

LAS CONSTRUCCIONES CON TIERRA EN COLOMBIA: UNA MIRADA HACIA LA SOS- TENIBILIDAD AMBIENTAL¹

CONSTRUCTIONS WITH EARTH IN COLOMBIA: A LOOK TOWARDS AMBIENTAL SUSTAINABILITY

Daniela Forero Forero²

Johan Sebastián Sánchez Ardila³

¹ Artículo de investigación.

² Arquitecta de la Universidad de La Salle, especialista en Gerencia de Proyectos de Construcción de la Universidad Santo Tomás. Estudiante de la Maestría en Gestión y Planificación del Territorio, de la Universidad de La Salle. Arquitecta diseñadora del equipo de Colombia en la empresa Arquitectónica GEO, Miami, Florida.

³ Arquitecto de la Universidad de La Salle, especialista en Gerencia de Proyectos de Construcción de la Universidad Santo Tomás. Estudiante de la Maestría en Gestión y Planificación del Territorio, de la Universidad de La Salle. Arquitecto diseñador del equipo de Colombia en la empresa Arquitectónica GEO, Miami, Florida.

Resumen

Las construcciones con tierra están resurgiendo en Colombia por la imperiosa necesidad de mitigar el impacto ambiental. Las técnicas constructivas tienen características que cumplen con los criterios de sostenibilidad y que se pueden implementar en los proyectos actuales para lograr la sostenibilidad ambiental desde el sector de la construcción.

El objetivo de la presente investigación es identificar los aportes sostenibles de las construcciones con tierra, los antecedentes de esta en el siglo XXI y sus características como técnica constructiva y, por último, determinar los principios de sostenibilidad existentes que se aplican a las construcciones con tierra en Colombia, con el fin de mostrar un panorama y reconocer la sostenibilidad ambiental de las construcciones con tierra.

Palabras clave: construcción sostenible, construcción con tierra, edificación sostenible.

Abstract

Constructions with earth are currently emerging in Colombia due to the urgent need to mitigate the environmental impact. These construction techniques have characteristics that apply sustainability criteria and that can be implemented in today's projects to achieve environmental sustainability from the construction sector.

This research aims to identify the sustainable contributions of constructions with earth, its backgrounds in the 21st century, and its characteristics as a construction technique and, finally, to determine the existing sustainability principles that apply to constructions with earth in Colombia, in order to show an overview and identify the sustainability of this kind of constructions.

Keywords: sustainable construction, construction with earth, sustainable building.

Introducción

“Los edificios y las ciudades solo serán sostenibles si estamos dispuestos a que así sea”.
- **Huw Heywood**

Las decisiones que se tomen actualmente, como profesionales y gerentes de proyectos de construcción, tendrán un impacto no solo en la población, sino en el medio ambiente y en el futuro del planeta. Arquitectos, ingenieros y gerentes de proyectos de construcción necesitan pensar no solamente en las utilidades que generan las construcciones y en los procesos que se necesitan para llevar a cabo un proyecto, sino pensar de forma global en los materiales que se están utilizando, en qué lugar y en qué condiciones se está ejecutando el proyecto, qué recursos ambientales se están usando y cómo se puede retribuir al entorno natural, de modo que los proyectos de construcción sean sostenibles para ayudar a mitigar la contaminación.

En este artículo se indagará en fuentes científicas sobre el tema de las construcciones con tierra, contrastándolo con las informaciones de profesionales enfocados en la investigación y construcción con este material. Además, se comprobará el tema con estándares de principios de sostenibilidad.

En Colombia se está viendo la imperiosa necesidad de mejorar las condiciones ambientales en muchos espacios profesionales, como en el caso de la construcción, ya que este es un sector económico que contamina durante su proceso e, incluso, terminado el proyecto. En el país se dejaron de lado prácticas constructivas que

podrían utilizarse para mitigar la huella ecológica; un ejemplo de esto es el caso de la tierra como material, ya que este sí logra mitigar dicha contaminación. En este punto conviene citar a Zuleta (2011), quien afirma que, al construir, siempre debemos considerar el terreno en el cual estamos implementando el proyecto, para así lograr reducir el gasto energético y, al conocer las condiciones, disminuir el uso de transporte de materiales.

Una de las posibles razones por las que se abandonó este tipo de sistema pudo ser el desconocimiento de los beneficios, así como del proceso de elaboración de los materiales y la técnica de construcción; aun así, como lo señala Rivero (2007, citado por Zuleta, 2011), el 30 % de la población mundial habita en casas de tierra.

Ante esta situación, se plantea una solución para mitigar la contaminación a través de la sostenibilidad de las construcciones con tierra, debido a que esta no tiene sustancias tóxicas; además, para su producción necesita menos energía y menos transporte, y reduce los costos porque la construcción puede ser reciclada (Rotondaro, 2007). Lo cual aporta a la mitigación de la huella ecológica que dejan las construcciones, en cuanto se utilizan menos recursos del medio ambiente y estas se adaptan a las condiciones climáticas de su entorno para mantener la armonía entre el medio natural y la construcción.

Metodología

Esta investigación se justifica por la necesidad de determinar si son sostenibles las construcciones con tierra. Para lo

cual, se inicia con la búsqueda de información acerca de los antecedentes en Colombia, revisando las investigaciones sobre la construcción de proyectos con tierra; después, se identifican las características de las construcciones y, finalmente, se comparan con certificaciones nacionales, para establecer la sostenibilidad de dichas construcciones. El método de la presente investigación está basado en el modelo descriptivo cualitativo, ya que los resultados se dan a partir de la descripción y la síntesis de características, antecedentes, criterios y normativa, con base tanto en investigaciones actuales como en la recopilación de información por medio de entrevistas a profesionales conocedores de las técnicas de construcciones con tierra.

Marco teórico

Antecedentes de la construcción en tierra en Colombia en el siglo XXI

La construcción con tierra en Colombia en el siglo XXI ha cambiado en relación con las primeras técnicas. Se han encontrado diversos artículos relacionados con esta clase de proyectos, así como investigaciones sobre de qué manera en el siglo XXI el hombre continuó con la arquitectura en tierra con sus viviendas. Por ejemplo, está el estudio de Sánchez, en el que se menciona que en el siglo XXI se construyeron las casas en bahareque y que la arquitectura de los centros históricos y de los sectores urbanos y rurales fue en adobe, bahareque y tapia pisada (Sánchez, 2007).

La tierra, como material, es objeto de diversas investigaciones en el siglo XXI, y con

mayor razón en una sociedad que está pensando actualmente en materiales que impulsen la preservación del medio ambiente y en mitigar la contaminación que ha crecido con el paso del tiempo. Al respecto, autores como Vázquez (2001), Rivero (2007), Bestraten *et al.* (2011) y Zuleta (2011) mencionan que la tierra ha vuelto a tomar fuerza por ser un material sostenible, y que se hace necesario evaluarla por su bajo impacto ambiental y sus características que logran mitigar la contaminación.

En este sentido, las investigaciones apuntan a dos grandes áreas: aquellas que investigan las construcciones con tierra y sus características como técnica constructiva, y las encaminadas a la construcción sostenible utilizando la tierra como material.

En la primera categoría se hace énfasis en las diferentes técnicas de construcción que están hechas a partir de la tierra; tal es el caso del adobe, la tapia, los bloques de tierra comprimida (BTC), el bahareque, entre otras. Arteaga *et al.* (2011) consideran que, pese a que este tipo de construcción es usado en Colombia y que ha logrado evolucionar y moldearse para que funcione según las características deseadas, es poca la investigación que se produce en relación con el tema. Por otra parte, estos autores (2011) dicen que la humanidad ha estado buscando alternativas que ayuden a reducir el impacto medioambiental de las construcciones, aprovechando adecuadamente todos los recursos que ofrece la naturaleza. Cabe anotar que en este punto es en el que se relaciona la segunda categoría.

Las construcciones sostenibles en el siglo XXI tienen ciertos criterios y puntajes que definen si una construcción corresponde a

esos principios. En este segundo grupo se toma en cuenta la importancia de las construcciones sostenibles en Colombia, con la tierra como material esencial para estas. Es importante resaltar el artículo “Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia”, de Acevedo *et al.* (2012), en el que se indica que la construcción es uno de los principales responsables del gasto energético y de materia prima del planeta, y es por este motivo que las investigaciones se han orientado a demostrar que la tierra ha surgido como un material sostenible y, aunque no es un material nuevo, por sus características se puede emplear en la actualidad, pues es un material con capacidad expresiva y que mitiga el impacto ambiental (Bestraten *et al.*, 2011).

Sobre la construcción con tierra existen varios prejuicios de los que se habla en distintas investigaciones, ya que esta muchas veces es relacionada con lo tradicional, lo antiguo, la pobreza, y que no resiste lo suficiente o simplemente que no ha avanzado como para hacer construcciones modernas con este material. Así se destaca en el artículo “El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia”, del ingeniero Rivero (2007), en el cual se menciona que los materiales de tierra fueron desplazados por no ir acordes con la sociedad moderna; sin embargo, señala que no se ha demostrado que estos sistemas de construcción sean inseguros, sino que simplemente no son considerados modernos ni parte del sistema actual. Por su parte, el arquitecto Camilo Forero, docente en construcción e investigador enfocado en la rama de la tierra desde el año 2006, quien además ha experimentado con la tierra, en los talleres de construcción preguntaba a los estudiantes sobre su propio pensamiento acerca de las construcciones

en tierra, y ellos se referían a estas como casas viejas, oscuras, húmedas, destartadas. Pero, después de exponerles varias construcciones contemporáneas con el material, se dio cuenta de que su percepción cambiaba completamente (F. Camilo, comunicación personal, 2023)

La construcción en tierra en este país se ha venido desarrollando desde nuestros orígenes. Siempre hemos estado relacionados y familiarizados con este material y con esta clase de construcciones; sin embargo, como lo menciona Bestraten *et al.* (2011), las normativas de construcción en Colombia muchas veces no tienen en cuenta las técnicas de construcción con tierra. Actualmente existe la NSR-10 (Norma Sismorresistente), que contempla las construcciones en bahareque encementado en el Título E. En ella se señalan los requisitos mínimos que deben cumplir las casas para obtener un grado de sismorresistencia óptimo, y se definen este tipo de construcciones como un sistema estructural que se construye con guadua o madera (o con ambas) y que se cubre con mortero aplicado sobre alambre (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010); pero no mencionan ningún otro sistema de construcción, a pesar de que en Colombia se maneja también la tapia pisada, el adobe y los BTC.

En definitiva, las investigaciones que se llevan a cabo en la actualidad contribuyen a entender las construcciones en tierra como una forma de mitigar la contaminación, y a comprender la evolución de estas para adaptarse a la modernidad. A pesar de que en Colombia aún existen construcciones con tierra en diferentes municipios, la tierra como material de construcción no es considerada

un material para elaborar construcciones modernas, debido a que existen algunos prejuicios al respecto. Así que, considerando lo anterior, la presente investigación busca establecer si en la actualidad las construcciones en tierra son sostenibles.

Características de la construcción con tierra

En el siglo XXI se ha retomado la idea de la construcción con tierra, gracias a las propiedades que este material aporta a la sostenibilidad y por ayudar a reducir el impacto ambiental de las construcciones (Bestraten et al., 2011). Por esto, a continuación se mencionarán algunas características que ofrece la tierra como material de construcción, teniendo en cuenta dos fases: la primera fase es la construcción de las edificaciones y las características de la tierra durante el proceso de construcción; y la segunda fase se refiere a las características de estas construcciones en cuanto al uso habitable de la edificación, la cual incluye su fase final, que sería cuando termina el ciclo de vida de la edificación.

Fase 1: Características de las construcciones con tierra durante su proceso

- La tierra como material de construcción es de fácil acceso, pues cualquier tipo de tierra se puede usar para esta actividad y se puede obtener fácilmente en el entorno. Desde luego, pueden influir en la duración de la construcción las diferentes clases de tierra, o si esta es mezclada con otros materiales cercanos, pues estos ayudan a la estabilidad en la construcción. De todos modos, el empleo de la tierra será más

respetuoso con el medio ambiente (Muñoz y Esteban, 2011). Además, según Arias y Blanco (2014), como la tierra se puede obtener del mismo lugar donde se va a construir, se convierte en uno de los materiales más ecológicos, y al ser un material del mismo sitio, se pueden reducir costos en transporte.

- Uno de los beneficios que tienen las construcciones con tierra es que este material puede ser producido sin energía o con un bajo costo energético, pues durante la fabricación se utilizan fuentes de energía limpias, no se requiere llevar los materiales a altas temperaturas ni agregar químicos u otros materiales adicionales (Vázquez, 2001). Adicionalmente, como lo resaltan Bestraten *et al.* (2011) y F. Camilo (comunicación personal, 2023), la producción de los materiales hechos con tierra para la construcción es sencilla, lo cual significa que esta no requiere de cocción, por lo tanto, reduce el costo energético, comparándolo con el de los ladrillos y el concreto, en el que la energía requerida es muy alta.
- La tierra tiene un porcentaje de humedad que varía de acuerdo con el lugar e incide directamente en la cantidad de agua que se debe utilizar al hacer la mezcla, por consiguiente, se está reduciendo el consumo hídrico (F. Camilo, comunicación personal, 2023).

Fase 2: Características de las construcciones con tierra mientras son habitadas

- La tierra como material de construcción posee propiedades que benefician el

proyecto cuando este sea habitado; en primer lugar, cuando se usa la tierra no será necesario que cuente con aislantes, gracias a que ofrece un confort térmico interior por su gran capacidad de almacenamiento de calor en relación con la considerable masa que conforma sus muros (Martin, 2004), y proporciona, igualmente, un equilibrio térmico en las diferentes etapas del año. Esto lo comprueba Lina Pieruccini, en su vivienda construida en tierra, ubicada en Barichara, Santander; ella dice que vivir ahí le ha cambiado completamente la calidad de vida, siente que su vivienda está viva, como la naturaleza, disfruta de la frescura en las horas del día y del calor en las noches frías (P. Lina, comunicación personal, 2023). Y Darío Angulo, por su parte (comunicación personal (2023), arquitecto y gerente de tierraTEC, con 40 años de funcionamiento, dice que en sus proyectos en los condominios más prestigiosos, aunque se han instalado chimeneas y sistemas artificiales para regular el clima interior de la construcción, no ha sido necesario utilizarlos, gracias a que la tierra ayuda muy bien al equilibrio térmico interno.

- Acústicamente, la tierra no transmite las ondas sonoras correctamente, lo que evita el ruido y que estas se extiendan por gran parte de la edificación (Loaiza y Bautista, 2017), brindando así un mejor confort interior.
- Como la tierra no es un material inflamable, se evitan los incendios y su propagación, y esto ayuda a prolongar el ciclo de existencia del proyecto construido en tierra (Zuleta, 2011).

- La tierra para construcción en muchos casos puede ser extraída del entorno natural y puede volver a este una vez termine su ciclo de existencia, lo que posibilita su reciclaje, incluso durante su habitabilidad, para ser reutilizada en nuevas etapas de remodelación del proyecto; además, no ocasionará problemas de degradación ambiental ni alterará las condiciones bioclimáticas (Gatti, 2012), siempre y cuando, previamente no se haya mezclado con materiales externos. Un ejemplo de lo anterior es el adobe, ya que es un sistema de construcción que no posee sustancias tóxicas, por lo que si esta llega a su final de vida útil, se puede regresar al medio ambiente (Bestraten et al., 2011). Esto lo respalda el ingeniero civil Santiago Rivero, quien desde el año 1997 ha estado investigando y trabajando con la tierra para las construcciones; él afirma que la tierra al final del ciclo de vida se mezcla con su entorno, y menciona el caso del terremoto sucedido en Turquía en el presente año, pues si las construcciones afectadas por el sismo hubieran sido solo de tierra, estas se podrían mezclar con su entorno, pudiendo así ser reciclado todo este material en nuevas construcciones y reduciendo la huella ecológica (R. Santiago, comunicación personal, 2023).
- En las construcciones con tierra existen diversos factores que inciden directamente en su vida útil; Becerra et al. (2013) dicen que necesitamos tener en cuenta ciertos factores que afectan la construcción; unos dependerán de la naturaleza (la lluvia, el viento, la contaminación), otros variarán por la naturaleza del material (su porosidad,

composición química, resistencia mecánica). Estos factores pueden generar ciertas patologías en la construcción, las cuales se pueden evitar con un correcto mantenimiento durante su vida útil, para lo cual es necesario tener a disposición materiales semejantes a los utilizados para la construcción, evitando así alterar las propiedades del material y garantizando su prolongación en el tiempo.

En la construcción no solo hay que considerar el material que se va a emplear, también es importante atender la planificación de la obra, el diseño y la correcta gerencia del proyecto que se ha de construir con tierra.

Crterios de las construcciones sostenibles

Para esta investigación se tomará como definición de construcción sostenible la expuesta por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (s.f.), según la cual es aquella que se desarrolla con elementos y materiales con bajo consumo de energía, pues tiene un uso eficiente de los recursos. Además, los materiales que se emplean pueden ser reciclados. Esta clase de edificaciones están planteadas según diseños de bioarquitectura y son adaptables tanto al clima como a las necesidades de la sociedad, al tiempo que promueven la sostenibilidad.

En Colombia y en muchos países se ha impulsado en el siglo XXI la preservación del medio ambiente. Así fueron surgiendo diversos criterios de sostenibilidad aplicables a estas edificaciones para mitigar el impacto ambiental; pero hay que aclarar

que dichos criterios no son actualmente de carácter obligatorio en las construcciones, si bien es cierto que para disminuir la contaminación ambiental que se produce, las edificaciones deberían cumplir con varios de esos criterios.

En cuanto a los principios de sostenibilidad que se pueden implementar en las construcciones, partiremos del libro *101 Rules of Thumb for Sustainable Buildings and Cities*, de Heywood (2015), en el que se resaltan elementos como minimizar el consumo de agua y los residuos que provocan, optimizar el uso de recursos y energías, y disminuir las emisiones de CO₂, ya que, como lo menciona el propio autor (2015), empleamos la mitad de la energía del mundo para hacer funcionar las construcciones; además, las construcciones son responsables del 40 % de todas las emisiones de CO₂; de ahí la importancia de que desde el diseño arquitectónico se estudie todo lo relacionado con la edificación.

En este mismo orden de ideas, Rocha (2011) indica que los materiales que se utilicen también pueden beneficiar o perjudicar el medio ambiente, lo que depende del sistema de construcción, de cómo se utilicen dichos materiales, de los recursos que requieran estos para su fabricación. Así que es importante pensar cómo afecta cada elemento que se propone en el medio ambiente y en el futuro del planeta.

Por otra parte, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2012) elaboró la cartilla sobre criterios ambientales para el diseño y la construcción de vivienda urbana, en la que se especifican tres tipos de arquitectura. Para nuestro caso, se tendrá en cuenta la arquitectura sostenible, que estudia el impacto del proyecto en el

tiempo, desde su construcción, el uso que se le da a las edificaciones (gasto de agua, energía etc.), hasta su demolición y los desechos que esta deja.

Los principios de sostenibilidad, según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012), son los siguientes: aplicar variables bioclimáticas, que estudien los materiales de construcción según su disponibilidad y accesibilidad local; que las tecnologías y materiales mitiguen la cantidad de CO₂ desde la producción del material, el transporte de este al lugar de implantación, el proceso de construcción que se le da a la edificación, su uso, y la disposición final de estos materiales; disminuir costos energéticos y que los proveedores en lo posible tengan certificaciones ambientales. Teniendo en cuenta estos principios podemos vincular la sostenibilidad en los proyectos de construcción, solucionando los problemas actuales que, de igual forma, influyen en el futuro. Pues, como lo advierte el WorldGBC (2008, citado por Acevedo et al., 2012, p107), si incluimos las construcciones sostenibles, podemos “generar una reducción del 35% en las emisiones de CO₂, un ahorro en el consumo del agua y energía del 30 al 50%, y una disminución de los costos por disposición de residuos sólidos de hasta el 90%”.

A raíz de la implementación de las construcciones sostenibles surge la necesidad de calificar estas edificaciones. Es por esto por lo que en el mundo se crearon diversas certificaciones. El World Green Building Council (WGBC, s.f.) las define como herramientas de calificación para evaluar edificios que cumplen ciertos requisitos de sostenibilidad. Estas se pueden aplicar a todas las etapas de los proyectos, buscan también recompensar a las edificaciones

que apliquen las estrategias de sostenibilidad. El WGBC reconoce 58 certificaciones existentes en el mundo, dentro de las que se encuentran: BREEAM, LEED, EDGE, HQE, GREEN STAR, entre otras. En Colombia, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS, s.f.) desarrolló CASA Colombia, un instrumento de certificación que está reconocido por el WGBC, el cual incluye el concepto de sostenibilidad integral, que tiene nueve categorías de evaluación: responsabilidad social, diseño integrativo, sostenibilidad en el entorno y de obra, eficiencia de materiales, de agua, de recursos y de energía. Este instrumento se puede solicitar ante el CCCS, en caso de querer certificar la construcción.

La certificación CASA Colombia en un proyecto de construcción se puede aplicar a partir de una correcta gerencia de esta. En este artículo se aborda lo referente a la materialidad, porque, la tierra, como material de construcción, cumple varios criterios de esta certificación, que ayudan a reducir el deterioro ambiental, los cuales se explican a continuación.

Resultados

Para llegar a los resultados de esta investigación, se inició por medio de una búsqueda de antecedentes de la construcción con tierra en Colombia. Posteriormente, se hallaron las características de este tipo de construcciones por medio de entrevistas e investigación científica y, por último, se determinaron los principios de sostenibilidad de estas construcciones.

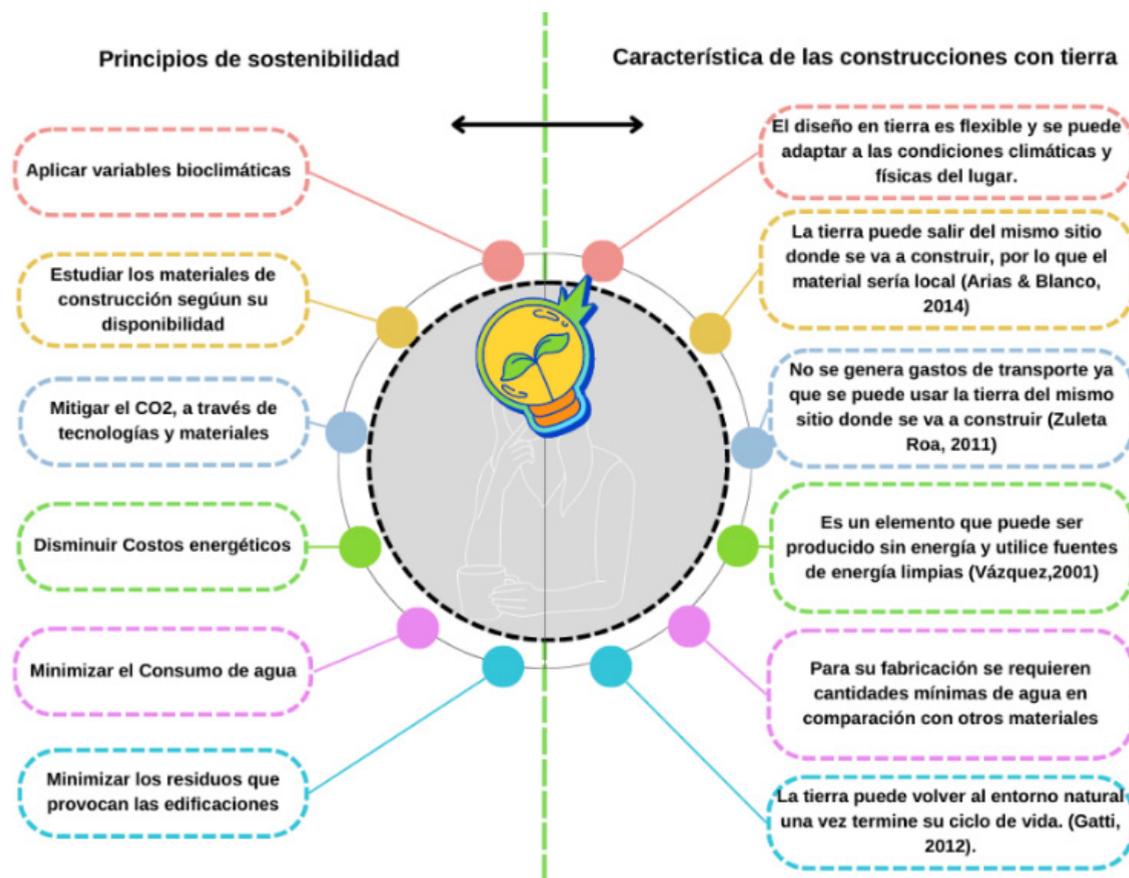
Por otra parte, las construcciones sostenibles en Colombia se pueden certificar no

solo bajo parámetros internacionales, sino también a través de CASA Colombia. Estas herramientas ayudan a impulsar las construcciones sostenibles en el país, pues se obtienen algunos beneficios para aquellas que estén certificadas, tales como aplicar a los beneficios que se mencionan en la Resolución 463 de 2018, las tasas de

interés en créditos son preferenciales, se promueve la innovación, entre otros beneficios. A continuación, en las figuras 1 y 2 se exponen los principios de sostenibilidad y los criterios de evaluación de CASA Colombia que son aplicables a las construcciones con tierra, con el fin de identificar la sostenibilidad de estas.

Figura 1.

Características de las construcciones con tierra aplicadas a los principios de sostenibilidad



Fuente: elaboración propia

Figura 2.
Comparación entre las características de la tierra y los criterios de evaluación

OBJETIVO DEL CRITERIO DE EVALUACIÓN	CARACTERÍSTICAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA
MANEJO DE LA ESCORRENTÍA	
Mantener un balance hídrico y un buen manejo del agua.	El sistema constructivo necesita tener un buen manejo del agua por el material a implementar (tierra) de igual forma, los materiales no tienen sustancias tóxicas que afecten el balance hidrológico.
GESTIÓN INTEGRAL DE LOS IMPACTOS NEGATIVOS DE LA CONSTRUCCIÓN	
Mitigar la contaminación del suelo, del agua, y alcantarillados que se generen por los residuos de la construcción	Al no usar materiales contaminantes, los residuos de la construcción en su mayoría pueden retornar a su entorno natural sin contaminar el suelo y el agua, siendo así, éste podrá ser reciclado
GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DURANTE LA CONSTRUCCIÓN	
Mitigar la contaminación del aire durante la construcción.	En el proceso constructivo con tierra se puede minimizar el CO ₂ . Ya que el material se encuentra en el sitio, lo que reduce los viajes y transporte de material.
ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
Mejorar las condiciones energéticas según medidas activas y pasivas.	Las construcciones en tierra tienen buena inercia térmica, según su diseño se pueden implementar medidas de iluminación natural.
PRIORIZACIÓN DE PRODUCTOS CON ATRIBUTOS MÚLTIPLES DE SOSTENIBILIDAD	
Impulsar los materiales sostenibles en el proceso constructivo del proyecto	La tierra como material sostenible, incluye diversos criterios ambientales, disminuyendo el gasto de recursos; gracias a su proceso de producción mitiga la contaminación al usar energías limpias.
ESPECIFICACIÓN DE PRODUCTOS Y MATERIALES DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL	
Utilizar materiales de bajo impacto ambiental	La construcción con Tierra disminuye el uso de recursos del medio ambiente, para su elaboración requiere poca agua y energía, al estar en el sitio disminuye la contaminación que deja el transporte.
ORIGEN REGIONAL DE LOS PRODUCTOS Y MATERIALES	
Implementar materiales que hayan sido extraídos, y producidos en un sitio cercano al lugar del proyecto.	La tierra es un material que sirve en cualquier construcción, se le pueden añadir elementos adicionales y se puede utilizar la tierra del mismo lote donde se implantará el proyecto, por lo que es un elemento regional.

Fuente: elaboración propia

Lo anterior indica que la tierra como material de construcción es sostenible, en cuanto cumple con criterios de certificación nacional, que evidencian todos los beneficios que se obtienen con esta. No serán solo beneficios durante la construcción, también durante toda la vida de esta, y en el futuro no comprometerá a las nuevas generaciones con el deterioro medioambiental que se está generando actualmente.

Ahora, en cuanto a los costos de la construcción, es necesario tener en cuenta que

el material tendrá que ser explotado en el entorno del proyecto o de su propia cimentación, lo que requiere mano de obra. El tiempo para la fabricación de bloques de BTC varía si la máquina es automática o manual semiautomática, y la disponibilidad de esta para el proyecto. Además, por cada unidad de bloque se necesitará 1 litro de agua, que retorna posteriormente a la naturaleza por medio de evaporación; el precio de la unidad de bloque de BTC varía en tierra TEC –a la fecha, va desde los 1900 hasta los 2800 pesos

colombianos por unidad—. En la fase constructiva, las herramientas que se usan son las mismas de una vivienda convencional y el tiempo varía según el área construida; pero, en promedio, construir una vivienda se puede demorar seis meses (A. Darío, comunicación personal, 2023). En la elaboración de estos bloques se tiene que pasar por un proceso posterior a la extracción de la tierra, el cual comprende el tamizado, mezclado y estabilizado; después de esto, se necesitará contar con una máquina llamada CIMVARRAM, que comprimirá la tierra; se requieren aproximadamente de dos a siete días para que estos bloques sequen correctamente. Este secado es similar al de los bloques de adobe (Arteaga et al., 2011).

Las construcciones con tierra dependerán de lo que se necesite hacer, de las condiciones del entorno y la mano de obra. El arquitecto Camilo Forero dice que, a la fecha, el valor unitario de un bloque de BTC estabilizado está a 450 pesos, incluyendo mano de obra, máquinas, el material y la cal. En lo referente al jornal, dos trabajadores usando una máquina sencilla producen 250 unidades de bloques. Posteriormente, en el secado de estos bloques, se necesitan 28 días, pero si son tipo Lego, se podrán utilizar a partir del día 16. Adicionalmente, la cantidad de material varía dependiendo de la disposición de los bloques, es decir, si se disponen en soga, se necesitarán 33 unidades; en tizón, se necesitarán 62 unidades; y en soga y tizón, 21 unidades, teniendo en cuenta que la dimensión del bloque es de 29 x 14.5 x 9.5 cm. Y las herramientas que se utilizan son palas, mangueras, zaranda, CINVA-RAM, ACPM, brochas y baldes (F. Camilo, comunicación personal, 2023).

Discusiones

A lo largo de los años, el sector de la construcción en Colombia ha evolucionado significativamente en aspectos como materiales, procesos constructivos, tiempos en el desarrollo de los proyectos, gerencia de estos, y otros avances tecnológicos que han permitido optimizar las construcciones en el país; sin embargo, muchas veces esa evolución ha dejado de lado la preservación del medio ambiente, pues la construcción es uno de los sectores que más lo impactan, debido a que se explotan recursos no renovables; además, dentro del proceso constructivo queda una gran cantidad de residuos, escombros y demolición (Serrano et al., 2015). Por este motivo, es urgente mitigar el impacto ambiental en este sector.

Por el contrario, las construcciones con tierra sí son sostenibles, si se toma en cuenta que la sostenibilidad en la construcción es la relación entre lo construido y el entorno natural. En efecto, la tierra, como material para construir, cumple con varios principios de la sostenibilidad. Esto lo confirma el arquitecto Darío Angulo, gracias a su experiencia en construcción con tierra. Él se refiere al éxito que han tenido estas construcciones en condominios de casas lujosas, porque, aunque en estos proyectos se han incluido sistemas de calefacción como chimeneas, estas no han tenido que utilizarse para poder mantener caliente el interior de la vivienda durante las noches, gracias a la inercia térmica de la tierra (A. Darío, comunicación personal, 2023). Es ahí donde se puede demostrar que el confort en el interior de las edificaciones es óptimo, y que no se requieren elementos adicionales, ya que la tierra misma los genera. Esto, a su vez, disminuye el gasto energético.

En igual sentido, Camilo Forero (comunicación personal, 2023) también menciona que estas construcciones aplican eficiencia térmica y pone como ejemplo su vivienda construida con este material, la cual, gracias a las características de esta construcción, aprovecha durante el día la luz solar, recibiendo así la mayor cantidad de calor.

En el presente artículo se identifica que otros profesionales también promueven las construcciones en tierra, debido a sus beneficios. Como es el caso de Darío Angulo (comunicación personal, 2023), quien afirma que, para poder aprovechar al máximo las virtudes de la tierra, es necesario tener en cuenta, ante todo, la importancia de conocer la tierra, el lugar de implantación del proyecto, así como saber que técnicas de construcción con tierra son más útiles, dependiendo de las condiciones climáticas del entorno. Santiago Rivero (comunicación personal, 2023) igualmente considera que es importante conocer el entorno del proyecto, ya que, dependiendo de la humedad de la tierra del sector, varía la técnica de construcción. De modo que, para los gerentes de proyectos de construcción se hace indispensable conocer las condiciones del lugar en el que se va a desarrollar el proyecto; reconocer las técnicas de construcción apropiadas, según el tipo de suelo y las condiciones ambientales; y, de igual forma, concebir el proyecto con un diseño bioclimático, para lograr un confort en las edificaciones. Por ningún motivo se deben pasar por alto las necesidades de los usuarios que habitarán estas construcciones, y para ello, siempre se les debe dar a conocer la técnica, tanto para su mantenimiento como para la forma en que habitarán la construcción.

En lo que concierne a la normativa, Darío Angulo (comunicación personal, 2023) nos informa que los bloques de BTC que él utilizó, están regulados por la norma Icontec NTC 5324 (Icontec, 2004). En este punto cabe señalar la importancia de incluir estas técnicas constructivas en manuales y normativas, a fin de producir algunos estándares guía de estas construcciones con diferentes técnicas de construcción, ya que estas aportan a la sostenibilidad ambiental.

En este artículo se halló gran similitud entre los resultados de los estudios de los autores consultados en la investigación bibliográfica y las opiniones de los profesionales de la construcción con tierra, que fueron consultados a través de entrevistas personales. Efectivamente, se evidencian semejanzas en cuanto a las características de este tipo de construcciones, tales como los beneficios previos a la obra, la fácil obtención del material, y la utilidad en términos de confort interior y de la posibilidad ya sea de reciclar el material al final de la existencia del proyecto o simplemente de que este material se mezcle con su entorno, gracias a sus propiedades naturales. De igual manera, dependiendo de la experiencia y la técnica de construcción, cada profesional agregaba diversas sugerencias, como por ejemplo, un método para almacenar el material o la experimentación que se lleva a cabo con esta construcción.

Conclusiones

- Las construcciones con tierra sí son sostenibles, puesto que sus características cumplen con los principios de sostenibilidad; además, están respaldadas por varios de los criterios de evaluación de la certificación CASA

Colombia. En este punto es importante mencionar que, aunque los principios de sostenibilidad no son de obligatorio cumplimiento, estos deberían aplicarse en todas las edificaciones, si realmente se busca ayudar a disminuir la contaminación ambiental que ocasiona el sector de la construcción.

- Una solución para mitigar el impacto ambiental que producen las construcciones es utilizar la tierra como material, ya que en esta clase de edificaciones se emplean pocos recursos del medio ambiente; adicionalmente, su gasto energético es mínimo, se pueden fabricar los elementos con muy poca energía, y los costos disminuyen en cuanto al transporte, pues se puede usar el mismo material del sitio en el que se va a desarrollar el proyecto, lo cual, además, disminuye el CO₂. Para la elaboración de los elementos de construcción con tierra se requiere un gasto de agua mínimo en comparación con otras técnicas constructivas, y, por otra parte, cuando la edificación termine su ciclo de vida, y si el material no fue alterado, este puede volver al medio natural; lo cual significa que disminuye la cantidad de residuos o escombros que provocan las construcciones.
- En este artículo de investigación se identificaron los aportes sostenibles de las construcciones con tierra, a través de los antecedentes investigativos, la determinación de las características de esta técnica y, por último, estableciendo los principios de sostenibilidad que se aplican a esta técnica. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, ya que según fuentes bibliográficas y entrevistas a conocedores de la técnica,

se pudo comprobar que las características de este material cumplen con los principios de sostenibilidad ambiental.

- La construcción con tierra se emplea en la actualidad en muchos municipios de Colombia; pese a ello, normas como la NSR-10 solo contemplan el bahareque encementado y no las diferentes técnicas, como el adobe, la tapia pisada, entre otras. Por lo tanto, se recomienda que estas se empiecen a tener en cuenta en normas, manuales y guías de construcción.

Referencias

- Acevedo, H., Vásquez, A. y Ramírez, D. A. (2012). *Sostenibilidad: actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia*. *Revista Gestión y Ambiente*, 15(1), 105-118. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/41521/30825-111602-1-PB.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Arias, J. y Blanco, J. (2014). la tierra en la construcción de cerramientos con materiales de reciclaje. En *X CIATTI 2013. Congreso Internacional de Arquitectura de Tierra Cuenca de Campos, Valladolid*. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/22337>
- Arteaga, K., Medina, O. y Gutiérrez, Ó. (2011). *Bloque de tierra comprimida como material constructivo*. *Revista Facultad de Ingeniería*, 20(31), 55-68. <https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/1421>
- Becerra, J. E. B., Pérez, N. C. y Villalba, L. S. G. (2013, 16 oct.). Diagnóstico de patologías, caracterización mineralógica y estructural de la tapia pisada del Paredón de los Mártires (Bien de Interés Cultural Colombiano) para trabajos de restauración. En *3er. Congreso Iberoamericano y XI Jornada. Técnicas de restauración y conservación del patrimonio*. La Plata, Argentina. <https://digital.cic.gba.gob.ar/items/885b389c-e293-491b-a13a-c20f046c49a6/full>
- Bestraten, S., Hormías, E. y Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*, 63(523), 5-20.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (s.f.). *Casa Colombia sostenible y saludable*. CASA Colombia. <https://casa.cccs.org.co/>
- Gatti, F. (2012). *Arquitectura y construcción en tierra. Estudio comparativo de las técnicas contemporáneas en tierra*. [Tesina], Universidad Politécnica de Catalunya. <https://core.ac.uk/download/pdf/41807254.pdf>
- Heywood, H. (2015). *101 Rules of Thumb for Sustainable Buildings and Cities*. Gustavo Gili.
- Icontec. (2004). *Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega*. (Norma NTC 5324). <https://tienda.icontec.org/gp-bloques-de-suelo-cemento-para-muros-y-divisiones-definiciones-especificaciones-metodos-de-ensayo-condiciones-de-entrega-ntc5324-2004.html>
- Loaiza, N. y Bautista, J. D. (2017). *Características de la construcción sostenibles y la construcción tradicional*. *Semillas Ambientales*, 11(2), 26-40.
- Martin, J. (2004). Construcción en tierra: aporte a la habitabilidad. En *1er. Seminario Construcción con Tierra FADU-UBA*. Universidad de Buenos Aires. <https://publicaciones-cientificas.fadu.uba.ar/index.php/construccionc tierra/article/download/932/1371>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (s.f.). *Construcción sostenible*. Minambiente. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/construccion-sostenible/#:~:text=Es%20un%20proceso%20hol%C3%ADstico%20que,y%20procesos%20de%20operaci%C3%B3n%20y>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Cartilla criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*. Minambiente. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/cartilla-criterios-ambientales-diseno-y-construccion-de-vivienda-urbana/>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). *Reglamento colombiano de construcción sismo resistente NSR-10*. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

Muñoz, M. del R. y Esteban, A. (2011). La evolución de los sistemas constructivos en tierra. En *Construcción con tierra. Tecnología y Arquitectura. Congresos de arquitectura de tierra en Cuenca de Campos 2010/2011*. Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid (pp. 57-68). https://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2011/2011_9788469481073_p057-068_delrio.pdf

Rivero, S. (2007). El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 354-363.

Rocha, E. (2011). *Construcciones sostenibles: materiales, certificaciones y LCA. Nodo: Arquitectura. Ciudad. Medio Ambiente*, 6(11), 99-116.

Rotondaro, R. (2007). Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 342-353.

Sánchez, C. E. (2007). *La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas*. *Apuntes: Revista de Estudios sobre Patrimonio Cultural*, 20(2), 242-252.

Serrano, A., Quesada Molina, F., Catalán, M., Guillen, V. y Orellana, D. (2015). Sobre la evaluación de la sostenibilidad de materiales de construcción. *Arte y Sociedad, Revista de Investigación*, (9). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5227715>

Vázquez, M. (2001). Construcción e impacto sobre el ambiente: el caso de la tierra y otros materiales. *Informes de la Construcción*, 52(471), 29-43.

World Green Building Council. (s.f). *Sustainable Building Certifications*. Worldgbc <https://worldgbc.org/sustainable-building-certifications/>

Zuleta, G. (2011). La arquitectura en tierra: una alternativa para la construcción sostenible. *Hábitat Sustentable*, 1(1), 35-39.