desde diferentes aumentos de acuerdo con su estructura microscópica y necesidades propias del estudio.

En ese sentido, estudios previos que analizan la estructura microscópica de la guadua con el uso de técnicas avanzadas, se toman como punto de partida o precedente para la metodología del análisis de resultados y conocimiento del material.

Inicialmente, un estudio realizado por Londoño et al. (2002) demostró que la superficie desde su anatomía microscópica está compuesta por la epidermis y la hipodermis; la primera son células largas desde los entrenudos, con células cortas agrupadas entre las largas, con una alta concentración de sílice, contribuyendo a la dureza. La hipodermis por su parte tiene dos capas de “esclerénquima” o tejido de sostén, y luego ocho o diez capas de tejido parénquima entre haces vasculares. Posteriormente, producto de la investigación con técnicas de anatomía microscópica Osorio, Vélez y Ciro (2007), definieron que la guadua se encuentra conformada por “...células de parénquima y haces vasculares, los cuales a su vez se componen de vasos conductores, de fibras y parénquima. La unión entre fibras y el parénquima se da por la presencia de celulosas y hemicelulosas que son carbohidratos de alto peso molecular, además de lignina que es un complejo polimérico presente en el material...”

Archila (2015) registro en una vista de sección de los especímenes en guadua, una representación donde evidenció la variación de la densidad y composición del material. También analizó la superficie exterior del material, la cual está compuesta de celulosa cutinizada y una capa de

pectina, y juntas proveen protección al tejido y una barrera para el agua e insectos. Las células de corcho contienen sílice, así como las estomas, que se encuentran en este tejido epidérmico debajo de la capa cutinizada.

Por su parte, Herrera et.al (2009) desarrolló una investigación para cuantificar el Sílice de las hojas de la *G. angustifolia* y precisar la ubicación de éste dentro de la misma, a través de las imágenes tomadas en el SEM, se determinó que células de Sílice tienen forma de silla de montar, con unas longitudes establecidas y se distribuyen regularmente en la epidermis de la hoja en filas sobre el nervio central, haciendo parte de la estructura de la hoja.

Estudios como el de Espitia et.al (2018) analizan las fibras de guadua para identificar cada una de las propiedades que pueden ser utilizadas para el reforzamiento de matrices poliméricas. Una de las técnicas utilizadas fue el SEM. Con el ensayo se logró identificar el diámetro de las fibras, y en la sección presenta un plano con un porcentaje de huecos de 0.61% debido al número de agujeros en las fibras, evidenciando la baja densidad de la guadua respecto de otras fibras. También, se logró observar la superficie rugosa de las fibras de guadua y que este es un material compuesto por sus largas fibras de celulosa que se alinean en una dirección axial inmersas en material leñoso, haciéndola resistente a cargas longitudinales.

Finalmente, XU et al. (2013) utilizaron el Microscopio electrónico de barrido, para comparar los deterioros presentados en superficies no afectadas y afectadas por hongos, las cuales fueron expuestas a deterioro artificial acelerado por 12 semanas. El análisis se realizó antes y después de la exposición, evidenciando cambios microestructurales ocurridos debido a la descomposición acelerada. Se identificaron cambios en las células de la estructura del parénquima después de haber sido expuestas. Se observaron hifas de *P. chrysosporium* y *G. trabeum* en las células del

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

parénquima, y las paredes celulares del parénquima del bambú se desintegraron después de la exposición a *G. trabeum*.

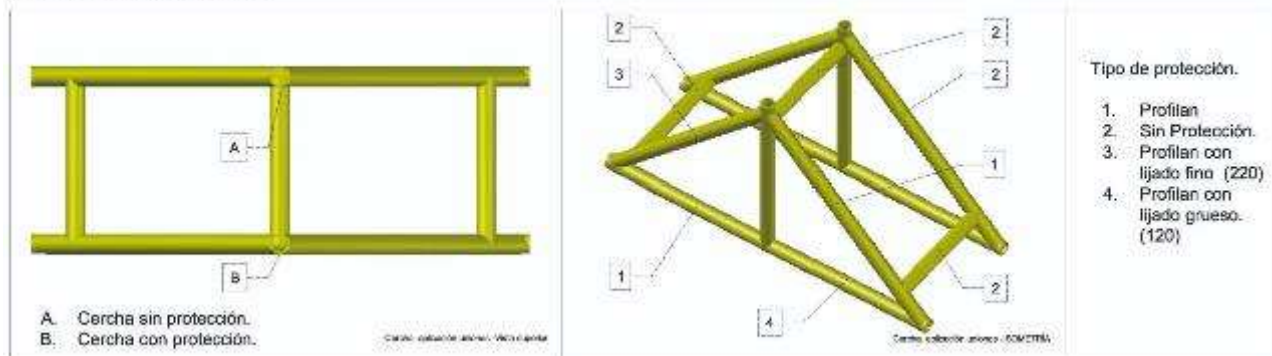
Estos antecedentes permiten mostrar la utilidad del uso de SEM para la caracterización del material y el análisis a nivel microscópico de cada una de sus partes, así como las alteraciones que pueden llegar a presentarse por diferentes factores. Para el caso del análisis de los deterioros en la superficie del material y el registro detallado de las alteraciones en la epidermis, resulta oportuno, ya que permite registrar alteraciones a nivel microscópico y comparar las superficies afectadas versus las no afectadas.

Análisis de prototipo en guadua expuesto a la intemperie frente a la acción de agentes atmosféricos, elementos en guadua con protección y sin protección expuestos vs guadua no expuesta.

Para analizar detalladamente la incidencia del sol en la superficie de la guadua, se realizó un experimento que permitiera hacer seguimiento mediante la inspección visual y análisis microscópico a los deterioros presentados. Para lo cual se expone una estructura de dos cerchas paralelas en guadua, figura 1. Se aplican varios tratamientos de protección en algunos de sus elementos de una de las cerchas y la otra se deja sin ninguna clase de tratamiento previo frente a la radiación solar.

Figura 1. Esquema de montaje del prototipo

Prototipo de experimento: comparación de protecciones frente a la intemperie para guadua.
PLANO PARA MONTAJE



Fuente: ...

Se analizan dos variables principalmente, el grado de inclinación de los elementos en relación con la afectación y la comparación entre elementos expuestos protegidos; expuestos no protegidos y elementos no expuestos.

El tratamiento de protección se realiza con un producto para madera lasur a base de solvente (Profilan Colorplus®). Los grados de inclinación identificados fueron 0°, 90° y 45° con respecto a la horizontal.

Para el tratamiento de la superficie con el lasur, primero lijado y segundo sin lijar. Se realiza seguimiento de los deterioros con el fin de comparar elementos tratados contrastados con los no tratados, los deterioros y su relación con los tratamientos, mediante inspección visual, seguimiento fotográfico y toma de muestras para análisis con la técnica de observación en microscopio de barrido electrónico de 100X.

Explicación del ensayo-metodología

El prototipo se localizó en Chía Cundinamarca, a las afueras de la ciudad de Bogotá, se ubica a una altura de 2557 msnm. de acuerdo con el portal weatherspark.com presenta temperaturas que oscilan generalmente entre

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

los 7°C y los 19°C, con algunas variaciones inusuales que pueden llegar a los 3°C y los 21°C; las lluvias se concentran en 9 meses al año de marzo a noviembre, presentando picos altos en abril (207 mm) y octubre (187 mm), mientras que entre diciembre y febrero se da una temporada seca. enero 44 mm).

Para el ensayo se utilizó guadua angustifolia Kunth de 12 cm de diámetro, traída de la región cafetera. Se realizó el montaje de la cercha dejándola expuesta durante 11 meses, tiempo en el cual se realizó el seguimiento fotográfico para el análisis de inspección visual y documentación de deterioros representativos. En la figura 2 se muestra el proceso de montaje de la cercha.



En edición

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Figura 2 Proceso de montaje de la cercha.



Fecha: 25 de noviembre de 2018.

Fuente: ...

Análisis inspección visual.

En la etapa inicial de exposición el material presentó ligeros cambios de color en la superficie, de amarillo a grisáceo principalmente en las zonas de mayor exposición directa a los rayos UV. También se identifica ensuciamiento y micro fisuración leve, como lo muestran las siguientes imágenes ordenadas cronológicamente, se evidencia el incremento del

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

deterioro en el tiempo. En la figura 3 se muestra cronológicamente el seguimiento hecho.



CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Figura 3. Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 16 de marzo de 2019.

Fuente: ...

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021



Las guadas presentan oscurecimiento de la superficie, manchas o ensuciamiento, pequeñas fisuras longitudinales en la superficie, tanto en la superficie con película protectora de lasur a base de solvente (Profilan Colorplus ®) como en la superficie sin ningún tratamiento. Este deterioro es más evidente en las superficies inclinadas y horizontales de la parte expuesta directamente a los rayos UV.

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 11 de julio de 2019

Fuente: ...

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

El ensuciamiento se incrementó, así como las fisuras longitudinales, se identifica pérdida de la capa superficial del material tomado un color opaco. También se evidencia oxidación de los tornillos.

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 24 de julio de 2019

Fuente: ...

Seguimiento fotográfico

En edición



Fecha de captura: 01 agosto 2019

Fuente: ...

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Se identifica aparición de algunos organismos biológicos en las superficies más afectadas por ensuciamiento, y pérdida de la capa superficial del material.

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 15 octubre de 2019

Fuente: ...

La capa de lasur se afectó considerablemente, presentando descascaramiento y el material se muestra afectado en la superficie con fisuras y cambios de color.

En las superficies horizontales, se puede identificar presencia de musgo en los entrenudos de la guadua.

En el análisis de inspección visual se lograron identificar deterioros asociados a la fotodegradación, la cual se caracteriza por el cambio de color en la superficie y posteriormente aparición de fisuras. Lo anterior debido a (Yu, et al. 2018) la disminución del contenido de lignina que se

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

presenta después de la irradiación UV. Según el autor este cambio de color se da principalmente en las primeras etapas de periodo de exposición del material durante los 0 a los 28 días, como también se evidenció en el prototipo expuesto.

Posterior a la fotodegradación, se encontraron fisuras y grietas, las fisuras se presentan en los puntos de perforación utilizados para la inmunización de la guadua, y en las superficies con mayor exposición a la radiación solar, mediante las grietas se da el ingreso de humedad al interior de los canutos, favoreciendo la aparición de microorganismos.

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 15 octubre de 2019

Fuente: ...

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

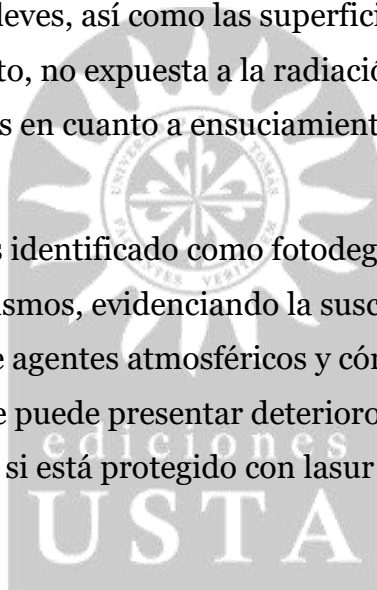
Vol. 7 N.º 1 | 2021

Conclusiones inspección visual.

En el análisis de los deterioros se logró identificar como lesión principal la fotodegradación, tanto en las zonas protegidas con lasur, como en las no protegidas, esto mismo sucedió con las lesiones secundarias como fisuración, presencia de musgo y microorganismos.

Las superficies más afectadas fueron las dispuestas diagonal y horizontalmente, a diferencia de las dispuestas verticalmente, las cuales presentaron deterioros leves, así como las superficies ubicadas en la parte inferior de cada elemento, no expuesta a la radiación solar, las cuales tuvieron deterioros leves en cuanto a ensuciamiento, fisuración y cambio de coloración.

El proceso patológico es identificado como fotodegradación, fisuras, humedad y microorganismos, evidenciando la susceptibilidad del material frente a la exposición de agentes atmosféricos y cómo en un periodo de tiempo de 11 meses, éste puede presentar deterioros representativos, independientemente de si está protegido con lasur o no.



En edición

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 15 octubre de 2019

Fuente: ...

Seguimiento fotográfico



Fecha de captura: 15 octubre de 2019

Fuente: ...

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Análisis de deterioros mediante el uso del microscopio electrónico de barrido.

Para la evaluación de las piezas se utilizó un Microscopio electrónico como muestra la figura 4, marca Phemon X, se tomaron las fotografías a 450x y 15000 Kv a una escala de 100 μm . Con esta técnica se puede obtener mayor resolución y profundidad de campo respecto a los microscopios ópticos, y se emplea un instrumento de precisión para analizar estructuras; cuantitativa o cualitativamente de materiales micro estructurados. Las imágenes obtenidas en SEM se generan mediante un haz de electrones focalizados que realizan un barrido sobre la superficie de una muestra.

Figura 4. Microscopio electrónico de barrido.



Fuente: ...

Las piezas para el análisis fueron cortadas en partes de un tamaño no mayor a 1 cm^2 , evitando afectar la superficie de análisis. Posteriormente se les realizó un recubrimiento mediante la pulverización catódica (sputtering) de la superficie con partículas de oro. Este proceso se realiza en materiales no conductores, en este caso la guadua, esto para que los electrones del microscopio electrónico de barrido puedan identificar los

CITAS

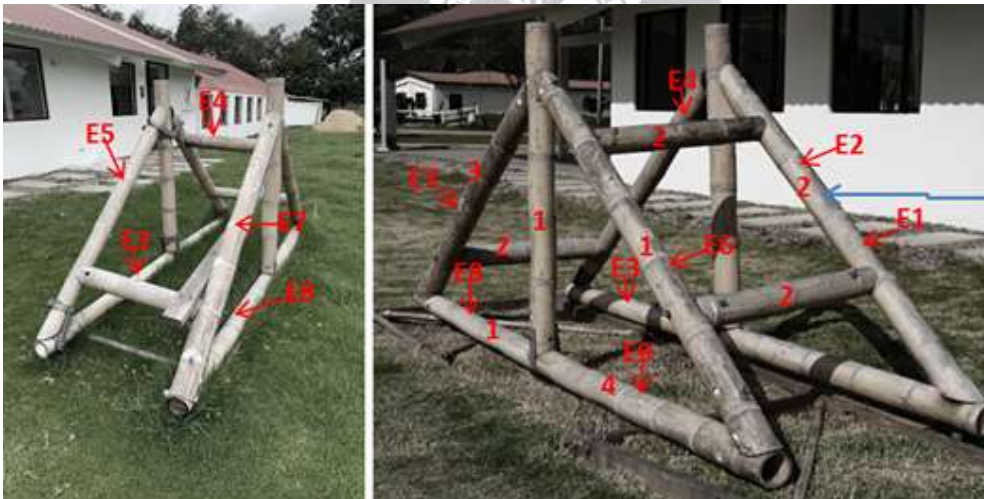
e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

electrones de la superficie recubierta y mediante su interacción generar las imágenes.

Las muestras analizadas fueron tomadas de distintos puntos de la cercha expuesta frente a la acción de agentes atmosféricos como se evidencia en la figura, se tomaron muestras de material no expuesto y expuesto, con y sin protección. Con estas se realiza un análisis comparativo entre el material expuesto y el no expuesto, así como, las piezas protegidas y las no protegidas con película de lasure, para determinar el grado de afectación en la superficie de cada una y entre éstas.

Figura #.



Fuente: ...

Para el análisis las muestras fueron denominadas de la siguiente manera:

- SE - muestra sin exposición
- E1 - muestra sin tratamiento de protección.
- E2 - muestra sin tratamiento de protección.
- E3 - muestra sin tratamiento de protección.
- E4 - muestra sin tratamiento de protección.
- E5 - muestra sin tratamiento de protección.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

- E6 - muestra con tratamiento de protección - profilan
- E7 - muestra con tratamiento de protección - profilan + lijado previo con lija 220 fina.
- E8 - mitad sin profilan.
- E9 - muestra con tratamiento de protección - profilan + lijado previo con lija 120 gruesa.

Análisis comparativo de las muestras

Al analizar las muestras a nivel microscópico se pudo identificar que la muestra no expuesta SE conserva una superficie homogénea y una distribución regular de las partículas que conforman la epidermis del material, cabe aclarar que esta muestra también mantuvo su color amarillo característico del material. Comparativamente, a las muestras expuestas, sin película de protección como se evidencia en la imagen muestras E 2,3 y 5, las cuales evidencian deterioro de la superficie, como; pérdida de capa superficial de la epidermis, fisuras con diferentes dimensiones. Como es el caso de la muestra E3 la cual presenta fisuras longitudinales de tamaño considerable.

En edición

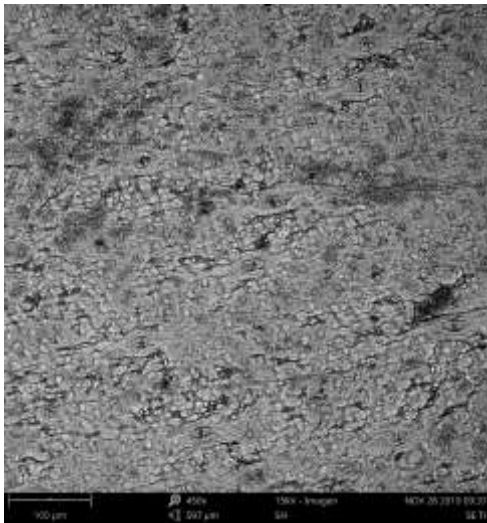
CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

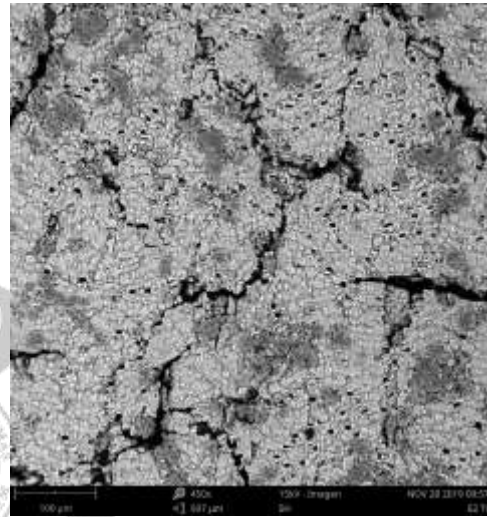
Vol. 7 N.º 1 | 2021

Imagen sin exposición vs imagen expuesta sin protección

Figura #.



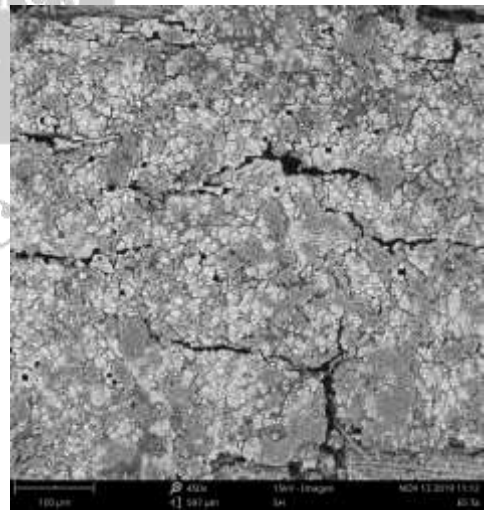
Material no expuesto SE



Material expuesto sin protección E2



Material expuesto sin protección E3



Material expuesto sin protección E5

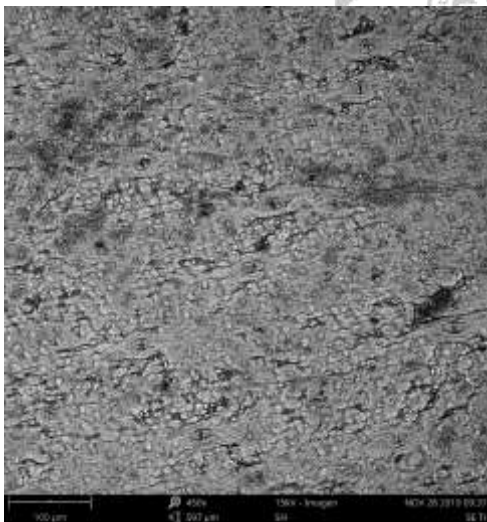
CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

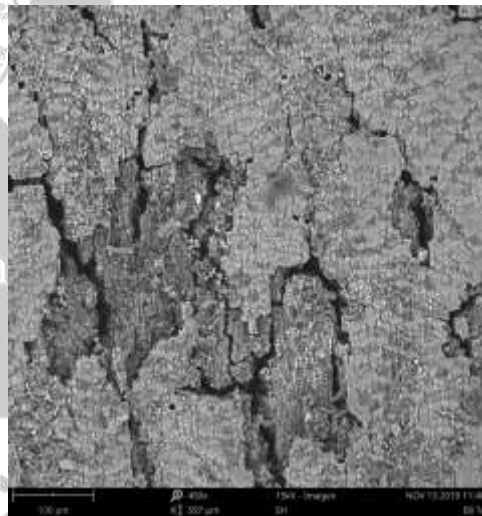
Vol. 7 N.º 1 | 2021

Imagen muestra sin exposición comparada con muestra expuesta con protección.

Las muestras expuestas con película de protección de Lasure, presentaron alteraciones visibles tanto en la película de protección como en la superficie del material. Comparativamente con la muestra no expuesta SE, se identifican cambios representativos entre superficies evaluadas, la película de protección presentó craquelamiento y rotura, dejando de ser eficiente en la protección del material. La superficie del material también presentó fisuras, craquelamiento y adicionalmente microorganismos, como se evidencia en la muestra E7, E8 y E9.



Material no expuesto SE

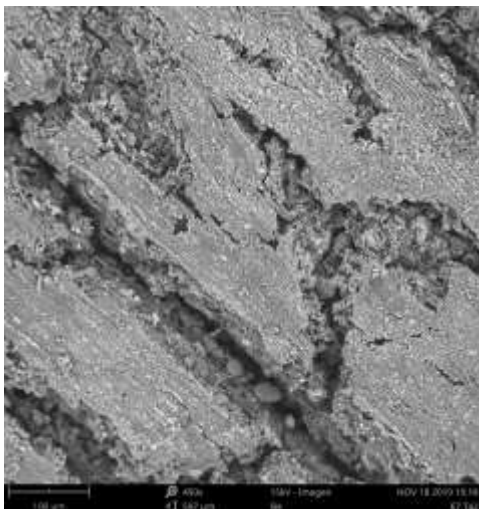


Material expuesto protegido con película de lasure E8

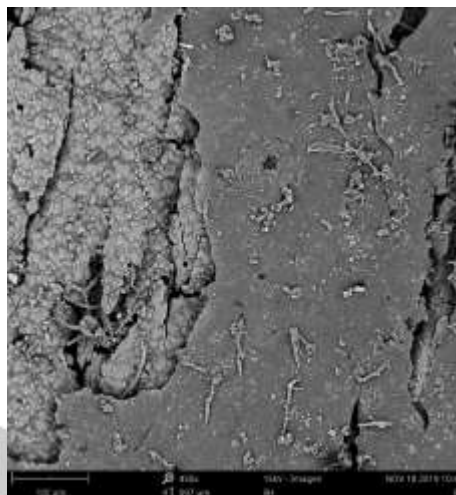
CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021



muestra con tratamiento de protección - profilan + lijado previo con lija 220 fina. E7



muestra con tratamiento de protección profilan + lijado previo con lija 120 gruesa. E9

La utilización de la película de protección Lasure, tiene la función de evitar el paso de los agentes atmosféricos, como la lluvia y contaminantes sobre la epidermis del material, sin embargo, según lo detectado en las imágenes microscópicas, para el caso de las piezas analizadas, la película de protección se deterioró de igual manera que la superficie del material, permitiendo demostrar su poca resistencia a la acción de los agentes atmosféricos.

Conclusiones

Al analizar comparativamente las muestras expuestas frente a las muestras no expuestas se puede identificar los cambios a nivel de superficie, en cuanto a coloración, presencia de fisuras, pérdida de la superficie del material, corroborando lo expuesto por varios autores respecto a la susceptibilidad de la guadua frente a la acción de los agentes atmosféricos, y su poca durabilidad en condiciones de intemperie.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

Se resalta la importancia de la protección por diseño que requieren las estructuras en guadua, siendo manifiesta la diferencia en el estado de los elementos que recibieron mayor intensidad de radiación solar (horizontales) comparados con los elementos que por su posición captaron menos incidencia de esta. (verticales).

Las muestras expuestas con y sin protección, presentaron deterioros similares, cambio de color, fisuras y pérdida de capa superficial de material, en las muestras con protección se identificó el descascaramiento de la capa protectora y la pérdida de esta evidenciando los problemas de adherencia entre la película protectora y el elemento.

En algunos casos específicamente se identificó presencia de microorganismos, comprobando las limitaciones y baja efectividad de la capa de protección sobre el material, ya que no cumple su función de protección al 100 %, puesto que al romperse y desprendimiento, permite el paso del agua y agentes atmosféricos a la superficie propia del material, iniciando el proceso de deterioro de este en un lapso menor a 1 año, periodo en el cual se evidencian lesiones significativas.

Referencias

- Archila H. (2015). Thermo-hydro-mechanically modified cross-laminated Guadua-bamboo panels. PhD Thesis. University of Bath Department of Architecture and Civil Engineering.
- Broto, C. (2006). Tratado Broto De La Construcción: Patologías de los Materiales, vol. I. México: Océano de México.
- Barreto W., Gutiérrez M. (2018). Estudio de durabilidad en las estructuras de bambú guadua *Angustifolia Kunth* de La Universidad La Gran Colombia, seccional Armenia-Colombia. En: XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira III Congresso Latinoamericano de Estruturas de Madeira. São Paulo Brasil.

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

- Barreto W., Martínez M., Patiño L., (2018) Propuesta de experimento para estudiar la fotodegradación en estructuras de guadua como lesión típica de seis casos vistos. https://www.researchgate.net/publication/333353883_Propuesta_de_experimento_para_estudiar_la_fotodegradacion_en_estructuras_de_gadua_como_lesion_tipica_de_seis_casos_vistos
- Castro, D. (1985). La guadua. Un material versátil= The versátil bamboo.
- Cárdenas, L., (2008). Il bambù come materiale da costruzione. Sistemi Editoriali, Napoli.
- Cruz de León, J. (2010). Manual para la protección contra el deterioro de la madera (No. F/674.386 C7)
- Dieguez, J. (s. f.). Los lasures Protectores decorativos de la madera. Dpto. Técnico de MABET, S.A. 2M2. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_2243_9970.pdf
- Espitia, M., Sjogreen, C. Rodriguez, N. Calderón, J. Benavides, A. Peraza, R. Espitia, G. Nemocón, R. (2018) Mechanical and physical characterization of Guadua angustifolia 'Kunth' fibers from Colombia. Vol. 17, n°2, pp.33-40. Revista UIS ingenierías. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/7969/8140>
- Herrera, C. Gómez, M. Saavedra, M. Fonthal, G. Gonzalez, V. Ariza, H. (2009) Quantification of silicon of foliage of guadua angustifolia. From the Quindío. https://www.researchgate.net/profile/Gerardo_Fonthal/publication/267809240_Cuantificacion_de_silice_presente_en_el_follaje_de_gadua_angustifolia_Del_departamento_del_Quindio_Quantification_of_silicon_of_foliage_of_gadua_angustifolia_From_the_Quindio/links/54c116ddocf2d03405c4db45/Cuantificacion-de-silice-presente-en-el-follaje-de-gadua-angustifolia-Del-departamento-del-Quindio-Quantification-of-silicon-of-foliage-of-gadua-angustifolia-From-the-Quindio.pdf
- Hidalgo, O. (2003). Bamboo the gift of the gods. Bogotá, ICONTEC NTC 5301. (2007). Norma para la preservación y secado del culmo de la guadua angustifolia Kunth.Colombia.

- Janssen J. (2000) Technical Report 20: Designing and Building with Bamboo. Beijing: INBAR.
https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/02/INBAR_technical_report_no20.pdf
- Kaminski, S., Lawrence, A., Trujillo, D., & King, C. (2016). Structural use of bamboo. Part 2: durability and preservation. *Struct Eng*, 94(10), 38-43.
- Kaminski, s. Lawrence, A. Trujillo, D (2016) Guía de diseño para la vivienda en bahareque encementado. Informe técnico de INBAR N° 38.
<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-guia-de-disencc830-para-viviendas-de-bahareque-encementado.pdf>
- Londoño, J. B., & Cheyne, D. (2005). U.S. Patent No. 6,957,479. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Martínez, P. (2011). El método de estudio de caso Estrategia metodológica de la investigación científica. *Revista científica Pensamiento y Gestión*, (20).
- Morán, R., Webb, K., Harries, K., & García, J. J. (2017). Edge bearing tests to assess the influence of radial gradation on the transverse behavior of bamboo. *Construction and Building Materials*, 131, 574-584.
- Morán, J. (S.f.) Preservación del bambú en América latina, mediante métodos tradicionales. Red Internacional de Bambú y de Ratán – INBAR. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Guayaquil. <https://www.inbar.int/wp-content/uploads/2020/05/1489455969.pdf>
- Morán, J. (2001). Usos tradicionales y actuales del bambú en América Latina, con énfasis en Colombia y Ecuador. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador, 1, 92.
- Rodríguez Barreal, J. A. (1998). Patología de la madera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid (España).
- Morán U, Jorge (2009) *Construir con Guadua, Manual de construcción*. Red Internacional de Bambú y Ratán - INBAR. Quito - Ecuador.
- Reinprecht, L. (2016). Wood deterioration, protection and maintenance. John Wiley & Sons. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119106500>
- O'Connor, J. (2004). Survey on actual service lives for North American buildings. In Woodframe housing durability and disaster issues conference, Las Vegas (pp. 1-9).

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021

- Widjowijatknoko, A. (2014) Traditional and innovatives in bamboo construction PhD thesis RWTH Aachen Universitat
- Santamaría F, A. (2012) *Evaluación de la degradación de la guadua: Efectos sobre la Estructura y propiedades*. Ed: Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia.
- Wang, X. Ren, H. (2008) *Comparative study of the photo-discoloration of moso bamboo (Phyllostachys pubescens Mazel) and two wood species*. ResearchGate See discussions, stats, and author profiles for this publication at:
<https://www.researchgate.net/publication/223602282>
- Wang, X, Ren, H. (2008) Surface deterioration of moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) induced by exposure to artificial sunlight. The Japan Wood Research Society. <https://www.doi.org/10.1007/s10086-008-0994-0>
- Weather spark (28 de junio de 2021) Clima promedio en Chía Colombia.
<https://es.weatherspark.com/y/23319/Clima-promedio-en-Ch%C3%ADa-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Sections-Precipitation>
- Xu, G. Wang, L. Liu, J. Wu, J. (2013) FTIR and XPS analysis of the changes in bamboo chemical structure decayed by white-rot and brown-rot fungi. Vol. 280. Pg. 799-805. <https://ugc.elogim.com:2124/science/article/pii/S0169433213009926>
- Yu, Hai-Xia. Pan, X. Wang, Z. Yang, Wei-ming. Zhang, Wen-fu. Zhuang, Xiao-wei. (2018) Effects of heat treatments on photoaging properties of Moso Bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel). *Wood Science and Technology*.
- Yu Hai-xia, Pan Xin, Xu Man-ping, Yang Wei-ming, Wang Jin, Zhuang Xiao-wei (2018) Surface chemical changes analysis of UV-light irradiated Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens* Mazel) *R. Soc. open sci.*5180110 0110
<http://doi.org/10.1098/rsos.180110>

CITAS

e-ISSN: 2422-4529 | DOI: <https://doi.org/10.15332/24224529>

Vol. 7 N.º 1 | 2021