

Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana

Pathology of construction in raw land in the ecuadorian area

Lenin Lara Calderón ¹

Resumen:

La tierra es un recurso natural accesible, fácil de encontrar, de bajo costo y se utiliza tanto en la construcción de soluciones habitacionales sencillas como en edificaciones complejas. La tierra se puede manipular en el sitio de trabajo, no necesita ser transportada, quemada o altamente trabajada; con el uso y la técnica apropiada, la construcción tradicional ancestral en tierra cruda puede mantener ese patrimonio intangible que ha perdurado hasta nuestros días. La investigación plantea el estudio del proceso patológico por el cual se encuentran atravesando algunos ejemplos de mampuestos en tierra cruda de la geografía andina ecuatoriana, considerando la técnica constructiva con la que se elaboraron, sus tipologías y las particularidades que afectan estos muros. La metodología utilizada se basa en la sistematización del diagnóstico de la edificación apoyado en la visita al sitio, ficha técnica, esquemas, fotografías, apuntes del estado patológico del bien inmueble, etc. de las muestras seleccionadas. El trabajo plantea una presentación inicial de las definiciones tradicionales de la arquitectura en tierra como son el adobe, el tapial y el bahareque; luego se esboza una breve representación de los sistemas constructivos tradicionales en tierra para mampuestos y la exposición de ejemplos extraídos de la zona andina. Se establecen algunas pautas generales que permitan ofrecer respuestas a las patologías evidenciadas en los casos estudiados, fundamentadas en criterios técnicos y así encontrar argumentos conservacionistas a los deterioros patológicos.

Palabras claves: construcción en tierra, patología constructiva, arquitectura vernácula sostenible.

Abstract:

Land is an accessible, easy-to-find, inexpensive natural resource and is used both in building simple or complex housing solutions. Land can be manipulated on-site, it does not need to be transported, burned or heavily worked; with proper use and technique, traditional ancestral construction on raw land can maintain that intangible heritage that has endured to the present day. This research proposes the study of the pathological process by which some examples of raw land masonry of the Ecuadorian Andean geography are going through, considering the constructive technique with which they were elaborated, their typologies and the peculiarities that affect these walls. The methodology used is based on the systematization of the diagnosis of the building based on the visit to the site, technical file, diagrams, photographs, notes of the pathological state of the real estate, etc. of the selected samples. The paper presents an initial presentation of the traditional definitions of architecture on land such as adobe, tapial and bahareque; then, outlines a brief representation of traditional building systems on land for walls and the exhibition of examples drawn from the Andean zone. Some general guidelines that allow to offer answers to the pathologies evidenced in the cases studied are established, based on technical criteria and thus to find conservationist arguments to the pathological deteriorations.

Keywords: land construction, constructive pathology, sustainable vernacular architecture.

¹ Arquitecto. Universidad Internacional del Ecuador – UIDE. Pontificia Universidad Católica del Ecuador – PUCE. Correo electrónico: leninlara@hotmail.com

Recibido: 22 de noviembre del 2016

Aprobado: 1 de junio del 2017

Introducción

La construcción en tierra cruda se encuentra tanto en soluciones habitacionales simples: chozas, bohíos o palafitos, hasta edificaciones de mayor envergadura, templos y palacios o asentamientos urbanos complejos; su dinamismo se manifiesta en la inercia térmica y la regulación higrométrica natural de sus espacios, permitiendo un ahorro económico sustancial en calefacción en invierno y aire acondicionado en verano, contribuyendo con el logro de “cero huella ecológica”, de acuerdo a los nuevos conceptos ambientales. En contraposición, está la desventaja de su fácil deterioro por factores atmosféricos como el viento, el agua, su simple erosión, disgregaciones y pérdidas de materia, o, incluso daños más frecuentes en la consolidación de sus mampuestos ya que se revelan fisuras, grietas y patologías mecánicas.

En Ecuador existe un importante patrimonio urbano-arquitectónico, edificado tradicionalmente en tierra cruda. Este patrimonio es especialmente representativo en las provincias de Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar, las cuales poseen una diversidad de pisos climáticos y ecosistemas: piedemontes de la llanura occidental, páramos andinos - glaciares y llanuras fluviales amazónicas, destacando la vocación productiva, agropecuaria, manufacturera, ambiental, energética y de servicios. Así, a efectos de la investigación se consideró el área rural de estas provincias, donde se evidencia gran número de construcciones tradicionales fundadas en tierra: adobe, tapial o bahareque.

Inicialmente, se había considerado una muestra de setenta y cuatro edificaciones, de las cuales se decidió procesar sólo a cincuenta, basado en la mayor cantidad de información existente, que correspondieran a tipología constructiva similares, fácil acceso a la zona de estudio y posibilidad de entrevistar al ocupante del inmueble.

La construcción en tierra cruda y su aplicabilidad

De acuerdo a información suministrada por Grandreau y Delboy (2010), el 17% de los lugares considerados “Patrimonio de la Humanidad” corresponden a edificaciones realizadas con tierra y alrededor del 30% de la población mundial vive en casas donde se ha incluido este material en el soporte, arranque, mampuesto o relleno, sin olvidar que los actuales sistemas constructivos utilizan agregados pétreos, manteniendo los mismos patrones técnicos en su composición. Por su parte, Fontaine y Anger (2009) afirman que la construcción en tierra podría llegar a ser la solución al déficit de vivienda a nivel mundial. La tierra cruda está disponible en muchos lugares del planeta y podría contribuir a su sostenibilidad atendiendo a razones ecológicas, sociales y económicas.

El término desarrollo sostenible, de acuerdo al Informe Brundtland presentado en 1987, consiste en “asegurar que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad

de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Naciones Unidas, 1987, p.23). En la Conferencia de la Tierra de las Naciones Unidas celebrada en Río de Janeiro en 1992, se genera la llamada de responsabilidad y conceptualización del desarrollo sostenible como la mejora de las condiciones de vida de la población en términos económicos y sociales, en armonía con la salvaguardia futura del patrimonio natural, lo cual podría vincularse directamente con la construcción tradicional en tierra, ya que en su concepción se encuentra la utilización de materiales locales, los factores económicos y sociales de la construcción comunitaria y su escala territorial.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) presenta a la construcción con tierra cruda como una alternativa viable sostenible de ciclo cerrado (OCDE, 2003) por cuanto los mampuestos de tierra cruda, al momento de su construcción, usan materiales locales, naturales, que no contaminan la edificación; tiempo después, al momento del desgaste o ruina, dicha materialidad regresa a su estado primario básico que es “la misma tierra”. Este ciclo no pasa con construcciones que se basan en tierra cocinada o con materiales contaminantes para el ambiente.

En la figura 1 se hace referencia a la construcción en tierra cruda a nivel mundial señalada por Grandreau y Delboy (2010), quienes describen que alrededor de 1/5 de los sitios patrimoniales tienen como base la construcción en tierra, así mismo, se indican las zonas con construcción en tierra existentes en el Ecuador.

En Ecuador, la arquitectura vernácula o arquitectura sin arquitectos (Rudofsky, 2000) refleja una respuesta a la cosmovisión, cultura y etnia de la población, al material constructivo elemental que tiene cada región geográfica y a las características meteorológicas zonales; es así como la arquitectura es producida espontáneamente por el pueblo como un resultado de su imaginario colectivo ancestral, de la necesidad esencial de refugio; o, de la manifestación actual de una tendencia innovadora hacia la arquitectura sostenible.

Las cuatro regiones geográficas del territorio ecuatoriano son parte de este dinamismo evolutivo constructivo en tierra cruda, los vestigios de arquitectura vernácula reflejan esta evolución. Construcciones como el “adobe muro a mano, secado al sol” (PNUD y CNUAH - HABITAT, 1987), “tapial muro de tierra entre tablas” (PNUD, CNUAH - HABITAT, 1988) y el “bahareque entretejido de madera, carrizos o cañas con tierra” (Minke, 2000) fueron parte del proceso constructivo llevado a cabo en el país.

Las edificaciones en tierra reflejan la necesidad particular de hábitat; se han creado espacios que responden indistintamente a la variedad de pisos climáticos, es así como en climas cálidos las construcciones en tierra establecen márgenes de temperaturas constantes, pues sus mampuestos transpiran; mientras la temperatura ambiental sube, el agua se condensa en la superficie de los muros de tierra y paulatinamente se evapora, básicamente por las propiedades físicas compositivas de la tierra: arcilla, arena y limos (FAO, 2015).

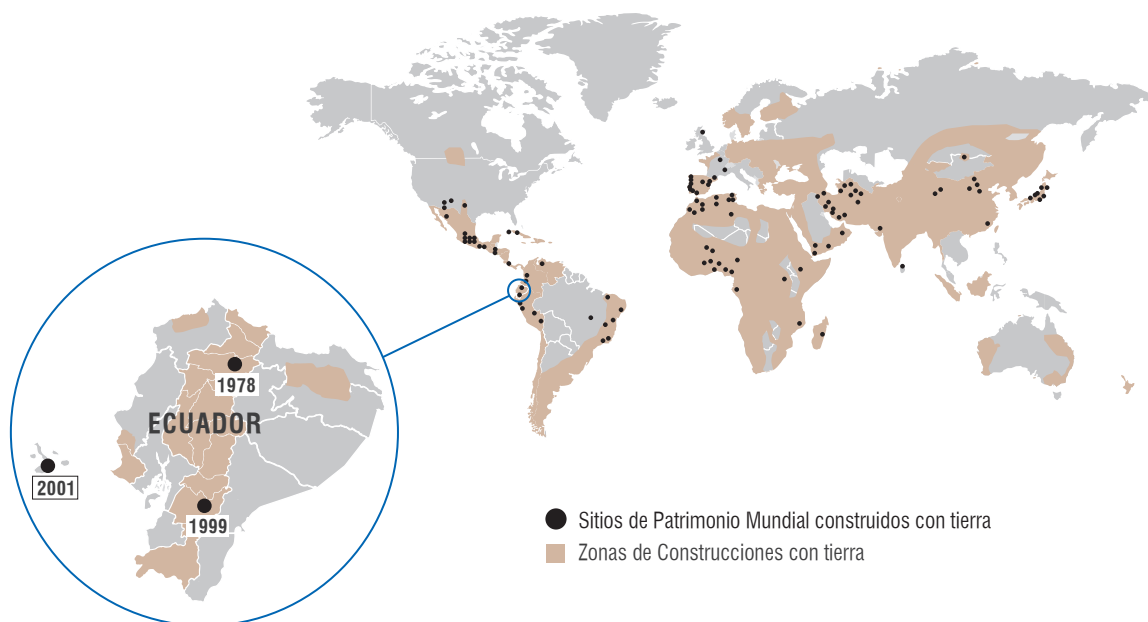


Figura 1. Construcción en tierra cruda. Contexto mundial y local.

Fuente: Elaboración propia basada en Grandreau y Delboy (2010).

Tipologías constructivas de arquitectura en tierra cruda

La arquitectura andina en tierra cruda se clasifica en tres grupos:

Adobe muro a mano, secado al sol.

Se trata de una técnica constructiva muy antigua, cuyo nombre proviene del árabe (*al-tub*). Es una masa de barro (arcilla y arena) mezclada con paja o algún tipo de fibra del lugar, que se la moldea en forma rectangular como ladrillo y se la seca al sol; existen múltiples ejemplos de edificaciones realizadas con esta técnica (Maldonado y Vela, 1999). Con respecto al proceso constructivo de mampuestos de adobe, el conocimiento ancestral en el área andina destaca lo siguiente:

- En la elección de la tierra como materia prima, se considera que posea en su composición a más de arcilla, arena y limos, algún material fibroso orgánico; dentro de los materiales fibrosos accesibles en la región, se encuentran la paja y el estiércol animal. El equilibrio de la proporción de los componentes es muy importante ya que aporta firmeza a la construcción.

- El proceso de amasado o mezcla de los elementos del adobe se debe realizar en un lugar seco y fresco, que brinde las facilidades para que esta argamasa pueda acoplarse fácilmente por el pisado constante en el proceso de elaboración.

- A la argamasa generada se le debe añadir paja picada, con el objeto de aumentar la resistencia del adobe e impedir que este se agriete o quiebre; como lo señala Donoso (1986, p.27) se trata de una "...masa de barro generalmente mezclada con paja cortada"; en la técnica hispana, usualmente, se empleaba pastos trillados de centeno.

- A la argamasa generada se le debe añadir paja picada, con el objeto de aumentar la resistencia del adobe e impedir que este se agriete o quiebre; como lo señala Donoso (1986, p.27) se trata de una "...masa de barro generalmente mezclada con paja cortada"; en la técnica hispana, usualmente, se empleaba pastos trillados de centeno.

- La mezcla de tierra, agua y paja, una vez trabajada y consolidada, se la transporta en cuencos desde la amasadera hasta una zona plana, fresca y seca, donde se procede a la colocación en los moldes, cajoneras o adoberas. Esta técnica empírica es descrita por Paniagua (2005, p. 31) como una "... masa de barro, generalmente moldeada en forma de ladrillo y secada directamente al sol, que se emplea en construcciones pobres".

- Para poder utilizar los moldes deben estar húmedos y aislados del contacto directo del suelo, para ello se usa la paja seca. Antes de poner la mezcla en los moldes, se esparce paja fina sobre las paredes de la cajonera, evitando que en el secado de la argamasa se adhiera a la misma, haciendo más difícil su extracción.

- Una vez preparado el molde, se vierte la argamasa, tratando de cubrir toda la superficie; mediante golpes laterales aplicados a la adobera, se logra un efecto de vibrado; posteriormente, se retira el molde del nuevo bloque de adobe y se deja secar.

- El proceso de secado se realiza al aire libre; durante varios días los bloques se rotan para que se sequen y oreen todas sus caras, con la finalidad de garantizar un secado homogéneo.

- Las medidas de los bloques de adobe varían según las zonas y el tipo de tierra disponible en ellas, aunque en general su

longitud está regulada en 33 cm de largo por 20 cm de ancho y 10 cm de alto. En el glosario de arquitectura se presentan otras variables para la modulación del adobe "...las dimensiones varían en el tiempo, los coloniales tuvieron 60 x 30 x 15 cm. Los adobes actuales miden 28 x 18 x 10 cm" (INPC, 2010, p. 9). Sin importar la medida, el objetivo era formar dos o tres hileras, juntarlas en una fila india, hasta completar una altura de 1 m.

- Los mampuestos de adobe, por lo general, tenían un zócalo, arranque o basamento para evitar el contacto directo con el terreno, este soporte es realizado con el mismo material.

- La experiencia en esta técnica indica que a los dos años de la fabricación, los bloques de adobes consiguen la máxima resistencia y durabilidad, de forma que no se producen asentamientos diferenciales en la consolidación de los mampuestos (Maldonado y Vela, 2002, p. 23).

- En los morteros generados para el revestimiento superficial o enlucido, normalmente usaban como aglutinante la cal, el yeso o finas arcillas, aunque en la técnica hispana se utilizó "...otro tipo de elementos o sustancias como eran sangre, azúcar, caseína de leche y hasta albúmina de huevo" (Cabrera, 2000, p. 18).

Tapial Muro de tierra entre tablas.

La técnica de la tapia de tierra compactada es, igualmente, muy antigua. Plinio el Viejo en el Siglo I d.C. en su *Naturalis Historia*, la define como un "...sistema constructivo de tierra entre tablas de molde, muy resistente a la intemperie y al fuego" (citado en Cayo, Huerta, Sánchez y González, 2007, p.1938 – 1962). Su aplicabilidad es acompañada, algunas veces, de una cadena inferior o zócalo de piedra.

- Los tapias tienen la misma composición de elementos constructivos que en el adobe; sin embargo, es imprescindible enmarcarse entre tablas o tapias, tal como lo define Paniagua (2005), "Muros construidos a base de trozos o tapia" (p.307).

- Los moldes de madera o tapialera² delimitan el perímetro interior y exterior de los mampuestos, apoyándose para el soporte, con travesaños, tirantes, estacas y elementos de contrafuerte que evitan el empuje del apisonamiento y del material.

- La tapialera construida con paneles de madera o tabla de monte enmarcan los muros de distinto espesor; el ancho del mampuesto perimetral será mayor al espesor de las paredes o divisiones interiores. La altura total se va alcanzando por fases de 60 cm a 90 cm; esto es porque el apisonamiento se realiza desde el exterior y podrían darse problemas de compactación del material del fondo.

- Se debe considerar un mayor refuerzo en los tableros de las esquinas, también llamados tajaderas, que se colocan en los límites o cierres laterales del muro, así como en los vacíos de los vanos, sean puertas o ventanas; donde es necesario evitar el empuje o esfuerzo del material al momento del apisonado.

- Las esquinas y encuentros perpendiculares poseen un trabajo diferenciado que suele ejecutarse al montarlos sobre un machón³ de piedra o zócalo ya construido, abriendo en éste, huecos para incluir unas trabas; o, también suele construirse a ras de suelo, levantando el zócalo dentro de la tapia. En ambos casos, es necesario tender a escuadra la esquina para alinear perfectamente los moldes.

- El muro de tierra se va construyendo en hiladas de 10 a 20 cm de altura, el cual se va compactando a golpe de pisón, tratando de tener así una capa compacta y resistente; en algunos casos, se usa piedra o gravilla como elemento de soporte para mejorar la resistencia.

- El proceso se repite con la misma técnica, capa de tierra húmeda, golpe de pisón, mayor refuerzo y control en los encuentros y esquinas, y, entre capa y capa, el aspergeo de tierra seca hasta alcanzar la altura del molde.

- Al terminar la primera altura del molde y proseguir con las siguientes, es bueno raspar en fresco la cara superior, con esto se mejora la adherencia de la siguiente hilada. El bloque de tierra compactada, expuesto a la intemperie, irá perdiendo, progresivamente, la humedad y ganando, a su vez, en consolidación y resistencia al secarse totalmente.

- En la última hilada tendrá que trabajarse con mayor detalle pues se remata como una cadena superior o durmiente, en esta se suelen generar elementos de arriostamiento que permiten la incorporación de piezas de madera u otros elementos de soporte de muro para la suspensión de la cubierta o entrepiso según sea el caso.

Bahareque. Entretejidos de madera, carrizos o cañas con tierra.

Esta técnica constructiva emplea a la tierra como relleno, pues los soportes de madera, caña, pambil o carrizo son los que trabajan en su confinación estructural o como lo definiría Donoso (1986) "...estructura de varas – carrizo – chonta o caña brava entretejida o clavada, recubierta con barro o chocoto" (p. 43). Hay que considerar que debido a la degradación del material de soporte, es necesario generar algún tipo de revestimiento; el soporte, al estar expuesto a la intemperie, tiene procesos de dilatación y contracción, pudrición por efectos de humedad y ataque de microorganismos, xilófagos, entre otros problemas.

2 Según el INPC (2010), la tapialera es un encofrado para la elaboración del tapial que se conforma con dos tableros paralelos, amarrados mediante varillas, sogas o cabestros (p. 81).

3 Según el INPC (2010) el machón es un pilar de obra de fábrica, generalmente de planta cuadrada, que se levanta en los ángulos del edificio para recibir el peso del mismo. (p. 57).

La utilización del bahareque en la región andina tiene sus particularidades, en cuanto al uso del entretejido de carrizo, caña chancada o de chocoto⁴ de tierra.

- La elección de tierra con buenas propiedades en composición y proporción idónea, sea en arcilla, arena y limo, permite conseguir una buena flexibilidad y cohesión al entrabado de carrizo.

- Los arranques o zócalos en el bahareque son construidos en muros de mampostería simple (no reforzada) en adobe, piedra o ladrillo cocido, especialmente para fachada; mientras que las divisiones interiores de los espacios, no necesariamente necesitan un elemento de apuntalamiento; en algunos casos, se coloca, de manera directa, el mampuesto de bahareque en el suelo.

- La instalación del entretejido, en el caso del carrizo, se genera aprovechando la longitud de esta especie de gramínea; pues se coloca el carrizo uno encima de otro, de manera alternada, para tratar de conformar paneles, módulos o tabiques más estables. Como resultado se obtiene una estructura de varas de carrizo, cuya apariencia es la de un tabique de 5 a 8 cm. de espesor y altura variable (INPC, 2010).

- Para los límites o cierres laterales de los entretejidos de carrizo, usados para vanos de puertas o ventanas, se suelen utilizar machones de madera o piedra, de forma que se pueda consolidar la estructura y así evitar los empujes o la deformación del mampuesto.

- La colocación del chocoto se realiza con la mano o arrojándole con una pala, por ambos lados del entretejido; el ancho del revestimiento es variable. Luego de la aplicación de una primera mano del mortero de tierra se deben esperar dos o tres días para dar una segunda mano y consolidar el espesor total del revestimiento, así como de la pared de bahareque.

- Para la última hilada, la correspondiente al remate, se corta todo el entretejido al mismo nivel para apoyar la cadena superior o el durmiente de madera e incorporar la cubierta o entrepiso.

- El mortero de revestimiento superficial o enlucido debe ser fino y debe tener una base de tierra fina y cal calicanto para la posterior colocación de pintura.

Patologías constructivas de la arquitectura en tierra cruda

Juan Monjo Carrió define a la patología constructiva como "...la ciencia que estudia los problemas constructivos de la edificación a partir de su ejecución". Al entrar en uso se ve afectada

en mayor o en menor escala por un proceso degenerativo constructivo debido a múltiples causas o factores (DCTA-UPM 1999, p. 105), como se describe en la tabla 1. Estas afectaciones son más evidentes en la arquitectura en tierra cruda. Así, las inspecciones realizadas in situ se fundamentaron en la clasificación del proceso patológico de una edificación descrito en la tabla 1.

Tabla 1
Proceso patológico en una edificación

PROCESO PATOLÓGICO EN UNA EDIFICACIÓN	
PATOLOGÍAS FÍSICAS	HUMEDADES
	Capilaridad Filtración Condesación Accidental
	SUCIEDAD
	Por Depósito Por Lavado Diferencial
	EROSIÓN
	Atmosférica
PATOLOGÍAS MECÁNICAS	DEFORMACIONES
	Flechas Pandeos Alabeos Desplomes
	GRIETAS
	Por Carga
	FISURAS
	Por Soporte
	DESPRENDIMIENTOS
	Abombamiento Caída
EROSIÓN	
Mecánica	
PATOLOGÍAS QUÍMICAS	EFLORESCENCIA
	ORGANISMOS
	Animal Vegetal
	EROSIÓN
Química	

Fuente: DCTA-UPM, 1999, p. 108

Metodología

El proceso metodológico se fundamenta en la sistematización de los resultados de las muestras generadas en el diagnóstico, distribuyéndose el proceso en tres fases: visita a las construcciones; recolección de datos correspondientes a las variables; validación, tabulación y ponderación de los resultados.

Visita a las construcciones: En el territorio ecuatoriano abundan los ejemplos constructivos en tierra cruda; no obstante,

⁴ Según el INPC (2010), el chocoto es el barro que sirve para elaborar adobe (p. 27).

la investigación se centró en las construcciones que por disposición de accesibilidad y diálogo con el ocupante o propietario del inmueble, facilitaron la inspección. De un total de setenta y cuatro edificaciones que, en un principio, eran parte del estudio, solo se llegaron a procesar cincuenta ejemplos, debido a que algunas no contaban con información completa para ser analizada (figura 2). La exploración in situ de la muestra se basó en la observación de sus características, las cuales fueron vaciadas en una ficha de diagnóstico.

Recolección de datos correspondientes a las variables: Las variables corresponden a las enunciadas en el aparte relativo a Patologías constructivas de la arquitectura en tierra cruda. Debido a las características y tipologías constructivas consideradas, se emplearon herramientas no invasivas, evitando, de esta manera, cualquier clase de daño. Además de la información suministrada por el ocupante del inmueble del sistema constructivo, se georeferenciaron las edificaciones y se elaboró el levantamiento planimétrico y relevamiento fotográfico detallado. El uso de métodos invasivos de extracción de muestras (probetas testigos, núcleos de mampuestos, calas - catas de exploración, entre otros) o técnicas de exploración de información (rayos x, infrarrojos, ultrasonidos, fotogrametría, endoscopías, sondeos, análisis digital ADI, etc.) son demasiado costosos y no se practican con frecuencia en el país.

Validación, tabulación y ponderación de resultados: Consiste en la determinación de la tipología constructiva, diagnóstico y clasificación de las patologías presentes en los casos de estudio.

Resultados

Del total de la muestra analizada, dieciocho (18) edificaciones son de adobe, diecisiete (17) de tapial y quince (15) de bahareque. En la muestra de tapial se aprecian muros de monolíticos elaborados solo de tierra cruda, de exuberante sección en basamento y mampuesto, y otros mixtos que incorporan piedra o gravilla para mejorar la resistencia, dependiendo, básicamente, de la geolocalización de la construcción y de los materiales existentes.

De forma similar, el empleo de tierra cruda con el aprendizaje empírico explora nuevas alternativas o variaciones de la técnica primaria "usar solo tierra"; es así como esta armonía constructiva, acoplándose con los materiales que provee la geolocalización, permite que se aplique este entramado, esqueleto o soporte y se generen los mampuestos de bahareque.

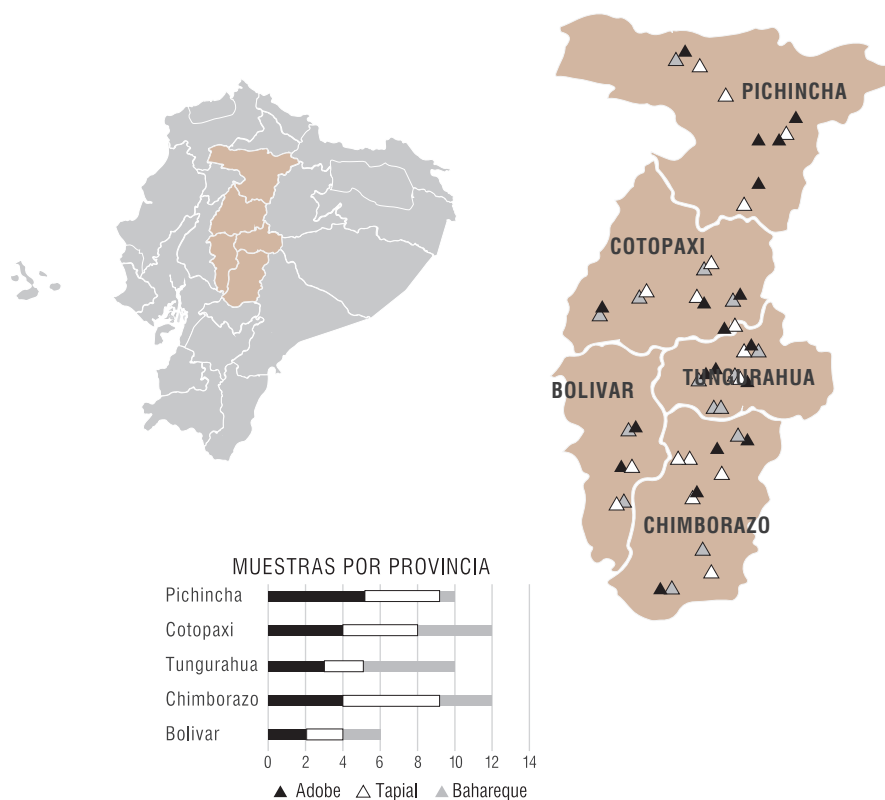


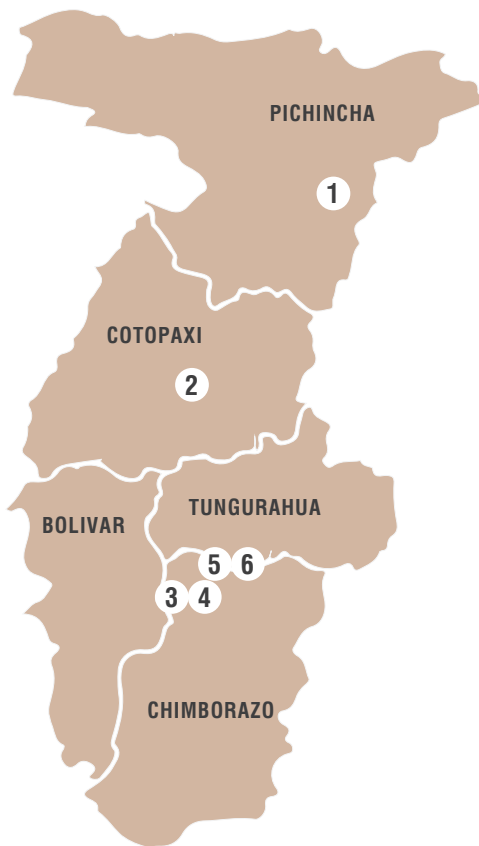
Figura 2. Muestra analizada
Fuente: Elaboración propia.



1. Provincia Pichincha. Cantón Quito. Sector Tumbaco
S 0°12'59,23" W 78°22'52,04"



2. Provincia Cotopaxi. Cantón Pujilí. Sector Collas
S 0°56'26,67" W 78°42'32,43"



3. Provincia Chimborazo. Cantón Riobamba. Sector San Juan
S 1°36'50,69" W 78°47'18,79"



4. Provincia Chimborazo. Cantón Riobamba. Sector San Juan
S 1°36'56,30" W 78°47'19,34"



5. Provincia Tungurahua. Cantón Mocha. Sector El Rey
S 1°24'44,27" W 78°39'3,33"



6. Provincia Tungurahua. Cantón Mocha. Sector El Rey
S 1°24'18,55" W 78°38'56,36"

De las cincuenta muestras tabuladas se determinó que el 82% se encuentra con un proceso patológico degenerativo acelerado; las patologías de tipo físico son las lesiones más frecuentes representando el 50% de las muestras analizadas; dentro de éstas, la humedad por capilaridad es la lesión más común, alcanzando un 27% de afectación en el conjunto de las construcciones analizadas.

Las patologías de tipo mecánico representan el segundo valor porcentual (36%); las lesiones más comunes son las fisuras y grietas, pues la frecuente falta de consolidación de los muros de tierra demuestra que se va perdiendo la praxis artesanal de revocos de tierra, arena y cal y, que la sustitución de morteros a base de cemento va ganando más fuerza, evidenciando, progresivamente, la incompatibilidad de materiales.

Con respecto a las patologías químicas, el ataque de organismos de tipo animal y vegetal demuestra la fácil penetrabilidad que poseen los muros de tierra. Los elementos de caña, carrizo o madera en los mampuestos de bahareque de las muestras estudiadas, evidenciaron el ataque de xilófagos, degradando, progresivamente, el alma de soporte del muro y generando la separación de la consolidación del elemento portante.

Los ejemplos analizados permitieron evidenciar la ausencia de guía técnica al momento de la construcción de la edificación, así como en el mantenimiento de la misma. Esta guía es necesaria si se desea conservar este patrimonio rural, rico en paisajes, valores naturales, biodiversidad de flora y fauna, y conservar el *Genius Loci*, ese espíritu del lugar relacionado a la arquitectura edificada (Norberg-Schulz, 1991). Además no debe olvidarse que estas técnicas propias de la arquitectura sin arquitectos son un patrimonio heredado, que se hace visible con el paso del tiempo y respalda la identidad de los pueblos, de su lugar y de su territorio.

Deterioro por causas directas

Tomando en cuenta la definición de causa directa como "... el origen inmediato del proceso patológico, iniciando la degradación de los mismos y que acaba en pérdida de su integridad o de su aspecto" (DCTA-UPM, 1999, p. 117) y con base en el diagnóstico generado, se encontraron causas según los tipos de patologías en las construcciones en tierra.

Patologías Físicas

- Se evidencia humedad por capilaridad cuando la cadena inferior de piedra o el zócalo de tierra cruda se ha saturado de agua y no ha sido capaz de rechazar el exceso, denotando manchas superficiales ascendentes producidas por el agua en las partes bajas de los muros.
- Las humedades por filtración se evidencian en mayor escala por la salpicadura constante y continua del agua desde el exterior de la edificación hacia las caras o base del muro de tierra; también por el colapso u obstrucción de los recolectores

perimetrales de aguas o mala inclinación de la pendiente del suelo donde se asienta la construcción.

- La falta de aleros o los aleros muy cortos generan humedades accidentales en las caras exteriores ya que dejan expuesto al muro de tierra directamente a la intemperie, se acentúa más este proceso patológico cuando existe una abertura en el muro de tierra o revoco de recubrimiento utilizado.

- Existe erosión como producto de factores atmosféricos (humedecimiento de revocos por efectos de lluvia y secado brusco por variación térmica), ocasionando la pérdida por disgregación del elemento constructivo del muro de tierra (Maldonado y Vela, 1999).

Patologías Mecánicas

- El asentamiento del terreno por la falta de compactación del mismo o la variación de nivel determina patologías mecánicas dentro de las familias de las grietas y fisuras que, en mayor o menor escala, desintegran el material y varían la composición estructural de los muros de tierra.

Patologías Químicas

- Los microorganismos y xilófagos que atacan a la madera disgregándola como elemento constructivo y separándola de los encuentros con los muros de piedra.
- El crecimiento y falta de control de microorganismos de carácter vegetal se considera el principal agente en el deterioro acelerado de las edificaciones.

Deterioro por causas indirectas

Con base en los ejemplos estudiados se nota como factor común la baja calidad del material en la fabricación de los elementos constructivos de tierra, así como la deficiente calidad técnica constructiva al momento de la ejecución. Dentro de las variables están:

Concepción de diseño:

- Se evidencia, en algunos casos, la carencia de una solera o cadena inferior de arranque o la exposición directa de la misma a la superficie del terreno.
- Los aleros son soluciones improvisadas que no cubren un área apropiada. Se evidencia en la dimensión de los aleros, la ausencia de un estudio de las condiciones atmosféricas de la zona.
- La distribución aleatoria de los llenos (muro sólido) y vacíos (vanos de puertas y ventanas) debilita la consolidación de la estructura monolítica de la construcción en tierra.

Naturaleza del material:

- La elección de la materia prima es vital en estas tipologías constructivas tradicionales, la tierra debe estar compuesta de arcilla, arena y limos, además de un buen elemento fibroso orgánico que aporte firmeza al mampuesto.
- La tierra es un material poco impermeable, por lo tanto el agua constituye su principal enemigo, determinando patologías físicas incluidas dentro del grupo de las humedades, así se ve expuesto a la capilaridad, filtración, y condensación. Acerca de la humedad en la obra no se logró ninguna evidencia ya que los ejemplos estudiados llevan décadas construidos.
- Las construcciones en tierra poseen gran resistencia a la compresión, poca resistencia a la tracción, corte y flexión.
- Se evidencia la variación dimensional por efectos de retracción en el proceso de secado y el desprendimiento de la fibra orgánica (paja).
- Se evidencia poca resistencia superficial; los impactos puntuales producen erosión.
- Cuando el elemento de madera, por causa de efectos patológicos, pierde esa capacidad de trabajo a flexión (pérdida o desintegración de material) trabaja como carga y todo el elemento constructivo termina funcionando a compresión.

Proceso constructivo:

- Caracterizado por la deficiente puesta en obra y la limitada técnica constructiva al momento de su ejecución.
- Deficiente apilado y traba de los bloques de adobe; en el tapial existe discontinuidad del material e incorrecta ejecución de la traba en los encuentros.
- Incompleta y defectuosa solución técnica en las esquinas, al momento de hacer escuadra en el volumen; igualmente, en los encuentros laterales o perpendiculares, cuando se hacen muros o tabiques interiores.
- Deficiente solución en las uniones del muro de tierra y la madera tanto en la solera superior como en los dinteles.
- La falta de mortero entre los bloques de adobe, así como el nivel de humedad al momento de la puesta en obra y su posterior secado.

El mantenimiento:

- Los estudios determinan que las construcciones en tierra cruda, sean de adobes, tapiales o bahareque, llegan a alcanzar su máxima resistencia y durabilidad luego de transcurrir veinticuatro a cuarenta y ocho meses después de su ejecución e instalación. Si transcurrido este periodo, se comienza a evidenciar un proceso patológico acelerado, quiere decir que

mecánicamente el muro de tierra cruda no llegó a alcanzar su resistencia óptima.

- La falta de control periódico posterior a la ejecución, deriva en la pérdida del revestimiento, revocos y separación física de los elementos; hay que considerar que en el bahareque esta evidencia es más visible y rápida de identificar.
- La ausencia de mantenimiento de la edificación puede aumentar el daño y acelerar el proceso degenerativo constructivo.
- La pérdida, rotura o deterioro de las piezas de la edificación, tales como tejas, aleros y dinteles, evidencian aún más el descuido y la aceleración del proceso patológico.

Conclusiones

Una buena intervención comienza cuando se reúnen todos los argumentos documentados de la arquitectura en tierra cruda, desde la ubicación hasta las particularidades históricas constructivas propias de la edificación, sin olvidar el establecimiento de un programa de mantenimiento periódico del inmueble edificado.

Para generar una guía de criterios técnicos que permitan conservar mejor las edificaciones en tierra cruda, se debe mencionar en primera instancia, la importancia de la formación de profesionales en las técnicas apropiadas de intervenciones, así como la socialización y formación continua en las técnicas ancestrales de construcción en tierra cruda con la comunidad que habita estos espacios únicos, teniendo en cuenta que este oficio constructivo ancestral es un patrimonio arquitectónico intangible. Entre las pautas a seguir se mencionan las siguientes:

- Determinar las características del lugar donde se va a implantar la edificación, incluyendo el estudio del suelo. Evitar localizaciones en zonas de riesgo, suelos infectados y laderas con pendientes pronunciadas, ya que influirán en una mayor vulnerabilidad de la edificación, haciéndola propensa a cualquier tipo de desastre.
- La cimentación de la edificación debe apoyarse en suelo firme, evitando suelos blandos o de relleno, así como prever ciertas especificaciones o variaciones técnicas del sobrecimiento y las primeras hiladas posteriores a la cadena inferior; además de trabajar con criterios técnicos sobre los llenos y vacíos para la consolidación de sus muros (Andrade, 1996).
- En el caso de que la tierra de la zona no sea de buena calidad, debe incorporarse gravilla o piedra al material utilizado en cimientos, zócalos y cadenas inferiores, a fin de reforzarlo y mejorar su comportamiento estructural.
- Si es necesario generar un análisis estructural de la edificación fundada en tierra para evaluar su comportamiento y esfuerzos a los que se encuentra sometida, se optará por cualquier método, sea elástico, dinámico u otro; sin embargo, los

ensayos realizados no debieran ser destructivos, ni invasivos a la construcción en tierra cruda (MIDUVI, 2016)

· La discontinuidad de los elementos constructivos (mampuestos, cadenas, dinteles, etc) deben ser evitados ya que genera una falta de traba o conexión de los encuentros en las esquinas, estableciendo un debilitamiento en la composición integral estructural, dejándolo a la deriva.

· Los revocos tradicionales de cal generan una sucesión de capas de mortero, donde la variación granulométrica de cada capa compuesta de tierra, arena y cal permiten tener una composición semejante a su materialidad; actualmente, los revestimientos monocapa compuestos por arena, cemento y agua como solución constructiva, evidencian la falla del estudio técnico e histórico del sistema constructivo de tierra cruda (Guinea, 1991).

· Ecuador carece de un código de la construcción que analice las particularidades de la construcción en tierra cruda; no obstante estos sistemas constructivos como adobe, tapial, bahareque, chinchá, etc., deben cumplir requisitos mínimos estructurales para su intervención, restauración, rehabilitación, reforzamiento o consolidación estructural. Normas consideradas para estas construcciones, en otros países, establecen criterios basados en mantener y aumentar la capacidad estructural, con el único objetivo de resistir las fuerzas de diseño estático y sísmico (INN, 2013).

· Se debe concienciar a la población ocupante de las edificaciones construidas en tierra, en la necesidad de llevar a cabo el mantenimiento periódico de sus construcciones prestando más atención a las patologías constructivas y aquellos espacios o elementos más susceptibles a una degeneración constructiva, como los antes descritos.

· El diagnóstico realizado determina varias premisas técnicas que, factiblemente, son solucionables, al menos, las relacionadas con errores constructivos y falta de mantenimiento, así como correctivos adecuados para evitar que la degeneración patológica aumente. Igualmente, se trata de generar una conciencia del patrimonio tangible e intangible de las edificaciones fundadas en tierra cruda, así como la pérdida de los sistemas constructivos tradicionales ancestrales.

· Es necesario trabajar en el sentido de pertenencia por parte de la población ocupante de estas edificaciones, de manera que conozca y valore el patrimonio donde están habitando. Para ello, es necesario desarrollar procesos participativos comunitarios que permitan validar la aceptación y aprobación de intervenciones futuras. Al mismo tiempo, concienciar sobre el dinamismo que produce su patrimonio, ya que no sólo se trata de salvaguardar el imaginario histórico de la construcción sino la valoración *per se* de la tradición constructiva en tierra cruda y la técnica ancestral que, conjuntamente, con el avance investigativo universal de mampuestos en tierra cruda, permitirán una mejor aplicación local.

· Los avances investigativos en materialidades constructivas indican que se puede mejorar la construcción en tierra; elaborar adobes estabilizados donde se mejore la resistencia mecánica (a compresión y a corte), así como la impermeabilización de los mismos, minimizar su afectación al deterioro por agentes físicos y microorganismos químicos, entre otros (De Sutter, 1986).

Referencias Bibliográficas

Andrade, R. (1996). *Bahareque: Guía para la construcción de viviendas, sistemas constructivo E.P.R.T.B.R.Y2*. Caracas, Venezuela: Fondo Editorial Vivienda Popular.

Cabrera, J. M. (2000). *Conservación y Restauración del Patrimonio Arquitectónico y Urbano*. Madrid, España: Instituto Juan de Herrera de la Escuela de Arquitectura de Madrid.

Cayo Plinio, S.; Huerta, J.; Sánchez, L. y González, J. (2007). *Historia Natural*. Madrid, España: Editorial Cátedra.

DCTA-UPM. Departamento de Construcciones y Tecnología Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid (1999). *Metodología de la Restauración y de la Rehabilitación*. Tratado de Rehabilitación Tomo II. Madrid, España: Editorial Munilla-Lería

Donoso, D. (1986). *Diccionario Arquitectónico de Quito: Arquitectura Colonial*. Serie Museos del Banco Central del Ecuador. Quito, Ecuador: Editorial Voluntad.

De Sutter, P. A. (1986). *La utilización del adobe en la construcción*. Quito, Ecuador: Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC).

Fontaine, L. y Anger, R. (2009). *Bâtir en terre: du grain de sable à l'architecture*. Paris, Francia: Editorial Belin.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015). *World reference base for soil resources 2014, International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Roma: FAO.

Gandreau D. y Delbois L. (2010). *Patrimoine mondial, Inventaire et situation des biens construits en terre*, Paris, Francia: UNESCO/CH/CPM.

Guinea, M. J. (1991). Consolidación, mejora y nuevas técnicas de construcción con tierra. En: *Jornadas sobre conservación y restauración de monumentos*, 24 y 25 de abril de 1989, Madrid, España. Ministerio de Cultura. Dirección General de Bellas artes y Archivos.

INN. Instituto Nacional de Normalización (2013). Norma Chilena NCh 3332. *Estructuras – Intervención de Construcciones Patrimoniales de Tierra Cruda – Requisitos del Proyecto Estructural*. Santiago de Chile, Chile: Ediciones Comunicación.

INPC. Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (2010). *Glosario de Arquitectura*. Quito, Ecuador: Ediecuatorial.

Maldonado-Ramos, L., y Vela Cossio, F. (1999). Técnicas y sistemas tradicionales. *Curso de Construcción con tierra (II)*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Ramos, L. M., Cossio, F. V., y Gámez, D. R. (2001). *Curso de construcción con tierra: Técnicas y sistemas tradicionales 2. Vocabulario tradicional de construcción con tierra 3. Nuevas aplicaciones de la tierra como material de construcción*. Instituto Juan de Herrera, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid.

Minke, G. (2000). *Earth Construction Handbook: The Building Material Earth in Modern Architecture*. Boston, EEUU: WitPress.

Naciones Unidas (4 de agosto de 1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. A/42/427*.

Norberg-Schulz, C. (1991). *Genius loci: Towards a phenomenology of Architecture*. New York: Editorial Rizzoli.

OCDE. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2003). *Environmentally Sustainable Buildings: Challenges and Policies*. París, Francia: Publications OECD.

Paniagua Soto, J. R. (2005). *Vocablo básico de arquitectura*. Madrid, España: Editorial Cátedra.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y CNUAH – HABITAT. Centro de las Naciones Unidas Para los Asentamientos Humanos (1987). *Cómo hacer nuestra casa de adobe*. Quito, Ecuador: Printer Graphic.

PNUD. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y CNUAH – HABITAT. Centro de las Naciones Unidas Para los Asentamientos Humanos (1988). *Cómo hacer nuestra casa en tapial*. Quito, Ecuador: Printer Graphic.

Rudofsky, B. (2000). *Constructores prodigiosos: apuntes sobre la historia Natural de la arquitectura*. México: Editorial Árbol.