

GESTIÓN DE RIESGOS AMBIENTALES Y CAMBIO CLIMÁTICO

Efecto en la resistencia de bloques elaborados con agregados de residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*).

Effect on the resistance blocks elaborated with corn cultivates wastes (*Zea mays*).

Carlos Ricardo Delgado Villafuerte¹,
Kayna Marilyn Hidalgo Zambrano, Carlos Andree
Villafuerte Vélez, Patricio Javier Noles Aguilar
y Enrique Richard

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de
Manabí Manuel Félix López, Ecuador
car_delgado@hotmail.com

Recibido: 17/06/2019
Aceptado: 20/11/2019
Publicado: 27/12/2019

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como propósito evaluar el uso de los residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*) como alternativa sostenible en la elaboración de bloques para la construcción. Para el desarrollo de la investigación experimental se aplicó una encuesta a los productores de maíz en la parroquia Boyacá, cantón Chone, con el fin de conocer el destino final de estos residuos. Los resultados de la encuesta ejecutada a los productores revelan que el 73% queman a cielo abierto los residuos de dicho cultivo después de cada periodo de cosecha; el 20% lo utilizan como alimento para el ganado; el 5% realizan ensilajes y el 2% lo reutilizan como abono para las plantas. Para la obtención de los bloques se establecieron tres tratamientos y un testigo, con diferentes dosificaciones de residuos del cultivo de maíz (tusa, tallo y hoja): T1 (25% - 1.25 kg); T2 (50% - 2.50 kg); T3 (75% - 3.75 kg) y testigo (100% - 5 kg). Luego se realizaron ensayos de resistencia a comprensión a los 7, 14, 21 y 28 días con el objetivo de compararlos con los bloques tradicionales. Finalmente, como resultado, se obtuvo que el T1 con 25% de residuos del cultivo de maíz presentó la mayor resistencia (43 kg/cm²) a los 28 días, lo cual permitió concluir que este bloque cumple con los parámetros de la norma NTE INEN 3066 (2016), clasificándolo como bloque para la construcción clase B. Conforme al análisis estadístico existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos.

PALABRAS CLAVE: bloques, hoja, maíz, residuos, tallo, tusa.

ABSTRACT

The purpose of the present was to evaluate the use of corn cultivate wastes (*Zea mays*) as a sustainable alternative on making blocks. For the development of the experimental investigation, we applied a poll on corn producers of Boyacá, to know the final destination of the corn wastes. The results show that 73% of them burn the wastes at open sky, 20% use it to feed the cattle, 5% make silages and 2% use it as fertilizer. To make blocks we established three treatments and one witness, with different corn waste quantities. (Cob, steam and leaf): T1 (25% - 1.25 kg); T2 (50% - 2.50 kg); T3 (75% - 3.75 kg) and witness (100% - 5 kg). After that pressure resistance test were made at 7, 14, 21 and 28 days the result were compared with the traditional blocks. Finally, the results show that on the corn waste T1 at 25% had the higher resistance (43 kg/cm²) at the end of the day 28, which fulfill the NTE INEN 3066 (2016) standards for a class B block for construction. On the statistical analysis there are remarkable differences between treatments.

KEYWORDS: blocks, corn, cob, leaf, steam, waste.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la quema de residuos agrícolas, como son los subproductos de maíz, ha sido uno de los mayores problemas que causan degradación ambiental por las emisiones que esta genera, tales como dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), material particulado o partículas de materia suspendidas (PM). A esto se suman los procesos de erosión que constituyen el agente principal de la contaminación de suelos, debido al deterioro progresivo de los nutrientes y la materia orgánica; componentes esenciales para mantener su productividad (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2014).

En el Ecuador se genera una cantidad de biomasa residual del cultivo del maíz que corresponde a 434 921.32 toneladas al año, con una producción total de 237 146.92 toneladas anuales (Instituto Nacional de Preinversión, 2014). La técnica utilizada para ellos consiste en la tumba, roza, y quema de los mismos, lo cual produce un aceleramiento en la destrucción del suelo, la fauna, el agua y los bosques. El rendimiento nacional del cultivo de maíz duro seco (13% de humedad y 1% de impureza) para el ciclo de invierno del 2017 fue de 5.51 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, 2017).

Según Domínguez y Loor (2018) en la provincia Manabí se produce más del 70% de cultivo de maíz, generando 52 145.18 toneladas al año de residuos; esto se ha convertido en fuente de contaminación al quemarse la tusa a cielo abierto, pues no representa valor alguno para los agricultores, lo cual genera un problema ambiental. El cultivo del maíz produce una gran cantidad de biomasa, de ella el hombre cosecha apenas cerca del 50% en forma de grano. El resto corresponde a diversas estructuras de la planta, tales como caña, hoja y mazorca entre otros (Velázquez *et al.*, 2002). La *Constitución de la República del Ecuador* (2008) establece en su Artículo 15 que: «El estado promoverá el uso de tecnologías ambientalmente limpias, no contaminantes y de bajo impacto en el sector público y privado» (p. 37).

En este trabajo se pretende crear un nuevo concepto de construcción que contengan características sostenibles amigables con el Medio ambiente y, a su vez, contengan soluciones socialmente equitativas, económicamente viables y ambientalmente seguras. Por tal razón, su finalidad es transformar los residuos en un sistema constructivo-ecológico en la elaboración de bloques para la construcción, aprovechando los residuos del maíz (tusa, tallos y hojas) como una alternativa sostenible que podría sustituir al bloque común. El objetivo que persiguió la investigación fue evaluar el uso de los residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*) como alternativa sostenible en la elaboración de bloques para la construcción.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la parroquia Boyacá, ubicada en el cantón Chone, provincia Manabí. La misma está situada geográficamente entre las coordenadas 0°34'09" latitud Sur; 80°10'38.15" longitud Oeste. Se aplicó el método experimental que permitió la manipulación de los elementos que son de requerimiento para obtener el mejor prototipo; para esto se necesitó una secuencia de las pruebas mecánicas entre las que se pueden mencionar la resistencia a la compresión de los bloques para la construcción, los cuales tienen que cumplir con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN: 3066 del Instituto Ecuatoriano de Normalización (2016).

Se emplearon encuestas para determinar la cantidad de residuos que genera el cultivo de maíz y el destino final de los mismos. El factor de estudio fue la cantidad de residuos del cultivo de maíz (tusa, tallo y hoja) que se agregó en la fabricación de los bloques para la construcción; los residuos del cultivo de maíz fueron triturados tal y como lo menciona Faustino *et al.*, (2015). Esta investigación fue de carácter experimental y estuvo sujeta a un *diseño completamente al azar* (DCA) en arreglo unifactorial:

Tabla 1. Combinaciones de los niveles.

Tratamientos	Cemento (kg) A	Arena (kg) B	Unidad experimental	Granulado volcánico		Residuos	
				%	kg	%	kg
T ₁	1.25	1.22	A ₁ B ₁	75	3.75	25	1.25
T ₂	1.25	1.22	A ₁ B ₂	50	2.5	50	2.5
T ₃	1.25	1.22	A ₁ B ₃	25	1.25	75	3.75
TESTIGO	1.25	1.22	TESTIGO	100	5	0	0

Fuente: *Elaboración propia.*

Para la ejecución del trabajo de investigación se desarrollaron las siguientes fases:

Fase 1. Estimar cantidad de residuos del cultivo de maíz que se generan en cada cosecha.

Se aplicó una encuesta a los productores de residuos del cultivo de maíz (*Zea mays*) en la parroquia Boyacá, cantón Chone, con el fin de conocer el volumen que generan y cuál es el destino final de los mismos.

Fase 2. Elaborar bloques para la construcción utilizando residuos del cultivo de maíz.

La materia prima fue obtenida de los agricultores de maíz de la parroquia Boyacá del cantón Chone; la tusa, hojas y tallo de maíz en estado seco fueron trituradas por separadas en un triturador mecánico. Luego se procedió a la elaboración de los bloques aplicando cada una de las unidades experimentales, para la construcción se mezclaron los agregados en una mezcladora especial de concreto y el moldeado en una maquinaria vibro-compactación.

Fase 3. Determinar el tratamiento que presenta la mayor resistencia a compresión de los bloques para la construcción elaborados con residuos de cultivo de maíz.

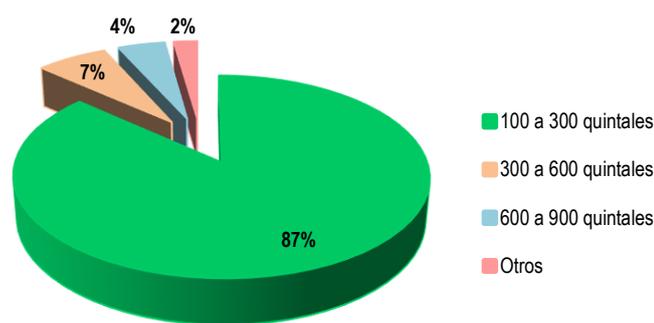
Para la prueba de resistencia se tomaron tres unidades de cada muestra, los mismos fueron llevados al Laboratorio de Mecánica de Suelos Orlando Mora, en la ciudad de Portoviejo, para realizar las pruebas de resistencia de compresión. Luego se procedió a la comparación entre los bloques tradicionales y los bloques para la construcción elaborados con residuos del cultivo de maíz (tusa, tallo y hojas).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Fase 1. Estimar cantidad de residuos del cultivo de maíz que se generan en cada cosecha.

Se realizaron encuestas de tipo cerrada a los productores del cultivo de maíz (*Zea mays*) en la parroquia Boyacá del cantón Chone. El propósito fue establecer la información, estimar la cantidad que generan y saber el destino final de residuos en cada cosecha. Para el cálculo de la muestra se tomó como referencia un estudio realizado por Saldarriaga (2017) en el que menciona que la parroquia cuenta con cuarenta y cinco familias productoras, y en base a ello se realizó la encuesta a todas ellas.

Figura 1. Cantidad de cada uno de estos residuos que se generan en cada cosecha.

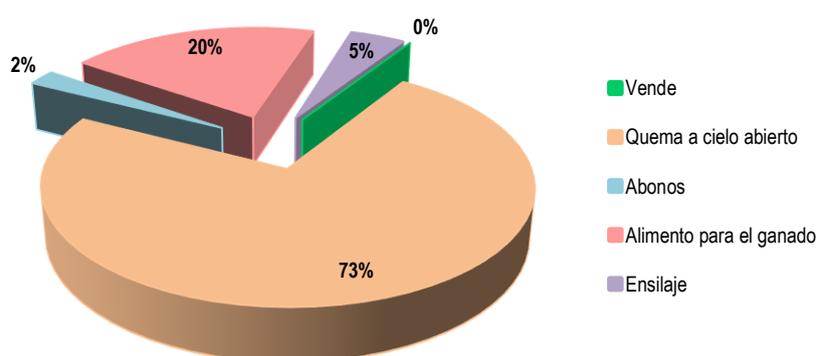


Fuente: Elaboración propia.

En la *figura 1* se expone que el 87% (39 agricultores) de los productos generan aproximadamente de 100 a 300 quintales de residuos del cultivo de maíz; el 7% de 300 a 600 quintales; el 4% de 600 a 900 quintales y el 2% (un agricultor) genera más de 1 000 quintales de residuos. Reyes, Camacho y Guevara (2013) afirman que se ha incrementado la cantidad de rastrojos por el aumento de la productividad, haciéndose más complejo el manejo del mismo, en especial el cultivo de maíz, puesto que son los que más residuos dejan sobre la superficie del suelo y son de difícil degradación.

En la *figura 2* se puede observar que el 73% (33 agricultores) de los productores del cultivo de maíz queman a cielo abierto los residuos después de cada cosecha; esto se debe a que el maíz posee tallos de lenta descomposición, lo cual ocasiona que se retrasen las fechas de siembra y que los agricultores optan por el medio más practicable la quema; el 20% (nueve agricultores) lo usan como alimento para el ganado, el 5% (cuatro agricultores) realizan ensilaje, mientras que el 2% (un agricultor) lo reutilizan como abonos para las plantas.

Figura 2. Uso que le dan a estos residuos.



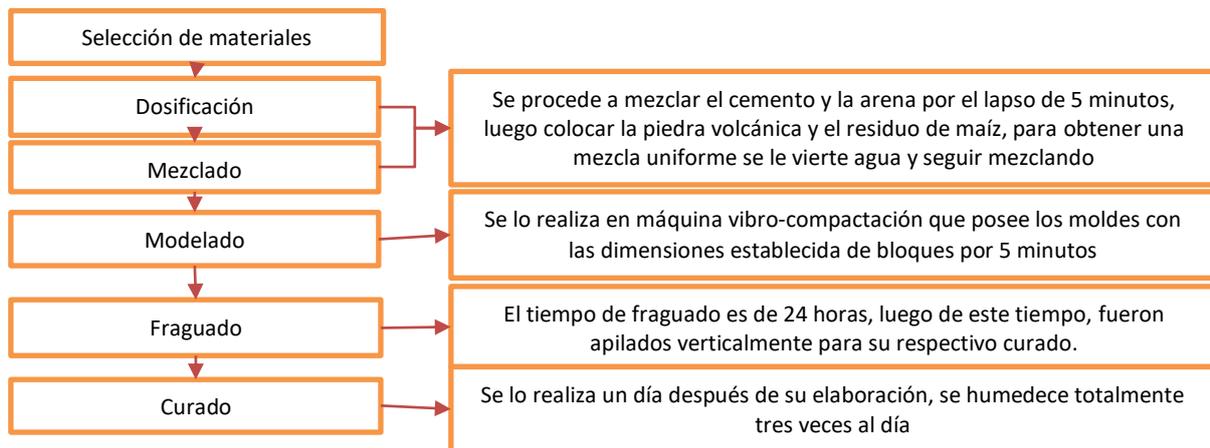
Fuente: Elaboración propia.

Fase 2. Elaborar bloques para la construcción utilizando como agregado residuos del cultivo de maíz.

Chicaiza (2017) menciona que la tusa de maíz al ser una fibra vegetal debe ser curada para su preservación. Para el desarrollo de este tratamiento se siguió el procedimiento del Manual de Construcción con Bambú (Hidalgo, 2003) en el que se menciona que la materia prima debe estar completamente seca, por cada 100 L de agua se utilizó 2.5 kg de ácido bórico; los residuos del cultivo de maíz se dejaron sumergidos en el tratamiento químico por un lapso de 24 horas, luego se dejó escurrir el agua y se secó al ambiente. Posteriormente se procedió a la trituration mecánica de los

residuos de maíz y pasarlos por una zaranda para separar el triturado más fino como subproducto para elaborar los bloques, según la siguiente figura:

Figura 3. Diagrama de elaboración de los bloques con residuos del cultivo del maíz.

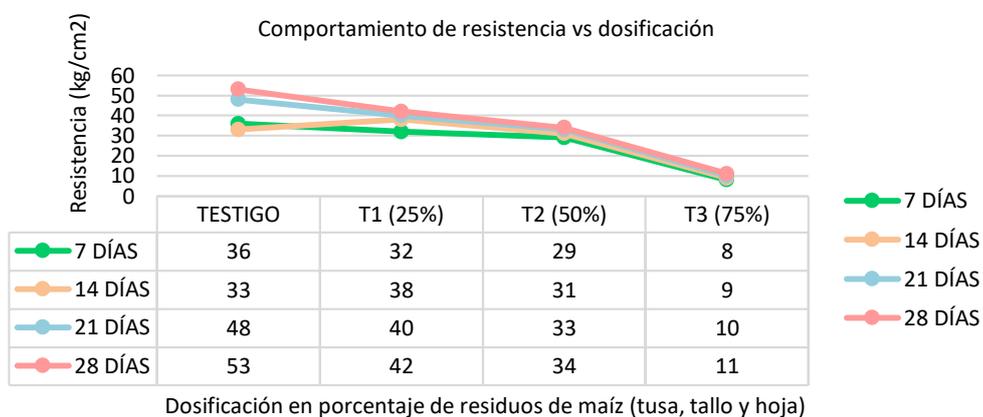


Fuente: Elaboración propia.

Fase 3. Determinar el tratamiento que presenta la mayor resistencia a compresión de los bloques para la construcción elaborados con residuos de cultivo de maíz.

Los bloques para la construcción fueron colocados en la máquina, la misma contiene una placa metálica como base y otra placa superior que se ubica sobre el bloque para que reciba una carga uniforme; luego se aplicó presión hasta llegar a la ruptura de estos. Las pruebas se realizaron a los 7, 14, 21 y 28 días de su elaboración, siguiendo el procedimiento establecido en la NTE INEN: 3066; para el desarrollo de los ensayos se usaron tres bloques con cada uno de los tratamientos (25%, 50%, 75%).

Figura 4. Carga de rotura kg/cm^2 de los bloques para la construcción en función del tiempo.



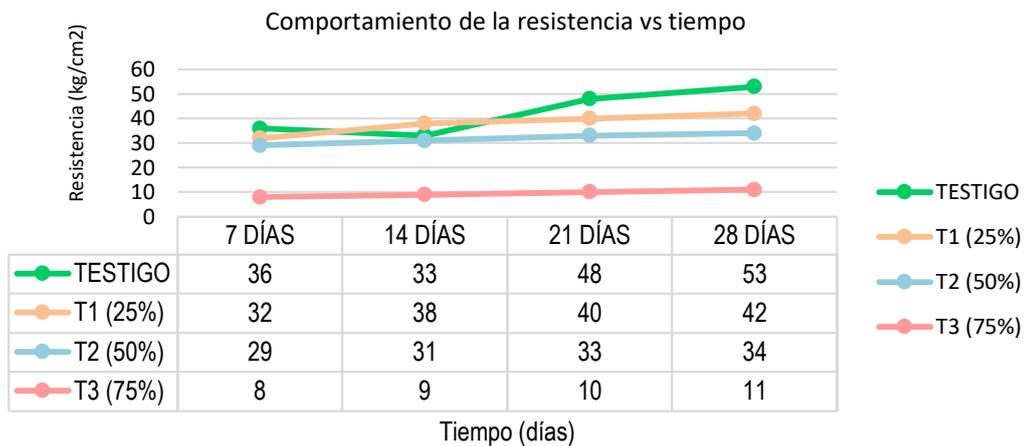
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 4 se muestran los resultados de las pruebas de resistencia para las dosificaciones de residuos del cultivo de maíz, que indica que la tendencia es de disminución; esto quiere decir que entre más residuos menos resistencia. La mayor resistencia registrada es del bloque para la construcción con el 25% (T₁) de residuos del cultivo de maíz a los 28 días con 42 kg/cm^2 ; seguida por la dosificación del 50% (T₂) con una resistencia de 34 kg/cm^2 ; valores que se acercan al bloque tradicional y la menor resistencia fue para el con el 75% (T₃) de residuos de maíz con 11 kg/cm^2 .

De acuerdo con la norma NTE INEN: 3066, el *tratamiento 1* es un bloque clase B, pues obtuvo una resistencia promedio superior a 40.8 kg/cm², el cual puede ser utilizado para paredes exteriores de carga con revestimiento y para paredes interiores de carga con o sin revestimiento; el tratamiento 2 es un bloque clase C que se usa para paredes interiores de carga sin revestimiento y el tratamiento 3 no cumple con la resistencia mínima a la compresión simple.

Poon, Kou y Lam (2002) afirman que la adición de material granulado vegetal en la mezcla de hormigón causa una pérdida de resistencia a la compresión en bloques de dicha composición, no tan significativa que impida el uso de este material, con la restricción de que se deben considerar adiciones inferiores a un 50% de agregado vegetal en la mezcla para evitar problemas de resistencia.

Figura 5. Comportamiento de resistencia vs tiempo.



Fuente: *Elaboración propia.*

En la *figura 5* se muestra el comportamiento de la resistencia a la compresión con respecto al tiempo (7, 14, 21 y 28 días), en el cual se puede verificar el aumento de la resistencia a medida que pasan los días. Excepto para el bloque tradicional (testigo) a los 14 días, donde se puede observar una disminución de la resistencia, esto se debió a que en las primeras 14 jornadas los bloques tradicionales estuvieron expuestos al sol, lo cual provocó un secado prematuro. Valdés y Rapimán (2007) expresan que los bloques de construcción compuestos por residuos vegetales muestran un menor peso por unidad que los bloques tradicionales utilizados para ese fin. Esos valores se deben principalmente a que los residuos vegetales tienen densidades inferiores respecto a los materiales utilizados.

Comparando la resistencia a la compresión del bloque tradicional y del material compuesto de residuos de maíz adicionado, se pudo considerar que el 25% del material compuesto con fibras de residuos del cultivo de maíz presenta un aumento considerable en la resistencia, lo que indica que la fibra de residuos de maíz tiene un gran aporte a la resistencia de compresión al tener similitudes con la resistencia de los bloques tradicionales. Sin embargo, es necesario que se lleven a cabo ensayos adicionales para los bloques para la construcción del 25% de dosificación con residuos del maíz, en virtud de poder disminuir la variabilidad de los elementos comunes que se utilizan en la mezcla en comparación con los bloques tradicionales (Estrella, 2016).

Análisis estadístico de la resistencia de compresión de los bloques a los 28 días.

Tabla 2. Resultados de porcentajes de resistencia a los 28 días de su elaboración.

TRATAMIENTO	R1	R2	R3	PROMEDIO
T ₁	121	116	113	117
T ₂	92	92	103	96
T ₃	31	31	30	31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. ANOVA de porcentajes de resistencia a los 28 días de su elaboración.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	Gl	Sc	Cm	Fc	P valor
Tratamientos	2	12 062	6 031	317	<0.0001
Error experimental	6	114	19		
Total	8	12 176			

Fuente: Elaboración propia.

Basados en los resultados obtenidos después de medir la resistencia a la compresión a los 28 días de su elaboración, en las muestras de bloques los valores reportados en los promedios de porcentajes de resistencia (R) por tratamiento son los siguientes: (T₁) R = 117; (T₂) R = 96; (T₃) R = 31; se determinó estadísticamente que los tratamientos sí presentan diferencias significativas entre sí, es decir, hay homogeneidad entre ellos a un nivel de confianza del 95%, tomando en cuenta que el valor de P fue de 0.000; por lo tanto, es un valor demasiado menor a 0.05, lo cual indica que sí existe una diferencia significativa entre la media de los porcentajes de resistencias entre los tratamientos.

Tabla 4. TUKEY.

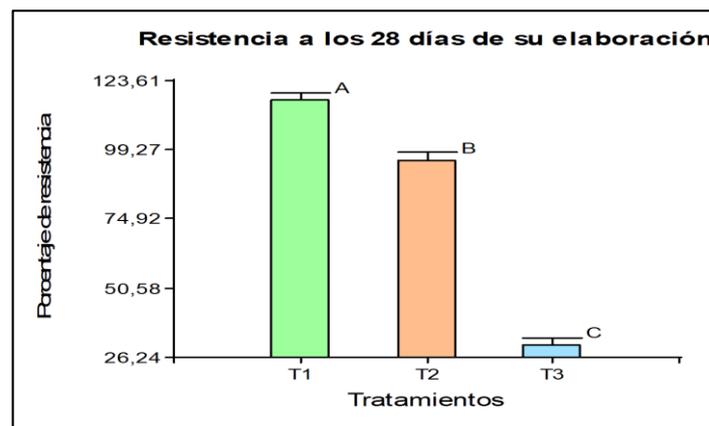
Test: Tukey Alfa=0.05						
Error: 19.0000 gl:6						
Tratamientos	Medias	n	E.E.	Agrupación		
T1	117	3	3	A		
T2	96	3	3		B	
T3	31	3	3			C

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en la *tabla 4* muestran que la prueba de *Tukey* determinó estadísticamente que los tratamientos sí presentan diferencias significativas entre sí, sin embargo, se verificó que existe diferencia altamente significativa entre tratamientos.

Los resultados expuestos en la *figura 6* muestran los valores medios de cada tratamiento de los promedio de porcentaje de resistencia a la compresión de los bloques para la construcción con residuos de maíz, esto quiere decir que el valor medio con mayor eficiencia se obtuvo a los 28 días de su elaboración y fue el tratamiento T_1 ; el tratamiento T_2 se encuentra en los valores que están en la media y el valor con menor eficiencia fue el tratamiento T_3 . Ello muestra que los bloques para la construcción con residuos del cultivo de maíz a los 28 días de su elaboración tienen una relación inversa: A menor concentración de residuos de maíz añadido en la mezcla, mayor resistencia; lo cual quiere decir que los residuos del cultivo de maíz son elementos adicionales a los demás elementos del bloque y que al utilizar la fuerza de rotura los residuos generan la ventaja de resistir una fuerza de compresión al estar mezclado con el cemento y los agregados finos (Almeida, 2011).

Figura 6. Resultados de porcentajes de resistencia a los 28 días de su elaboración.



Fuente: *Elaboración propia.*

Por lo tanto, se concluye que los residuos del cultivo de maíz al incluirse junto a los demás elementos del bloque, debido a sus características y propiedades, ayudan a mejorar la resistencia en conjunto, pero con menor volumen, pues los residuos de maíz favorecen en un porcentaje a la mejora de las características del bloque; lo que no ocurre que al aumentar el porcentaje de los residuos estos ocupan el lugar del agregado volcánico, pues forman parte de la mezcla normal de los bloques.

CONCLUSIONES

En la encuesta realizada a los agricultores del cultivo de maíz de la parroquia Boyacá, cantón Chone, el 73% (33 agricultores) de los productores queman a cielo abierto los residuos después de cada cosecha.

Se elaboraron 48 bloques para la construcción, dentro de los cuales se incluyen 36 bloques con residuos del cultivo de maíz (tusa, tallo y hoja) y 12 bloques tradicionales, los cuales fueron sometidos a pruebas de resistencia mecánica. Se establecieron tres tratamientos con diferentes dosificaciones (25%, 50% y 75% de tusa, tallo y hoja) y un testigo, los que fueron sometidos a pruebas de resistencia con respecto al tiempo (7, 14, 21 y 28 días después de su elaboración).

La realización de pruebas mecánicas determinó que el T_1 (25%) y el T_2 (50%) se encuentran dentro de los parámetros dispuestos en la norma NTE INEN: 3066 (2016), pues se obtuvieron una resistencia promedio superior de 17.34 kg/cm^2 y el T_3 (75%) no cumple con la resistencia mínima a la compresión simple.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, N. (2011). *Utilización de fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de bloques de mampostería para mitigar el impacto ambiental en el cantón Ambato* [Tesis de diploma, Universidad Técnica de Ambato]. <https://cutt.ly/IyDvtRa>
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2014). *La quema de residuos agrícolas: fuentes de dioxinas*. <https://cutt.ly/HySKLIH>
- Chicaiza, V. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial del agregado grueso* [Tesis de diploma, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/26499>
- Estrella, S. (2016). *Estudio de un material compuesto a base de fibras naturales de cabuya para mejorar las propiedades mecánicas de elementos de concreto reforzado* [Tesis de diploma. Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3072>
- Faustino, J., Silva, E., Pinto, J., Soarea, E., Cunha, V. y Soares, S. (2015). Unidades de albañilería de concreto ligeros basadas en granulado procesado de maíz de maíz como agregado. *Revista Latinoamericana de Química*, 65(318), 1-8.
- Hidalgo, O. (2003). *Manual de Construcción con Bambú*. Universidad Nacional de Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Rendimientos de maíz duro seco en invierno 2017*. <https://cutt.ly/hySLxp1>
- Dominguez, S. y Loor, K. (2018). Uso de los residuos del cultivo de maíz (*zea mays*), como alternativa sostenible para la elaboración de bloques, parroquia Boyacá [Tesis de diploma, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://cutt.ly/kyDvi1H>
- Instituto Nacional de Preinversión. (2014). *Atlas Bioenergético del Ecuador*. <https://n9.cl/dold>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana: *Bloques de hormigón: Requisitos y métodos de ensayo* [NTE INEN: 3066.] <https://cutt.ly/cySXsrl>
- Poon, C., Kou, S. y Lam, L. (2002). Uso de agregados reciclados en ladrillos y bloques de concreto moldeado. *Revista Construcción y Materiales de Construcción*, 16 (5), 281-289.
- Constitución de la República de Ecuador [Const]. Artículo 15. Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf
- Reyes, L; Camacho, T. y Guevara, F. (Coord.). (2013). *Rastrojos: manejo, uso y mercado en el Centro y Sur de México*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Número (7). <https://cutt.ly/IySXgMJ>
- Saldarriaga, F. (2017). *Plan de negocio para la creación de un centro de acopio de cacao y maíz en el sitio La Victoria de la parroquia de Boyacá canton Chone provincia de Manabí* [Tesis de diploma, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/6625>
- Valdés, G. y Rapimán, J. (2007). Propiedades Físicas y Mecánicas de Bloques de Hormigón Compuestos con Áridos Reciclados. *Información Tecnológica*, 18(3), 81-88. <https://cutt.ly/6ySXzMr>

Velázquez, G., Salinas, G., Potter, K., Gallardo, M., Caballero, H. y Díaz, P. (2002). Cantidad, Cobertura y Descomposición de residuos de maíz sobre el suelo. *Terra Latinoamericana*, 20(2), 171-182. <https://www.redalyc.org/pdf/573/57320210.pdf>