


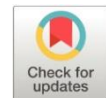


Uso del Jacinto de agua del Embalse Baba como fibra para mejorar la resistencia de bloques artesanales

Use of Water Hyacinth from the Baba Reservoir as Fiber to Enhance the Strength of Handmade Blocks

- ¹ Jorge Javier Fajardo Jiménez  <https://orcid.org/0009-0007-0153-8848>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
jorge.fajardo.67@est.ucacue.edu.ec
- ² Pedro Angumba Aguilar  <https://orcid.org/0000-0001-8327-1428>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
pangumba@ucacue.edu.ec
- ³ Beatriz Rivela Carballal  <https://orcid.org/0000-0001-8006-6082>
Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable, Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
beatrizrivela@gmail.com



Artículo de Investigación Científica y Tecnológica

Enviado: 15/12/2023

Revisado: 23/01/2024

Aceptado: 11/02/2024

Publicado: 15/03/2024

DOI: <https://doi.org/10.33262/ap.v6i1.1.462>

Cítese:

Fajardo Jiménez, J. J., Angumba Aguilar, P., & Rivela Carballal, B. (2024). Uso del Jacinto de agua del Embalse Baba como fibra para mejorar la resistencia de bloques artesanales. AlfaPublicaciones, 6(1.1), 170–191. <https://doi.org/10.33262/ap.v6i1.1.462>



ALFA PUBLICACIONES, es una revista multidisciplinar, **trimestral**, que se publicará en soporte electrónico tiene como **misión** contribuir a la formación de profesionales competentes con visión humanística y crítica que sean capaces de exponer sus resultados investigativos y científicos en la misma medida que se promueva mediante su intervención cambios positivos en la sociedad. <https://alfapublicaciones.com>

La revista es editada por la Editorial Ciencia Digital (Editorial de prestigio registrada en la Cámara Ecuatoriana de Libro con No de Afiliación 663) www.celibro.org.ec



Esta revista está protegida bajo una licencia Creative Commons Attribution Non Commercial No Derivatives 4.0 International. Copia de la licencia: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Palabras

claves:

Bloque, fibra,
vegetal,
resistencia,
compresión

Keywords:

Block, fiber,
vegetable,
resistance,
compression

Resumen

El presente estudio investiga el impacto ambiental y la potencial aplicación del Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*) en el embalse Baba, Ecuador, abordando sus efectos negativos en la biodiversidad y los recursos hídricos y proponiendo su reutilización en la industria de la construcción. Se emplea un enfoque multidisciplinario para desarrollar métodos sostenibles de manejo, incluyendo la remoción física, el control químico y biológico. El estudio se centra en la transformación del Jacinto de Agua en un recurso útil, explorando su uso en la fabricación de bloques de construcción sostenibles mediante la comparación de sus propiedades con materiales tradicionales. La metodología experimental incluye la extracción, secado y trituración de la fibra vegetal del Jacinto, seguido de su integración en bloques de construcción artesanales. Se propone una solución innovadora para mitigar impactos ambientales negativos del Jacinto de Agua, promoviendo la sostenibilidad y la conservación de ecosistemas, a la vez que ofrece una alternativa ecológica en la industria de la construcción. **Área de estudio general:** Territorio, Naturaleza. **Área de estudio específica:** Gestión de los recursos naturales

Abstract

The current study investigated the impact and potential of Water Hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) in the Baba reservoir, Ecuador, addressing its negative effects on biodiversity and water resources and proposing its reuse in the construction industry. A multidisciplinary approach is employed to develop sustainable management methods, including physical removal, chemical, and biological control. The study focuses on transforming Water Hyacinth into a useful resource, exploring its use in the production of sustainable building blocks by comparing its properties with traditional materials. The experimental methodology includes the extraction, drying, and crushing of the plant fiber from Water Hyacinth, followed by its integration into handmade building blocks. An innovative solution is proposed to mitigate negative environmental impacts of Water Hyacinth, promoting sustainability and ecosystem conservation, while offering an ecological alternative in the construction industry.

Introducción

En América Latina, el Jacinto de Agua lechuguín, conocido científicamente como *Eichhornia Crassipes*, representa una amenaza significativa para los embalses de agua, ríos y otras fuentes hídricas. Su rápido crecimiento, impulsado por los nutrientes que ingresan a los cuerpos de agua a través de la escorrentía, ha generado diversos problemas ambientales. Las estrategias actuales para abordar este desafío incluyen su remoción manual y mecánica, así como su control químico y biológico. Actualmente, se está debatiendo el uso de fertilizantes ecológicos para mitigar el impacto ambiental en los embalses, buscando soluciones que sean más amigables con el medio ambiente (Ribera et al., 2023).

Los tratamientos para el control del Jacinto de Agua (JA) incluyen métodos mecánicos o manuales y el uso de herbicidas. Los primeros generan un impacto ambiental menor y permiten reutilizar la planta como materia prima para abonos orgánicos, generación de biogás, entre otros usos. La recolección mecánica mejora el flujo de agua y aumenta los niveles de oxígeno disuelto, mejorando la calidad del agua (Jardón-Medina & Ortiz-Fernández, 2022). En contraste, Boyd et al. (2020) señalan que, aunque los herbicidas son efectivos, conllevan un impacto ambiental significativo y repercusiones económicas, especialmente en embalses de agua, donde comprometen la calidad del agua y representan un riesgo para la vida animal y humana.

En Ecuador, el JA provoca problemas económicos, ecológicos y sanitarios. Su abundancia en los embalses reduce significativamente el volumen de almacenamiento de agua, principalmente debido a su capacidad como evapotranspirador. Al absorber grandes cantidades de líquido (96% de su composición es agua), el JA contribuye a pérdidas significativas de agua, llegando hasta 200.000 litros por hectárea al año. Esta situación representa un riesgo considerable para los suministros de agua, especialmente durante períodos de sequía (Vera Delgado, 2012).

El embalse Baba, situado en la cuenca alta del río Guayas, debido a sus condiciones climáticas, experimenta una elevada acumulación de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio. Esto ha propiciado el rápido crecimiento de malezas acuáticas, en particular el lechuguín (*Eichhornia Crassipes*), que ha invadido rápidamente el área. Esta proliferación obstruye el flujo de agua y deteriora su calidad, causando problemas en el funcionamiento del embalse y generando impactos negativos tanto económicos como ambientales.

Paralelamente, la industria de la construcción enfrenta la urgente necesidad de sustituir materias primas no renovables, empleadas en la fabricación de materiales de construcción, por alternativas que sean más amigables con el medio ambiente y que demuestren un buen desempeño ecológico (Piedrahita, 2019).

El denominado Bloque es uno de los materiales más utilizados en la construcción de estructuras civiles. Su uso se remonta a las primeras civilizaciones que habitaron la Tierra, donde las construcciones se realizaban basándose en reglas generales y estaban destinadas únicamente a soportar acciones gravitacionales. Actualmente la mampostería es uno de los principales sistemas constructivos porque la resistencia a la compresión, la estética tradicional que representa y su bajo costo se combinan con experiencia y conocimiento de su aplicación, por lo que se ha convertido en uno de los materiales antiguos que se utilizan actualmente en la construcción de estructuras civiles. (Mercedes Cedeño, 2019).

El presente estudio explora el uso innovador de la fibra vegetal del JA, una planta acuática ampliamente disponible, para reemplazar materiales convencionales como el "chasqui" en la fabricación de bloques artesanales. Se realizó una comparativa detallada entre las propiedades de esta fibra y otras alternativas tradicionales, como la fibra de estopa de coco, enfocándose en la resistencia y la durabilidad. Un aspecto clave de la investigación fue establecer la proporción adecuada de fibra de JA para garantizar la resistencia óptima de los bloques artesanales, buscando igualar o superar la resistencia de los bloques tradicionales de pómez. Además, se evaluaron las propiedades físico-químicas del JA, examinando su potencial como material complementario en la fabricación de bloques artesanales. Este enfoque no solo ofrece una solución sostenible y ecológica, sino que también aprovecha un recurso natural abundante para mejorar las prácticas de construcción artesanal.

Justificación

La construcción del Complejo multipropósito Baba inició en el año 2006, teniendo como objetivo principal satisfacer las necesidades de agua de las comunidades de los cantones Valencia y Buena Fe, que enfrentaban limitaciones socioeconómicas debido a la escasez de agua en épocas de sequía (Mideksa et al., 2022). En el trabajo Harun et al. (2021) se señala que el embalse también busca mitigar las inundaciones invernales y aumentar la distribución de agua para el desarrollo agrícola en verano, además de gestionar la calidad del agua mediante criterios técnicos y ambientales.

Actualmente el Complejo multipropósito Baba es operado por la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP Unidad de Negocio Hidronación y tiene como objetivo principal la generación de energía hidroeléctrica.

En el embalse Baba se ha observado un incremento en la presencia de la maleza acuática *Eichhornia Crassipes*, conocida como Jacinto de Agua, Lirio Acuático o Buchón de Agua. Según Orellana & Hernández (2021), esta especie afecta directamente a la fauna acuática al reducir los niveles de oxígeno y, por ende, la biodiversidad. Compuesta principalmente por polisacáridos estructurales como celulosa y hemicelulosa, crece en lagunas, ríos y embalses, y tiene una alta capacidad invasiva que impacta los ecosistemas

acuáticos al obstruir la luz solar y el oxígeno, lo que afecta la supervivencia de otras especies. Además, promueve el crecimiento de microorganismos patógenos, incluyendo la generación de *Microcystis aeruginosa*, una bacteria tóxica que contamina el agua (Machuca & Rojas, 2020).

Ante los desafíos actuales, se ha incrementado la necesidad de manejar adecuadamente el JA, ya sea para controlarlo o erradicarlo (Sarmiento, 2023). El uso de herbicidas representa un peligro potencial, por lo que se buscan alternativas que minimicen el impacto ambiental. Gil et al. (2021) indican que el control se realiza mediante extracción manual o mecánica, pero una ejecución inadecuada puede llevar a problemas como el incremento de la infección o la reproducción a partir de fragmentos residuales, especialmente con el aumento de las precipitaciones.

Para controlar el crecimiento y la propagación del JA, Tunas (2023) menciona la efectividad de métodos mecánicos que incluyen la recolección y el desecho de estas plantas en las orillas de los cuerpos de agua. En casos de infestaciones severas, se recomienda el uso de herbicidas como técnica de control químico. Además, se han explorado alternativas para el manejo del JA, como el uso de sus fibras vegetales en la elaboración de productos artesanales, incluyendo papel, tejidos, material similar a la madera, y como fuente de energía para la producción de biogás.

Gómez (2023) destaca que el tratamiento adecuado del JA puede generar energías sostenibles como biogás, bioetanol, biohidrógeno o briquetas de combustión, demostrando que este recurso puede ser una materia prima de bajo costo. Sin embargo, aún son pocos los estudios que fomentan su aprovechamiento. Piedrahita (2019) señala que la industria de la construcción ha mostrado un creciente interés en materiales alternativos, incluyendo residuos de vidrio, plásticos, desechos agrícolas y fibras vegetales.

Salas (2019) afirma que la fibra del JA ha captado interés como material de construcción gracias a sus propiedades, contribuyendo a una economía circular y aprovechando su alta disponibilidad. Además, su uso en la ingeniería constructiva reduce el impacto ecológico y los costos del material final.

Varios autores (Machuca & Rojas, 2020; Salas Ruiz, 2019) destacan el potencial del JA en el desarrollo de compuestos de cemento y bioplásticos, donde las cenizas de la planta pueden usarse como alternativa a las puzolanas en matrices de cemento, fijando contaminantes y promoviendo el reciclaje. Además, la incorporación de sus fibras mejora la ductilidad y absorción de agua en compuestos constructivos, y sus cenizas calcinadas tienen un valor puzolánico.

En Ecuador, la mayoría de los bloques para la construcción de viviendas se fabrican de forma empírica, utilizando materiales como arena de mar, piedra pómez, agua y cemento, lo que a menudo contradice las normas constructivas y causa problemas estructurales (Beltrán & Fernández, 2022). Este contexto resalta la importancia de profundizar en el manejo del JA, desde su uso en la construcción hasta su aplicación en biocombustibles y fertilizantes, abordando los vacíos en el aprovechamiento de esta maleza acuática.

Marco Teórico

Estado del arte

En el estudio "Fabricación de bloques de cemento y fibra de estopa de coco y PET reciclado para la eco-construcción", Macancela & Martínez (2020) investigaron la incorporación de fibra de coco y plástico reciclado en bloques de cemento, buscando mejorar su resistencia y contribuir al cuidado ambiental. La metodología del estudio fue de carácter exploratorio y experimental, con pruebas en cada bloque y encuestas a profesionales de la construcción. Los resultados mostraron que tanto la fibra de coco como el plástico reciclado mejoran la resistencia de los bloques, haciéndolos aptos para la construcción de viviendas.

Angumba (2016), en su investigación "Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET) para mampostería no portante", exploró el uso de plástico Polietileno Tereftalato (PET) reciclado en la fabricación de ladrillos. A través de un enfoque experimental que incluyó análisis de la materia prima, el estudio concluyó que los ladrillos de PET ofrecen mejor aislamiento térmico y confort en viviendas, especialmente en climas templados como en la ciudad de Cuenca. El PET se reveló como una alternativa ecológica y resistente en la construcción. En la Tabla 1 se presenta los resultados obtenidos de dicho estudio.

Tabla 1

Resultados obtenidos de dosificación

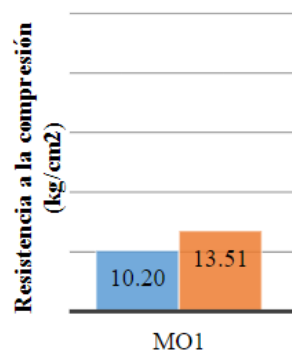
NOMENCLATURA	L cm.	L cm.	L cm.	PESO gr.	ÁREA cm.²	VOLUMEN cm.³	P. VOLUME. gr/cm³	FECHA CONFECCION días	FECHA ROTURA días	EDAD ENSAYO días	PRENSA KN	CARGA Kg.	RESISTEN kg/cm²
DOSIFICACION 1-2 10% DE PET													
10% DE PET	20,61	10,8	6,05	2665	222,588	1346,66	1,979	28-may-15	25-jun-15	28	513,83	52431,63	235,55
10% DE PET	20,68	10,74	5,78	2376	222,1032	1283,76	1,851	28-may-15	25-jun-15	28	563,95	57545,92	259,10
10% DE PET	20,75	10,94	5,96	2475	227,005	1352,95	1,829	28-may-15	25-jun-15	28	551,99	56325,51	248,12
10% DE PET	20,64	10,72	5,8	2408,5	221,2608	1283,31	1,877	28-may-15	25-jun-15	28	548,75	55994,90	253,07
DOSIFICACION 1-2 25% DE PET													
25% DE PET	20,27	10,35	5,92	2236,5	209,7945	1241,98	1,80	28-may-15	25-jun-15	28	651,43	66472,45	316,85
25% DE PET	20,34	10,36	5,9	2233,5	210,7224	1243,26	1,80	28-may-15	25-jun-15	28	601,65	61392,86	291,34
25% DE PET	20,25	10,31	5,83	2152	208,7775	1217,17	1,77	28-may-15	25-jun-15	28	572,75	58443,88	279,93
25% DE PET	20,2	10,3	5,88	2096,5	208,06	1223,39	1,71	28-may-15	25-jun-15	28	543,78	55487,76	266,69
DOSIFICACION 1-2 40% DE PET													
40% DE PET	20,44	10,59	5,96	2299	216,4596	1290,10	1,78	28-may-15	25-jun-15	28	567,19	57876,53	267,378
40% DE PET	20,46	10,48	5,73	2169	214,4208	1228,63	1,77	28-may-15	25-jun-15	28	573,79	58550,00	273,061
40% DE PET	20,3	10,45	5,94	2276	212,135	1260,08	1,81	28-may-15	25-jun-15	28	541,46	55251,02	260,452
DOSIFICACION 1-2 55% DE PET													
55% DE PET	20,29	10,15	5,78	1187	205,9435	1190,35	1,00	28-may-15	25-jun-15	28	61,31	6256,12	30,378
55% DE PET	20,23	10,07	5,77	1133	203,7161	1175,44	0,96	28-may-15	25-jun-15	28	32,23	3288,78	16,144
55% DE PET	20,31	10,1	6,04	1205	205,131	1238,99	0,97	28-may-15	25-jun-15	28	18,02	1838,78	8,964
55% DE PET	20,2	10,16	5,96	1157	205,232	1223,18	0,95	28-may-15	25-jun-15	28	32,56	3322,45	16,189
DOSIFICACION 1-2 65% DE PET													
65% DE PET	20,26	10,16	5,87	999	205,8416	1208,29	0,83	28-may-15	25-jun-15	28	22,08	2253,06	10,95
65% DE PET	20,47	10,24	6,15	993,5	209,6128	1289,12	0,77	28-may-15	25-jun-15	28	20,21	2062,24	9,84
65% DE PET	20,33	10,2	6,13	983	207,366	1271,15	0,77	28-may-15	25-jun-15	28	18,63	1901,02	9,17
65% DE PET	20,55	10,47	6,23	1047	215,1585	1340,44	0,78	28-may-15	25-jun-15	28	13,43	1370,41	6,37

Fuente: Angumba (2016).

En Viera et al (2023) se ha aplicado un enfoque experimental para determinar las proporciones adecuadas para fabricar bloques de cangahua. Se ha verificado que estas proporciones cumplen con las normas nacionales e internacionales aplicables en construcción. Los hallazgos sugieren que la cangahua no solo es viable para la restauración de edificios históricos hechos de tierra, comunes en Ecuador, sino también como un recurso sostenible y de bajo impacto energético para la construcción de nuevas paredes. En la Figura 1, se aprecia la resistencia a la compresión del bloque de cangahua.

Figura 1

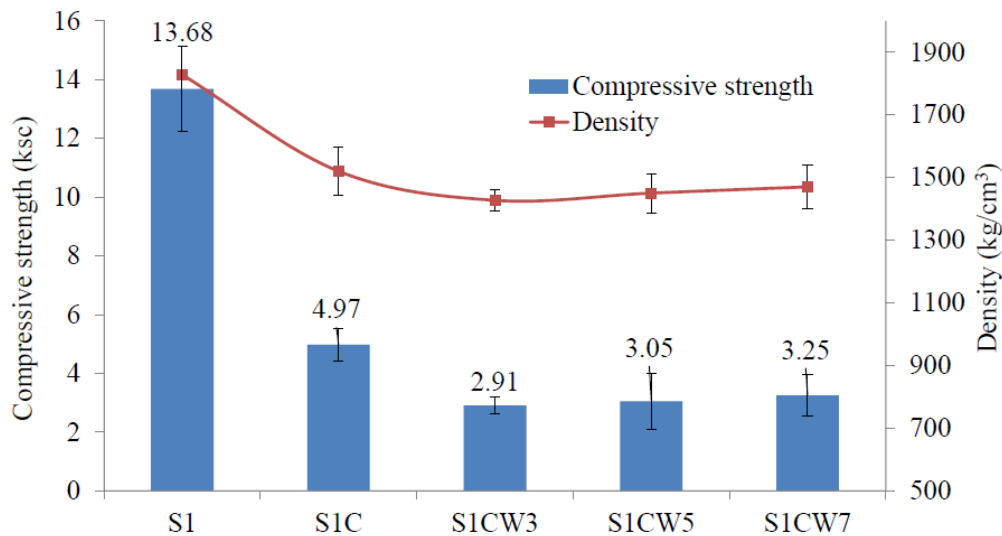
Resultados obtenidos de la resistencia a la compresión. Fuente: (Viera et al, 2023)



El trabajo de Ratchakrom & Rodvinij (2021) expone que en Tailandia se enfrentan graves problemas de contaminación del agua, especialmente en fuentes naturales de agua como ríos y canales. La extendida planta del JA impide que el oxígeno penetre y se disuelva en el agua. Por lo tanto, la utilización de JA como material de construcción puede ser una alternativa para reducir el volumen de JA. Este estudio se centra en el comportamiento mecánico de ladrillos de adobe utilizando JA como refuerzo de fibra. En la Figura 2 se presenta el comportamiento mecánico de los ladrillos de adobe, que consiste en resistencia a la compresión y densidad; S1 denota la realización del bloque sin la integración de cemento ni de JA; S1C denota el bloque con una integración de cemento al 5%; y S1CW3, S1CW5 y S1CW7, denotan la integración de JA en una longitud de 3, 5 y 7 cm, respectivamente.

Figura 2

Resultados de resistencia a la compresión y densidad del bloque con jacinto de agua con una longitud de 3, 5 y 7 centímetros. Fuente: Ratchakrom & Rodvinij (2021).



En "Aprovechamiento de residuos de *Eichhornia Crassipes* para su remoción en aguas residuales simuladas", Machuca & Rojas (2020) investigaron el uso del JA en plantas de tratamiento de agua residual. El estudio, de carácter experimental, analizó características como el diámetro, la absorción y el volumen de poro de la planta.

Rosas (2021), en "Revisión de investigaciones recientes sobre el uso de fibras celulósicas, sus compuestos cementosos, geopolímeros y poliméricos reforzados con fibras en ingeniería civil", evalúa las fibras celulósicas en comparación con fibras sintéticas como vidrio, carbono y aramida. Se descubrió que las fibras celulósicas mejoran las propiedades mecánicas del geopolímero y del cemento, aunque mostraron menor resistencia en ambientes alcalinos.

Salas (2019), en su investigación "El Jacinto de Agua como material constructivo", destacó el potencial de las fibras de JA en la construcción. El estudio experimental utilizó cenizas y peciolos de JA para determinar su uso en construcciones de baja inversión, revelando que las cenizas de la planta pueden reemplazar materiales constructivos en aplicaciones sin requerimientos mecánicos estrictos.

La fibra del Jacinto de agua como material de construcción.

Para capitalizar la abundante disponibilidad y accesibilidad de las fibras vegetales del Jacinto de Agua, la comunidad científica ha emprendido investigaciones orientadas a su

aplicación en la construcción. En la Tabla 2, se presenta las características químicas principales que componen al JA.

Tabla 2

Caracterización química del Jacinto de agua

Componente	Tallo	Hoja	Método
Celulosa	20,94 ± 0,62	24,71 ± 0,72	TAPPI T 203 os - 74
Hemicelulosa	27,82 ± 0,54	20,42 ± 0,87	TAPPI T 203 os - 74
Lignina	6,18 ± 0,32	12,91 ± 0,49	TAPPI T 203 os - 74

Fuente: Tejada et al., (2018).

En la Tabla 3, se presenta el contenido de Celulosa, Liginina y Hemicelulosa, de otras fibras vegetales.

Tabla 3

Caracterización química de otras fibras vegetales

Fibra	Celulosa (% peso)	Hemicelulosa (% peso)	Pectina (% peso)	Lignina (peso)	Extractiva (% peso)	Humedad (% peso)
Lino	71,2	18,6 - 20,6	2,3	2,2	6	8-12
Cañaño	70 - 74,9	17,9 - 22,4	0,9	3,7 - 5,7	3,1	6,2 - 12
Yute	61 - 71,5	13,6 - 20,4	0,2	8,1 - 13	1,8	12,5 - 13,7
Kenaf	45 - 57	21,5	3-5	8-13		
Ramio	68,6 - 76,2	13,1 - 16,7	1,9	0,6 - 0,7	6,4	7,5 - 17
Henequén	77,6	4-8		13,1		
Abacá	63 - 70,1	20 - 21,8	0,6 - 1	5,7 - 6	1,8	5-10
Sisal	67 - 78	10-14	10	8-14	1,6	10-22
Algodón	82,7 - 92,9	2,6 - 5,7	2,6		1,9	7,85 - 8,5
Miraguano	64	23	23	13		
Bambú	35 - 60,8	15		27 - 32,2		
Coco	32 - 43	0,15 - 0,25	3-4	40 - 45		8
Banana	63 - 64	10		5		10-12
Phornium	71,3					
Ortiga	86					11-17

Fuente: Páez Juan (2007)

Metodología

El presente estudio adoptará un enfoque experimental, que permite evaluar cuantitativamente la causalidad entre variables. Se manipulará o controlará la variable

independiente, que en este caso es la fibra vegetal de la hoja (J.A). Se realizarán distintas dosificaciones con variadas cantidades de esta fibra vegetal.

El proceso metodológico se fundamentará en prácticas ya establecidas, revisando la normativa vigente (NTE INEN 3066, 2016), que detalla métodos para determinar las propiedades físico-mecánicas de los bloques convencionales. Estas metodologías se aplicarán a los bloques artesanales para compararlos con los bloques tradicionales, buscando así entender y cuantificar el impacto de la inclusión de la fibra vegetal en sus propiedades.

Resultados

Extracción de la fibra vegetal del Jacinto de agua Figura 3

Figura 3

Planta de Jacinto de agua, antes del proceso de secado y corte de la fibra vegetal



Fuente: Autor

La extracción de la fibra vegetal se llevó a cabo de manera manual en el embalse del Complejo multipropósito Baba, actualmente operado por la Corporación Eléctrica del Ecuador, CELEC EP UN HIDRONACIÓN. Tras la extracción, se procedió a separar la fibra de las hojas, aprovechando sus destacadas propiedades de contenido en lignina y celulosa.

Secado de la fibra vegetal del Jacinto de agua Figura 4

Figura 4

La fibra debe secarse al ambiente natural bajo sombra o cubierta para evitar el resecamiento excesivo por la radiación directa.



Fuente: Autor

La fibra vegetal extraída de las hojas fue secada bajo sombra para prevenir el resecamiento excesivo de la planta y el deterioro de la fibra. En este estudio, el proceso de secado de la fibra vegetal se extendió durante 21 días, lo cual permitió obtener una fibra completamente seca.

Corte y triturado de la Fibra Vegetal

Después del secado, se procedió a cortar manualmente la fibra con tijeras, asegurando que la longitud de los cortes no excediera los 5 mm Figura 5

Figura 5

Las dosificaciones 1 y 2 de los bloques con fibra vegetal, tienen un corte máximo de 5mm de la fibra.



Fuente: Autor

Tras observar que en las primeras dosificaciones la fibra no se adhería adecuadamente al mortero, se decidió triturar la fibra en las siguientes dosificaciones utilizando una licuadora Figura 6. Este proceso tuvo como objetivo obtener una fibra más fina, con lo cual se esperaba que mejorara su adherencia al mortero.

Figura 6

Fibra vegetal triturada, previamente cortada con tijeras en una longitud máxima de 5mm, con la finalidad de no recalentar la licuadora.



Fuente: Autor

Dosificación del Bloque artesanal con fibra vegetal

La dosificación para este estudio incluyó los siguientes componentes:

- Cemento Portland, actuando como material conglomerante.
- Fibra vegetal de la hoja del Jacinto de Agua.
- Arena gruesa, que sirvió como árido fino.

En la Figura 7 se presenta la mezcla de los materiales que componen el bloque con fibra vegetal.

Figura 7

El proceso de mezcla de los materiales se debe realizar en el momento que se vaya a prensar los bloques, no se debe preparar la mezcla si no se cuenta con los moldes listos.



Fuente: Autor

Fabricación del Bloque artesanal con fibra vegetal

El proceso se basa en el análisis de los materiales que se van a utilizar. Como material aglomerante se empleó cemento, y la fibra de la hoja del JA fue utilizada en remplazo del Chasqui. Para la fabricación del bloque artesanal, es necesario contar con una prensa o máquina adecuada para el proceso.

La mezcla, resultante de la dosificación de los materiales, se vertió en un molde metálico. Posteriormente, esta mezcla se prensó en frío. Para lograr la óptima resistencia, el bloque artesanal se dejó secar al ambiente. Una vez completado el proceso, se sometió el bloque

artesanal al análisis en el Laboratorio de Resistencia de Materiales de la Universidad Técnica de Machala, específicamente al ensayo de compresión.

Densidades de los materiales

Se utilizó una balanza electrónica y una probeta graduada para llevar a cabo el ensayo destinado a determinar la densidad de los materiales que componen el bloque artesanal de fibra vegetal Figura 8 y 9.

Figura 8

Procedimiento de pesaje de los materiales que componen el bloque con fibra vegetal.



Fuente: Autor

Figura 9

Proceso de llenado de la probeta graduada, procedimiento es necesario para la determinación de las densidades de los materiales



Fuente: Autor

Bloques artesanales con Chasqui

Para evaluar las resistencias y la calidad del bloque artesanal, se analizaron cuatro bloques procedentes de diferentes bloqueras situadas en la Provincia de El Oro, específicamente en el cantón El Guabo Tabla 4.

Tabla 4

Resistencia a la compresión de bloques de piedra pómez

No.	edad/ días	Nombre	Peso (gr)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	KN	Kg/cm ²	Mpa
1	20	Bloquera Camacho	6219	400	8200,00	0,758	32,300	8,240	0,808
2	20	Bloquera Dayana	6657	410,04	8078,40	0,824	26,100	6,495	0,637
3	20	Bloquera Donal Castillo	6265	396	7995,78	0,784	32,300	8,323	0,816
4	22	Bloquera Donal Castillo	5853	425,25	8505,00	0,688	37,500	8,998	0,882

Nota: Datos obtenidos del estudio

Fuente: Autor

Se analizó los bloques en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Machala. Inicialmente, se llevó a cabo la medición y el pesaje de cada bloque. Posteriormente, se determinaron el área, el volumen y la densidad de los mismos.

A través del ensayo de compresión Figura 10, se evaluó la resistencia de cada bloque. De acuerdo con los resultados obtenidos, se constató que los bloques con la mejor resistencia a la compresión provenían de la bloquera del Sr. Donald Castillo, todos los bloques convencionales al momento del ensayo a compresión tenían más de 20 días de edad de fabricación Tabla 5.

Bloques artesanales con fibra vegetal

Tabla 5

Dosificaciones para fabricación de Bloques con fibra vegetal

Descripción	Cemento gr	Arena gruesa (gr)	Polvo (gr)	Fibra vegetal (gr)	Agua (cm ³)	Resistencia (Mpa)
Bloque de fibra vegetal 1	850	2200	3000	300	1000	0,022

Tabla 5

Dosificaciones para fabricación de Bloques con fibra vegetal (continuación)

Descripción	Cemento gr	Arena gruesa (gr)	Polvo (gr)	Fibra vegetal (gr)	Agua (cm ³)	Resistencia (Mpa)
Bloque de fibra vegetal 2	1075	3000	3000	250	1363	0,299
Bloque de fibra vegetal 3	1133	3666	2400	250	1666	0,506
Bloque de fibra vegetal 4	850	3300	3200	250	1500	0,348
Bloque de fibra vegetal 5	3400	6600	0	375	2000	1,486
Bloque de fibra vegetal 6	3400	6600	0	375	2000	1,419
Bloque de fibra vegetal 7	3400	4400	2400	375	2200	1,447
Bloque de fibra vegetal 8	3400	6600	2400	375	2500	3,217
Bloque de fibra vegetal 9	1157	4628	0	250	2000	0,364
Bloque de fibra vegetal 10	1157	4628	0	250	2000	0,308

Nota: Datos obtenidos del estudio

Fuente: Autor

Figura 10

Rotura de bloques con fibra vegetal



Fuente: Autor

La Tabla 6 presenta un resumen de los resultados obtenidos en el presente estudio. Se ensayó 10 bloques con fibra vegetal con distintas dosificaciones.

Tabla 6

Resistencia a la compresión de bloques de fibra vegetal

No.	edad	Nombre	Peso (gr)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)	Densidad (gr/cm ³)	KN	Kg/cm ²	Mpa
1	30	Bloque de fibra vegetal	6936,00	414,59	8208,88	0,845	0,93	0,229	0,022
2	30	Bloque de fibra vegetal	6610,00	408,00	7752,00	0,853	12,20	3,051	0,299
3	25	Bloque de fibra vegetal	6202,00	417,15	8050,99	0,770	21,10	5,161	0,506
4	25	Bloque de fibra vegetal	6107,00	405,00	7695,00	0,794	14,10	3,553	0,348
5	18	Bloque de fibra vegetal	9325,00	526,50	9582,30	0,973	78,20	15,156	1,486
6	18	Bloque de fibra vegetal	9047,00	425,25	7739,55	1,169	60,30	14,469	1,419
7	18	Bloque de fibra vegetal	8550,00	418,18	7652,69	1,117	60,50	14,763	1,447
8	18	Bloque de fibra vegetal	8971,00	407,03	7733,57	1,160	130,90	32,816	3,217
9	21	Bloque de fibra vegetal	6335,00	420,00	8526,60	0,743	15,30	3,717	0,364
10	21	Bloque de fibra vegetal	5799,00	416,00	8444,80	0,687	12,80	3,140	0,308

Nota: Datos obtenidos del estudio

Fuente: Autor

Se analizaron diez bloques fabricados con fibra vegetal del JA. Al momento de realizar el ensayo de compresión, los bloques tenían diferentes edades de fabricación Tabla 7.

Tras los resultados del ensayo de compresión simple, se observó que el tercero y octavo bloque presentaron mejor resistencia a la compresión. El resultado se atribuye al incremento en la cantidad de cemento y arena.

Para las dosificaciones 1, 2, 9 y 10 la fibra vegetal se cortó en longitudes máximas de 5 mm. El tamaño de corte podría ser una de las razones detrás de la falta de adherencia en la mezcla.

Para las dosificaciones 3 a la 8, se trituro la fibra en una licuadora, de esta manera se evidenció una mejor adherencia.

En las dosificaciones 9 y 10 se disminuyó la cantidad de cemento en una relación 1:4, en función del peso de la arena y se eliminó el polvo de chasqui por completo.

Tabla 7

Resistencia de bloques de fibra vegetal

Descripción	Cemento gr	Arena gruesa (gr)	Polvo (gr)	Fibra vegetal (gr)	Agua (cm ³)	Resistencia (Mpa)
Bloque de fibra vegetal 1	850	2200	3000	300	1000	0,022
Bloque de fibra vegetal 2	1075	3000	3000	250	1363	0,299
Bloque de fibra vegetal 3	1133	3666	2400	250	1666	0,506
Bloque de fibra vegetal 4	850	3300	3200	250	1500	0,348
Bloque de fibra vegetal 5	3400	6600	0	375	2000	1,486
Bloque de fibra vegetal 6	3400	6600	0	375	2000	1,419
Bloque de fibra vegetal 7	3400	4400	2400	375	2200	1,447
Bloque de fibra vegetal 8	3400	6600	2400	375	2500	3,217
Bloque de fibra vegetal 9	1157	4628	0	250	2000	0,364
Bloque de fibra vegetal 10	1157	4628	0	250	2000	0,308

Nota: Datos obtenidos del estudio

Fuente: Autor

Discusión

El estudio determinó que el bloque artesanal con fibra vegetal del JA no tiene mayor resistencia a la compresión que los existentes en el mercado analizados. La resistencia a la compresión obtenida con la dosificación N°3, en la que el porcentaje de cemento usado es muy similar al que utilizan las fábricas de bloques tradicionales de pómez es del 62,5%.

Sin embargo, el JA presenta una alternativa ecológica para la construcción para viviendas dónde el acceso a bloques de pómez tradicionales sea muy difícil. Tradicionalmente, los bloques se fabrican con chasqui y polvo, materias primas obtenidas en las faldas de los volcanes de la región Sierra del Ecuador. La localización específica de la materia prima conlleva altos costos de transporte hacia otras regiones, incrementando la emisión de CO₂ y la explotación de recursos no renovables.

En comparación con el estudio realizado por Angumba (2016), en su investigación "Ladrillos elaborados con plástico reciclado (PET) para mampostería no portante", el comportamiento a la resistencia a la compresión es muy similar al utilizado en la dosificación 1:2 con la adición del 55% de PET; sin embargo, la cantidad de cemento utilizada para esta dosificación incurriría a incrementar el costo de producción del bloque, no siendo rentable económicamente, por lo que no se recomienda trabajar con esta dosificación.

En el contexto de los estudios actuales sobre materiales de construcción, la investigación realizada por Viera et al, (2023) presentó bloques con una resistencia máxima a la compresión de 13,51 kg/cm². En marcado contraste, el presente estudio demuestra una gama más extensa de resistencias, que oscila entre 0,229 kg/cm² y 32,816 kg/cm², como se detalla en la Tabla 6. Esta expansión del espectro de resistencia destaca la eficacia de la metodología aplicada en el estudio actual, señalando un avance significativo en la capacidad de producir bloques con una resistencia superior. El incremento en la resistencia máxima, que supera en más de un factor de dos al estudio previo, indica un potencial considerable para aplicaciones que requieren materiales de alta durabilidad y estabilidad estructural.

La investigación efectuada por Ratchakrom & Rodvinij (2021) evidenció una resistencia máxima a la compresión en bloques incorporando JA de 3,25 kg/cm². Esta cifra contrasta significativamente con los hallazgos de la investigación actual, donde se ha registrado una resistencia máxima a la compresión de 32,816 kg/cm², en los bloques estudiados. Este notable incremento en la resistencia no solo subraya la superioridad de la metodología aplicada en el estudio actual, sino que también pone de relieve el potencial de innovación en la creación de materiales de construcción más robustos. La presente investigación, por lo tanto, contribuye de manera sustancial al campo de los materiales de construcción sostenibles, demostrando que es posible lograr una mejora considerable en la resistencia a la compresión a través de la optimización de los compuestos utilizados.

Realizando la evaluación de los componentes químicos de la fibra vegetal obtenidos en el JA, se puede evidenciar que los componentes de celulosa, hemicelulosa y lignina son muy similares a los componentes químicos del Bambú, por lo que se podría aprovechar el uso de esta fibra en usos muy similares a los que se le esté dando al Bambú.

En contraste, este trabajo propone una nueva aplicación para el JA. Dado que las empresas públicas incurren en costos significativos para extraer esta planta de los embalses — donde contribuye a la eutrofización del agua y obstruye los canales de navegación—, su uso en la fabricación de bloques podría ofrecer beneficios ambientales y sociales. Además, la extracción del JA podría generar empleo en las comunidades cercanas a embalses y lagos afectados, ya que podrían vender la planta seca a fábricas de bloques ecológicos. Así, esta investigación no solo presenta una alternativa de construcción sostenible, sino que también propone una forma de integrar a estas comunidades en la cadena de valor.

Agradecimiento

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; Ciudad, Ambiente, y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitecturas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVA4CA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Conflicto de intereses

En mi calidad de estudiante de la Universidad Católica de Cuenca, declaro que no tengo conflictos de intereses que puedan influir en la objetividad, la integridad o la imparcialidad de la investigación. Estoy comprometido únicamente con la presentación de resultados precisos y el avance del conocimiento en el campo de la ingeniería civil.

Referencias

- Angumba, P. (2016). Ladrillos elaborados con plásticos reciclado (PET), para mampostería no portante. *Tesis de Maestría. Universidad de Cuenca*, 80.
- Beltrán, L., & Fernández, A. (2022). *Análisis Comparativo de Propiedades Mecánicas de Bloques de Concreto no Estructurales para Diferentes Dosificaciones de Mezcla Elaborados en el Departamento del Atlántico*. 8.5.2017, 2003–2005. www.aging-us.com
- Boyd, C. E., D’Abramo, L. R., Glencross, B. D., Huyben, D. C., Juarez, L. M., Lockwood, G. S., McNevin, A. A., Tacon, A. G. J., Teletchea, F., Tomasso, J. R., Tucker, C. S., & Valenti, W. C. (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3), 578–633. <https://doi.org/10.1111/jwas.12714>
- Gil, D., Navarrete, G., Castañeda, M. del R., Galaviz, I., & Sosa, C. A. (2021).

- Paraquat's herbicide acute toxicity in *Oreochromis niloticus* (Cichlidae). *Acta Biológica Colombiana*, 26(2), 8.
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/84792>
- Gómez, L. (2023). *Aprovechamiento de las propiedades conservantes de las hojas de Stromanthe jacquinii (Marantaceae) para la elaboración de recipientes biodegradables.*
- Harun, I., Pushiri, H., Amirul-Aiman, A. J., & Zulkeflee, Z. (2021). Invasive water hyacinth: Ecology, impacts and prospects for the rural economy. *Plants*, 10(8).
<https://doi.org/10.3390/plants10081613>
- Jardón-Medina, A. G., & Ortiz-Fernández, A. (2022). Obtención y caracterización de biocarbón a partir de *Eichhornia crassipes* usando un prototipo de reactor de pirólisis solar. *Revista de Ciencias Ambientales*, 57(1), 1–23.
<https://doi.org/10.15359/rca.57-1.13>
- Macancela, A., & Martínez, A. (2020). Fabricación de bloques de cemento y fibra de estopa de coco y pet reciclado para la eco-construcción. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2), 1–4. <http://www.unpcdc.org/media/15782/sustainable-procurement-practice.pdf>
<https://europa.eu/capacity4dev/unep/document/briefing-note-sustainable-public-procurement>
<http://www.hpw.qld.gov.au/SiteCollectionDocuments/ProcurementGuideIntegratingSustainability.pdf>
- Machuca, T., & Rojas, C. (2020). Uso de bacterias para la remoción de metales pesados en aguas ácidas mineras. In *Universidad Andina del Cusco*.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mideksa, S., Solomon, D., Hadis, M., & ... (2022). What do research evidence tell us about water hyacinth control methods? Rapid evidence review. *Ethiopian Journal of ...* <https://ejphn.ephi.gov.et/index.php/ejphn/article/view/65>
- NTE INEN 3066. (2016). Bloques de Hormigón. Requisitos y Métodos de Ensayo. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 45.
file:///C:/Users/Alba/Downloads/nte_inen_3066.pdf
- Orellana, S., & Hernández, A. (2021). *Effect of eichhornia crassipes compost on the quality of theobroma cacao nursery plants.*
- Paez Juan, (2007). Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión.

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/352/1/CD-0762.pdf>

- Piedrahita, W. (2019). *Fabricación de bloques en mortero de cemento para mampostería con adición de la fibra del coco en la ista de Providencia y Santa Catalina*.
- Ratchakrom, C., & Rodvinij, P. (2021). Mechanical Behavior of Adobe Bricks Reinforced With Water Hyacinth Fiber. *International Journal of GEOMATE*, 21(85), 10–16. <https://doi.org/10.21660/2021.85.6227>.
- Ribera, S. P., Hamzaoui, R., Colin, J., Bessette, L., & Audouin, M. (2023). *Valorization of Vegetal Fibers (Hemp, Flax, Miscanthus and Bamboo) in a Fiber Reinforced Screed (FRS) Formulation*.
- Rosas Diaz, F. (2021). *Desarrollo de un material compuesto de matriz a base de cemento Portland con agregado vegetal lignocelulósico de agave*.
- Salas Ruiz, A. (2019). *El Jacinto de Agua como material de construcción en África Subsahariana*. <http://oa.upm.es/57498/>
- Sarmiento, A. E. (2023). Contaminación fitosanitaria en contenedores marítimos . *Investigación Científica Y Tecnológica*, 7(1).
- Tejada et al., (2018). Aprovechamiento del Jacinto de Agua (*Eichhornia crassipes*) para la síntesis de carboximetilcelulosa. *Revista Cubana de Química*, 30(2), 211-221. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200003&lng=es&tlng=es.
- Tunas, L. (2023). *Jacinto De Agua . Una Experiencia De Incentivo Económico Espontáneo - Neo , Que Contribuye Al Control*.
- Vera Delgado, J. M. (2012). Monitoreo y control ecológico de lechuguines (*Eichhornia Crassipes*) en el embalse “La Esperanza”, en la cuenca del río Chone de la provincia de Manabí, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*. ISSN 2477-8982, 8, 40. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i8.605
- Viera, P., Gallegos, Y., & Venegas, E. (2023). Resistencia a la compresión y flexión de bloques elaborados a base de cangahua, cal, arcilla y paja. *Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 6(1), 150–166. <https://doi.org/10.37135/ns.01.11.10>.

El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Alfa Publicaciones**.



El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Alfa Publicaciones**.

