



ALEJANDRA CABALLERO CERVANTES | LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

EXPERIENCIAS DE
BIOCONSTRUCCIÓN
CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO



EXPERIENCIAS DE

BIOCONSTRUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO

Caballero Cervantes, Alejandra

Experiencias de bioconstrucción: conceptos generales y visiones desde México / Alejandra Caballero Cervantes, Luis Fernando Guerrero Baca.

Ciudad de México: Bonilla Distribución y Edición S.A. de C.V., 2021

336 pp.; 21 x 22 cm.

ISBN 978-607-8781-63-8

1. Viviendas - Ingeniería ambiental 2. Construcción de viviendas I. Guerrero Baca, Luis Fernando, coaut. II. t.

LC: TH6057.A6 C

DEWEY: 690 C

Los derechos exclusivos de la edición quedan reservados para todos los países de habla hispana. Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio conocido o por conocerse, sin el consentimiento por escrito de su legítimo titular de derechos.

Experiencias de Bioconstrucción. Conceptos generales y visiones desde México
D.R. © Alejandra Caballero Cervantes | D.R. © Luis Fernando Guerrero Baca

Primera edición: septiembre 2021

D.R. Bonilla Distribución y Edición S.A. de C.V.,
Hermenegildo Galeana #111
Barrio del Niño Jesús, Tlalpan, 14080
Ciudad de México
editorial@bonillaartigaseditores.com.mx
www.bonillaartigaseditores.com

ISBN: 978-607-8781-63-8 (libro impreso)

ISBN: 978-607-8781-66-9 (ePub)

ISBN: 978-607-8781-67-6 (PDF)

Esta obra fue dictaminada por pares académicos bajo la modalidad doble ciego. Además, el libro fue revisado por la Red Iberoamericana PROTERRA para otorgar su aval.

Diseño editorial y de portada: Mariana Guerrero del Cueto

Moraleja
DISEÑO BUENO

Dibujo técnico: Carol Castillo García y Lizet Gutierrez Juárez
Acuarelas: Gabriel Islas Caballero

Fotografías de los proyectos “Casa Enrique Morales”, “Casa Caballero Zamora”, “Casas Álamos I y II”: Aldo Díaz

Impreso y hecho en México

ALEJANDRA CABALLERO CERVANTES | LUIS FERNANDO GUERRERO BACA

EXPERIENCIAS DE
BIOCONSTRUCCIÓN

CONCEPTOS GENERALES Y VISIONES DESDE MÉXICO



CONTENIDO

9	INTRODUCCIÓN	 Principios de la bioconstrucción
21	PRIMERA PARTE	 Materiales constructivos
51	SEGUNDA PARTE	Técnicas de bioconstrucción
	59	Adobe
	68	Tierra amasada (cob)
	77	Tierra compactada
	86	Entramados
	98	Pacas de paja
111	TERCERA PARTE	Adobe
	113	Casa Caballero Zamora
	119	Casa en San Andrés Hueyapam
	125	Tienda comunitaria
	133	El Semillero
	139	La casa de adobe
	147	Casas para maestros en la Sierra de Puebla
	151	Casa Sawyer
	157	Casa Tierra Viva
	167	Casa Fernando Araiza
175	CUARTA PARTE	BTC, tapial y tierra amasada (cob)
	177	Casa Ochoa Ochoa
	187	La casa de lodo
	193	Casa Aguacero
	197	Casa Sol
	203	Proyecto Honorio

209 QUINTA PARTE

- Bajareque y entramados**
- 211 Casa de Haydeé y Pablo
 - 217 Casa Quinta Ganesh
 - 223 Terraza adaptada en Ocotepéc
 - 227 Centro de Capacitación Ambiental VW
 - 233 Auditorio “Flor del Bosque”
 - 239 Instituto Poblano de la Juventud

245 SEXTA PARTE

- Pacas de paja**
- 247 “La K-cita” del Proyecto Puente de Paz
 - 255 Casa del Amate
 - 263 Casa Álamos I
 - 271 Casa Álamos II
 - 277 Casa Enrique Morales

285 SÉPTIMA PARTE

- Bioconstrucciones mixtas**
- 287 Granja Orgánica Tequio
 - 293 Cafetería Yagua Orgánico
 - 301 Casa de madera en Taxcantla
 - 309 Casa Gaia-caracola
 - 319 Casa Hagerman Haro en Valle de Bravo
 - 323 Casa Biaani

327 REFLEXIONES FINALES

331 REFERENCIAS



INTRODUCCIÓN

PRINCIPIOS DE LA BIOCONSTRUCCIÓN





Es **INDISCUTIBLE** que la abundancia de energía barata de principios del siglo XX, conseguida mediante el uso de combustibles fósiles, marcó una clara diferencia con respecto a la manera de edificar desarrollada durante milenios, la cual dependía básicamente de los recursos locales. La era del petróleo condujo a una forma energéticamente dispendiosa de extraer, transformar, mover y colocar los materiales constructivos, así como de insertarse en los territorios.

Las construcciones siempre son un reflejo de la sociedad que las produce y los acontecimientos históricos por los que transita. Son la manifestación de quien detenta el poder y la humanidad entre 1940 a 1960 entró en el auge de un periodo llamado “modernidad”, que venía desarrollándose desde principios de siglo, y cuya expresión construida es la arquitectura “racionalista”, “funcionalista” o “internacional”.

Al llegar esta tendencia a los países emergentes, que recién habían salido de la colonización –llamados en aquel momento “del Tercer Mundo”– con todo el rezago económico y social que presentaban, tomaron esa corriente arquitectónica como símbolo de mayoría de edad y promovieron la construcción con materiales nuevos, “modernos”. Entre ellos, el concreto y el acero eran parte fundamental (Rendón, 2010) y en muy poco tiempo llegaron a dominar el paisaje y a colonizar las mentes con una promesa dogmática de construcciones seguras, fuertes, duraderas y que garantizaban el patrimonio de sus dueños o habitantes.

En un corto periodo se le apostó todo al cemento y al acero. El concreto armado se comió de un bocado la experiencia de 2000 años del cemento romano y poco a poco hizo a un lado la inmensa sabiduría que encierran las construcciones con tierra y paja, en sus múltiples manifestaciones y técnicas. Se pasó por

alto que este joven protagonista, con tan solo 150 años en la historia de la construcción, está presentando fallas estructurales, una obsolescencia no programada, que da como resultado que la mayoría de las estructuras de concreto armado, construidas a principios del siglo XX, estén empezando –literalmente– a caerse a pedazos, por lo que eventualmente tendrán que ser demolidas (Courtland, 2011).

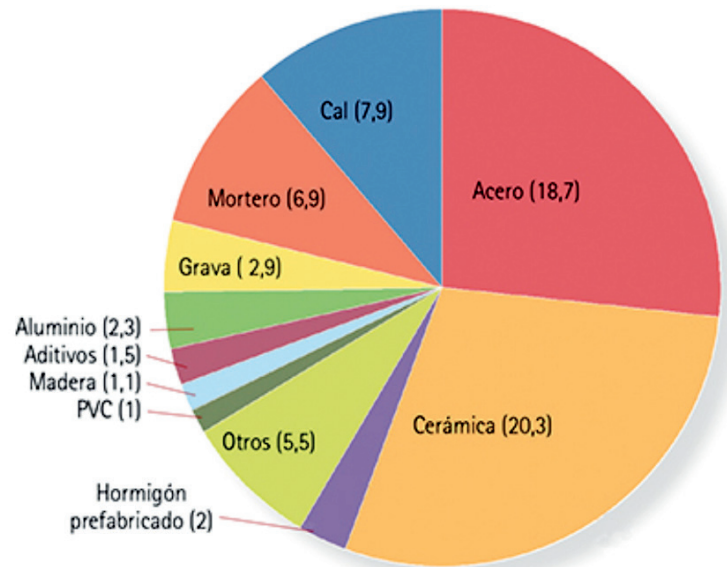
Ambientalmente hablando, se está pagando caro el haber dejado de lado los modos intemporales de construir, adecuados al clima, con utilización de materiales locales, con soluciones estructurales que generan resultados formales lógicos, radicalmente opuestos a las modas que imponen formas caprichosas que las estructuras tienen que sustentar a cualquier costo. Pero el precio es tan alto que la factura pasará por varias generaciones.

La crisis ambiental está poniendo de manifiesto la responsabilidad de la construcción en esta problemática. Tan solo en la elaboración de cemento se emite más de una tonelada de CO₂ por cada tonelada producida y dado que se emplea para casi todo –desde una balaustrada de cisnes para los balcones de diversas viviendas periféricas, hasta en todo rascacielos– lo convierte en la segunda sustancia más usada por la humanidad después del agua (Riversong s/f).

Sin embargo, el cemento no es el único emisor de CO₂ al ambiente. Según diversos estudios, los procesos de elaboración de la mate-

ria prima para generar un metro cuadrado de una obra convencional equivalen a la energía que se requiere en la combustión de 150 litros de gasolina. Es decir, un consumo energético aproximado de 1600 kWh. Pero además de esta cuantificación, cada metro cuadrado construido equivale a la emisión de 0.5 toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera, considerando en ambos casos solamente el impacto asociado a los materiales (Aranda *et al.*, 2014).

En la siguiente gráfica se observa la contribución relativa de las emisiones de CO₂ de la serie de materiales empleados en un metro cuadrado de la edificación de viviendas convencionales. Llama la atención el alto impacto de materiales que con mayor frecuencia se usan en la construcción, tales como el acero,



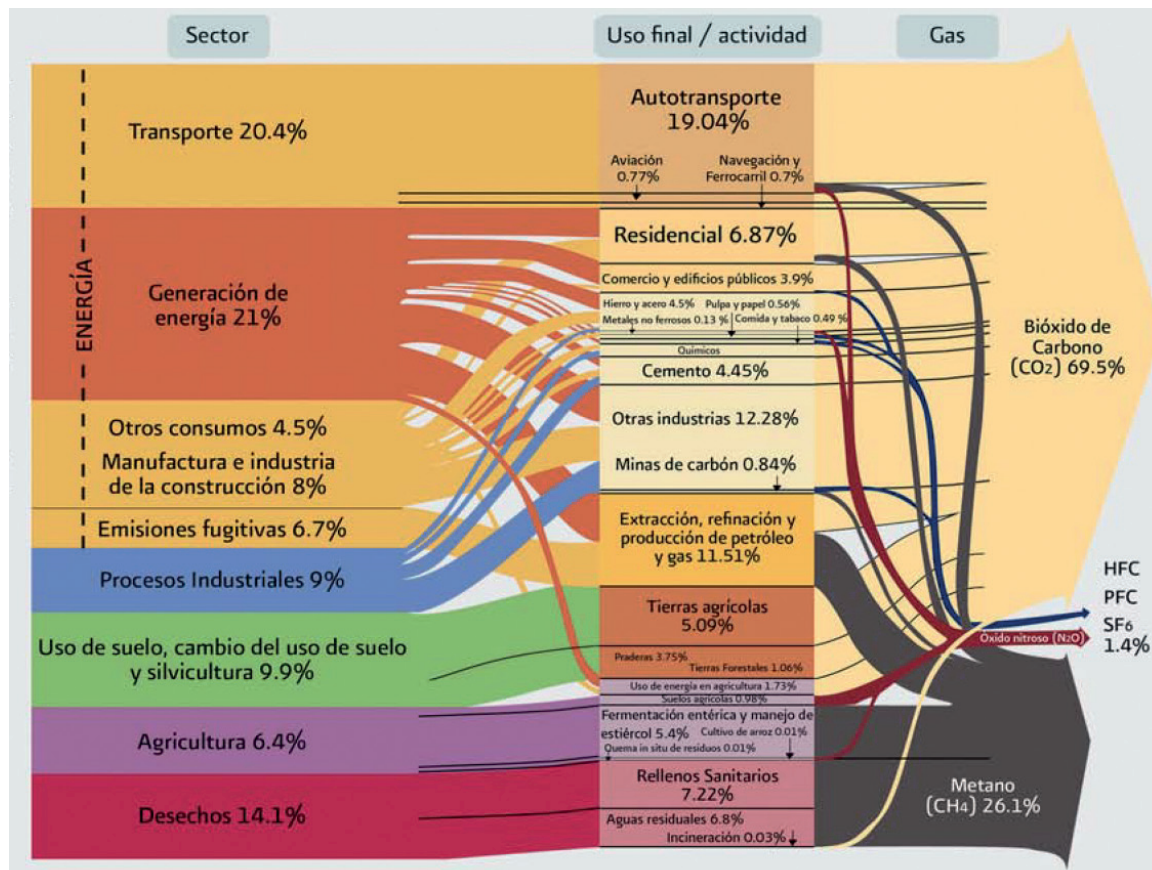
Contribución de los materiales necesarios para la construcción de 1 m² sobre las emisiones de CO₂ asociadas a su fabricación. Fuente: Cuchí *et al.*, 2007.

el cemento, la cal, así como los componentes estructurales y acabados cerámicos.

En México, de acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) 2006, las emisiones de CO₂, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre, en 2006 se incrementaron 40% respecto a 1990, de los cuales 8% corresponden a los generados por la industria de la construcción.

De ese porcentaje, el cemento es responsable de un poco más de la mitad de los mismos (4.5%). Además de los GEI, la producción de cemento y otros materiales de la construcción –como el acero– está íntimamente ligada a la generación de dioxinas y furanos que son contaminantes ambientales persistentes, altamente peligrosos para la salud humana.

Es difícil contar con datos precisos de qué y quién es el responsable de ciertas emisiones



Elaborado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT con información del INE, 2006.

al ambiente, pues hay rubros como el transporte que atañen a todos los sectores de la actividad industrial. Pero, para efectos prácticos, podemos considerar que todo material que ha tenido que desplazarse desde muy lejos y que su fabricación implica el uso de energía proveniente de combustibles fósiles genera una huella ecológica que tiene repercusiones para la salud planetaria.

Al hacer un análisis del ciclo de vida de muchos de los materiales que se utilizan en la construcción, nos damos cuenta que su acción tóxica no es sólo en el momento de su producción, sino que va “de la cuna a la tumba”. Éste es el caso, por ejemplo, de los pisos laminados o las tuberías de PVC, que son fabricados con plásticos clorados que en su disposición final continúan liberando sustancias como los ftalatos y el bisfenol A (conocido como BPA), las cuales alteran de forma irreversible el sistema hormonal de todos los seres vivos y que son sumamente difíciles de eliminar del suelo y el agua, más aún cuando se incineran.

Lo mismo sucede con muchos de los productos utilizados en los acabados de las casas, sean pinturas, barnices y pastas, los cuales son fabricados con solventes, conservadores y aglutinantes hechos a base de hidrocarburos aromáticos, tolueno, xileno, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos clorados, glicoles, alcoholes, formaldehídos, pentaclorofenol, bifelinos policlorados y otros más, todos ellos considerados Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) tóxicos,

con un demostrado efecto nocivo para la salud ambiental. Qué decir del poliestireno expandido, del aluminio y de tantos otros materiales que aumentan las ganancias, aceleran el proceso de construcción y cavan nuestra tumba.

Si hacemos una sumatoria de los insumos que utiliza actualmente la construcción, nos damos cuenta que el origen de los mismos es sumamente complejo y que para que lleguen a su destino final han tenido que pasar por un sinnúmero de procesos que han significado una tremenda disipación de energía. Como consecuencia, se han acelerado los efectos sobre el ambiente –conocidos ahora como calentamiento global y cambio climático– que son ya un asunto que preocupa y ocupa a muchos gobiernos e instituciones, pero que se quieren solucionar desde la misma lógica que generó el problema: el paradigma del desarrollo infinito en un mundo con recursos finitos.

Ahora se pretende solucionar los problemas poniendo “parches” de forma, no se plantean soluciones de fondo. Así tenemos las “hipotecas verdes”, las campañas de desarrollo sostenible para los municipios y estados, los políticos verdes, las bebidas verdes, la arquitectura sustentable, el consumismo verde, las certificaciones “Green”, que más bien parecen un *mea culpa* para poder seguir dilapidando recursos planetarios con una mayor rentabilidad económica, pero sin cuestionar realmente las razones éticas de la destrucción del planeta.

Material	Energía embebida (MJ/m3 del material)	Emisiones de CO2 (g/kg del material)
Grava de río	47	2
Paja empacada	68	-1460
Tierra para adobes	69	5
Grava de roca triturada	83	3
Aislamiento de celulosa	146	140
Arena	232	7
Asfalto en pavimentos	335	15
Madera de pino sin tratar	1179	-1665
Madera de pino tratada	1252	-1657
Poliestireno expandido	1419	2495
Bloque de cemento hueco	2728	162
Trabes pretensadas doble "T"	4546	214
Bloque cerámico de alta tecnología	5310	138
Madera laminada y pegada	5727	-1141
Aplanado de yeso	6460	218
Bloque de cemento macizo	6950	106
Paneles de yeso	7080	421
Ladrillo cerámico calcinado con gas	11491	353
Cal	11966	750
Cemento seco	12005	994
Ladrillo cerámico tradicional	14885	684
Tubo de cobre reciclado	21217	112
Aluminio reciclado	24397	622
Vidrio flotado	40039	1735
Vidrio laminado	41112	1743
Poliestireno de alta densidad	48166	3447
Aluminio reciclado y anodizado	64340	887
PVC	80944	4349
Varillas de acero reciclado	96544	526
Acero estructural	245757	1242
Aluminio extruido y anodizado	611224	9359
Acero inoxidable	613535	5457
Tubo de cobre nuevo	827316	7477

Tabla comparativa de energía embebida en los materiales y dióxido de carbono emitido a la atmósfera. Fuente: Alcorn, 2010.

En medio de este panorama, la bioconstrucción o construcción natural resurge como una contracorriente que pretende recuperar una edificación a escala humana, en la que los materiales tengan un ciclo de vida de la “cuna a la cuna”, es decir, en donde sea posible que una vez que cumplieron con su función de dar cobijo a ciertas actividades humanas, se puedan ciclar para seguir siendo parte de la orquesta de la vida.

El término bioconstrucción es relativamente reciente y por ese motivo no existe todavía una manera consensuada de definirlo. Sin embargo, la mayoría de los autores que lo utilizan coinciden en que se trata de una disciplina que busca satisfacer las necesidades biológicas del hábitat humano a partir de la transformación de materiales mediante procedimientos que respeten las leyes de la naturaleza.

Algunos consideran a esta actividad como una “ciencia” que persigue el “uso adecuado de los recursos, de acuerdo con el sitio y con las circunstancias sociales y económicas de los usuarios” (Alonso, 1997, p. 13). Esto quiere decir que se trata de una forma de construir que favorece los procesos evolutivos de todo ser vivo y la biodiversidad, pero que en su desarrollo garantiza el equilibrio y la sustentabilidad de las generaciones futuras (Caballero, 2012).

Es importante destacar que este proceso de diseño no está limitado a cuestiones relacionadas con la simple forma de la edificación, como ha sucedido con tendencias tales como

la biónica, el estilo “orgánico” o las obras “biomiméticas”. Se trata de incorporar el manejo integral de los fenómenos naturales en la selección y transformación de los materiales, a fin de generar espacios sanos tanto para sus habitantes como para el planeta.

Estamos hablando de un tipo de edificación cuya lógica se basa en la manera en que se comporta el entorno, por lo que está totalmente de acuerdo con él. Se busca resolver las necesidades humanas utilizando métodos que sean lo más parecidos que sea posible a los que imperan en la naturaleza.

Su desarrollo se apoya en la adaptación de los mecanismos que emplea el medio ambiente para mantener su equilibrio. Considera tanto la comprensión de los procesos físico-químicos del entorno, como la manera en que el resto de los seres vivos reaccionan ante estos fenómenos.



Mantis religiosa sobre la almena de tierra de una casa del norte de África refrescándose al atardecer.

La observación de los flujos del viento y el agua, la manera en que los suelos y las rocas se asientan en la tierra, las formas de las dunas así como las pendientes naturales del territorio, permiten reconocer una serie de principios que mantienen en equilibrio a las plantas y animales que se relacionan con esta geografía y que, aunque parecieran ser estáticos, en realidad están en constante movimiento a diferentes velocidades.

Las plantas y animales aprovechan equitadamente los recursos de su medio para sobrevivir y esa es una enseñanza que los seres humanos debemos recuperar porque, desafortunadamente, el desarrollo de la cultura cada día nos aleja más de nuestro entorno. “Un edificio es como una planta, sometida a las mismas leyes a las que las plantas se someten, tanto hacia lo alto como en lo profundo, y el estudio de la Naturaleza en consecuencia es el único estudio digno para un arquitecto” (Lloyd, 1970, p. 17).

La bioconstrucción rescata la posibilidad de no sólo ver a la naturaleza en canales de televisión, sino realmente *ser* naturaleza, a semejanza de los castores que al crear represas para ubicar sus madrigueras generan humedales y posibilitan la diversidad biológica.

Convierte la construcción en una actividad que regenera la vida en todas sus manifestaciones. El uso de materiales vegetales es una forma de preservar la biodiversidad, pero a casi nadie en el mundo industrializado le inte-

resa el carrizo, el otate, el tule, el centeno alto, sólo a quien conoce su uso. Así es como adquiere valor la etnobotánica, el conocimiento de cuál es la diversidad biológica que hay en cada uno de los lugares en donde se va a construir y para qué puede servir cada planta.

La bioconstrucción significa una manera real de generar desarrollo local ya que una de sus premisas es utilizar materiales locales en



Una araña invadió el hábitat de un insecto entre las juntas de una casa de adobe para vivir y cazar confortablemente.



Las avispas alfareras amasan tierra para hacer panales abovedados.

la medida de lo posible y esto significa darles valor agregado y generación de empleos. A medida que las construcciones naturales van recuperando terreno, se van desempolvando las gaveras (moldes para elaborar adobes) y los conocimientos tradicionales normalmente depositados en un solo miembro de la comunidad –quizá demasiado viejo para aplicar-



En los cuescomates prehispánicos de las Casas en Acatilado de la Sierra Tarahumara se conservan hasta nuestros días restos de granos de maíz, frijol y calabaza.



Los nidos de los horneros son notables ejemplos de construcción realizada con materiales locales, adecuada orientación solar y ventilación.

lo– se empiezan a transmitir de manera oral a las nuevas generaciones, para satisfacer la naciente demanda de materiales que por años fueron terriblemente desacreditados, pero que empiezan a resurgir con paso lento pero digno.

El surgimiento de una nueva clase social rural, los campesinos postmodernos, que son jóvenes –o no tanto– que han decidido dejar las ciudades en busca de una vida más simple, lejos del consumismo y cerca del encuentro consigo mismos, es uno de los grupos humanos adeptos a la bioconstrucción, ya que les permite recuperar habilidades ancestralmente dormidas que los reconectan con la tierra, la misma que nos da de comer y que nos da cobijo.

La bioconstrucción no se trata solamente de una sustitución de insumos, sino tiene que ver con el diseño de todo el entorno. Es sólo uno de los pétalos de la flor de la permacultura: “ambientes construidos”, todo el predio es la casa, los flujos eficientes de energía son la clave de la permanencia del sistema. El agua se cosecha para el consumo y los cultivos, por lo tanto no se ensucia con una mezcla de químicos y heces fecales, sino que estas últimas se consideran un recurso valioso, una oportunidad de cerrar el ciclo nutriente y para ello un buen diseño de los sistemas de saneamiento es imprescindible.

Así mismo, la ubicación de la vivienda, previo análisis de las zonas y de los sectores, junto al diseño bioclimático determina su futuro confort térmico pasando por una buena

selección de los materiales locales. El ahorro energético, desde la cuna, es una de las premisas más importantes de la bioconstrucción. Previene los problemas de salud derivados de los materiales de construcción y de los campos electromagnéticos tanto naturales como los generados por las instalaciones eléctricas. Cuida el fondo, no se empeña en pertenecer a las corrientes arquitectónicas de moda, sino que el clima y las necesidades de protección del edificio dictan el resultado formal, muchas veces humilde, sin pretensiones, dominando los egos, tal como lo evidencia su predecesora, la construcción vernácula.

No se trata de una vuelta al pasado sino de tomar lo mejor para el planeta, con una visión sistémica y holística. Analizar cada flujo de energía para determinar qué es lo que más conviene a la bioconstrucción.

Soluciones simples para un mundo complejo: ¿Energía solar o recuperación del ciclo circadiano? ¿Lavar la ropa a mano o una bicilavadora? ¿Seguir usando limpiadores fabulosos o vinagre y carbonato? ¿Baño seco o complejo sistema de tratamiento de aguas negras? ¿Me decido a simplificar o sigo buscando pretextos?

En el presente libro se expone una serie de conceptos que han sido desarrollados a partir de una visualización abarcante del manejo equilibrado de las materias primas disponibles, con base en la comprensión del entorno natural y cultural, la cual sirve como fuente de aprendizaje para diseñar obras que se com-

porten de la manera más próxima posible al medio en el que estarán situadas.

El texto incorpora asimismo algunos de los proyectos que se han realizado en fechas recientes, siguiendo estos principios en diferentes lugares del territorio nacional. Es una muestra de la manera en que la creatividad de colegas y amigos con diferentes orígenes y formaciones –pero con una visión común– han sabido aprovechar los recursos materiales propios para colaborar en el esfuerzo colectivo por rescatar al planeta.

No se trata de un manual de construcción ni un conjunto de normas basadas en criterios



El diseño de los termiteros presenta condiciones bioclimáticas adecuadas para habitar y cultivar los hongos con los que se alimenta su comunidad.

abstractos. Se presenta una serie de pistas que pueden ayudar a los lectores a tener una visión panorámica de diferentes alternativas con las que se cuenta para generar condiciones adecuadas de edificación, a partir del aprovechamiento verdaderamente racional de lo local.

La idea de bioconstruir no responde meramente al miedo a no sobrevivir como especie o al miedo de quedarnos sin combustibles en una era de descenso energético, que no sabemos si llegará con las promesas que representa el descubrimiento del gas de esquisto *shale*, que generará una revolución de los recursos energéticos. Se trata de una propuesta desde lo local para incidir en el problema global que representa el cambio climático.

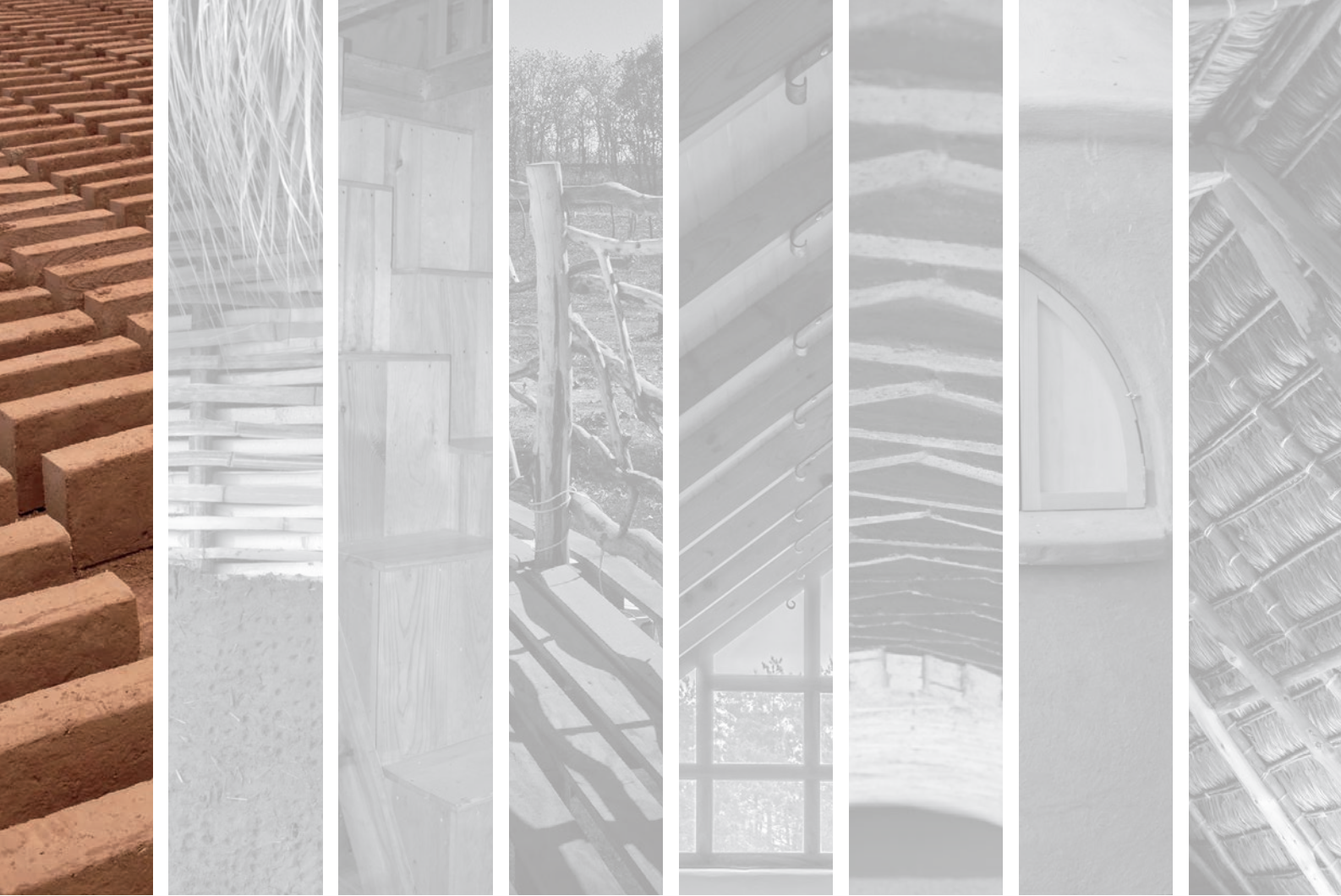
Así, desde cada geografía, con técnicas adecuadas a cada sitio, a cada cultura, a cada necesidad, la bioconstrucción significa la posibilidad de bajar emisiones tóxicas al ambiente, perfectamente medibles y cuantificables.

Pero no solamente esto, sino que va más allá, significa la posibilidad de ser naturaleza, de ser parte de la trama de la vida en donde cada una de las decisiones que tomemos al construir sea una forma de mejorar el ambiente, la comunidad y a los seres humanos, en donde los edificios se adapten al clima, a las condiciones del lugar, a la cultura y a la comunidad, con el fin de reducir el consumo de recursos, al tiempo que se mejora la calidad de vida en toda la extensión de la palabra.

Es la posibilidad de recuperar habilidades dormidas, de buscar en lo más profundo de nuestro ADN aquello que nos hace iguales a los demás seres del planeta: la capacidad de autoconstruir nuestro cobijo, redescubriendo el potencial de las manos que hicieron al cerebro y ganando en el intento salud física, al utilizar energía humana en vez de energía fósil, y generar así procesos constructivos que propicien la convivencia, la cooperación y la armonía.



En la azotea de la Gran Mezquita de Djenné, Mali, se incorporó un diseño de convección de aire caliente que se asemeja al que utilizan las termitas. Perforaciones que atraviesan la cubierta se tapan o destapan manualmente dependiendo la hora del día para mantener estable la temperatura al interior.



PRIMERA PARTE

MATERIALES CONSTRUCTIVOS





El uso de materiales constructivos de origen natural no es un proceso nuevo. Si bien es cierto que tuvo un importante resurgimiento derivado de la crisis energética de los años setenta, en realidad se trata de conocimientos desarrollados desde hace milenios, probados mediante experiencias permanentes y transmitidos hasta el presente gracias a la tradición.

A pesar de la importancia y trascendencia de la edificación sustentada en el manejo orgánico de los componentes constructivos, desafortunadamente esos saberes no se han conservado de manera integral como consecuencia del “desarrollo civilizador” que desde la revolución industrial –y de manera más radical durante el siglo XX– favoreció su menosprecio y olvido. La “evolución” del pensamiento y la tecnología actual nos han desconectado de la naturaleza y de nuestra herencia cultural.

Muchas civilizaciones de la antigüedad lograron vivir en armonía con su entorno gra-

cias a que durante prolongados periodos hicieron un uso racional de los recursos que empleaban para construir. En términos actuales, podríamos considerar que establecieron una relación sostenible con su medio, como lo demuestra la permanencia, hasta fechas relativamente recientes, de técnicas constructivas que se conservan casi sin cambios, como el adobe y el bajareque.



Una parte importante de los visitantes de Teotihuacán no sabe que los núcleos de las pirámides fueron hechos de adobes que en algunas áreas se conservan a la intemperie, a pesar de los siglos transcurridos desde su edificación.

Por esta razón, la experiencia de origen ancestral es una fuente inagotable de información que ya probó su eficacia y que puede resultar sumamente valiosa para el desarrollo de la bioconstrucción.

Esta disciplina, además de requerir del entendimiento de la naturaleza, necesita cimentarse en la comprensión de la manera en que se habitaba en el pasado y la forma en la que diversas comunidades actuales todavía viven en comunión con su entorno, gracias a que preservan los conocimientos atávicos que heredaron de generación en generación.

Aunque el término “bioconstrucción” tiene relativamente poco tiempo de empleo, sus principios han estado presentes y han guiado las interacciones de muchas sociedades a lo largo de milenios, hasta que recibieron la influencia de la modernidad, que las condujo a la falsa creencia en la infalibilidad de los materiales “científicamente probados” y de “larga duración” sin demanda de mantenimiento.

En la presente sección del libro se busca sistematizar algunas de las ideas sobre la forma de emplear los materiales de origen natural que han probado su vigencia hasta la fecha. El interés por estos criterios de diseño –históricos y tradicionales– no obedece a un capricho romántico derivado del cuestionable principio de que “todo tiempo pasado fue mejor”.

Es evidente que la generación de las diversas culturas constructivas surgió de inconta-

bles “ensayos y errores” en los que las sociedades aprendieron a respetar la naturaleza y a no repetir experiencias fallidas. La edificación tradicional es el reservorio de conocimientos depurados a partir de la materialización y de la repetición como medio de enseñanza, aprendizaje y transmisión al futuro.

La perspectiva que aquí se presenta deriva del estudio de algunas estructuras realizadas en la antigüedad, así como de su permanencia en manifestaciones vernáculas, cuyos resultados se consideran exitosos porque han conseguido llegar a nuestros días a pesar de los cambios de modas y las diversas influencias culturales.

Las obras tradicionales –contrariamente a lo que se suele suponer al considerarlas soluciones ingenuas y simples, basadas en la sola intuición o en la superstición– en realidad son ejemplos de alta tecnología probada a través de los siglos. Son obras altamente refinadas en las que cada componente tiene una razón de ser perfectamente definida y en las que cualquier alteración a su lógica constructiva afecta de algún modo el equilibrio del conjunto.

Es necesario identificar el papel que juegan los diferentes componentes de las obras históricas y tradicionales, a partir de las relaciones que los estructuran como sistemas y de la interacción que desarrollan con su entorno natural.



Las comunidades prehispánicas que habitaron la Sierra Tarahumara, en Chihuahua, aprovecharon sabiamente los recursos de su medio para enfrentar las hostiles condiciones climatológicas imperantes.

Compatibilidad

Al igual que sucede en la naturaleza, donde la combinación de un número limitado de elementos químicos ha permitido el desarrollo de la vida, en la construcción tradicional la base de los sistemas radica en un pequeño grupo de materiales. Sus propiedades físicas, así como su disponibilidad y facilidad de transformación, condujeron a las sociedades del pasado al desarrollo de composiciones que resolvieran sus necesidades de la manera más lógica posible.

Pero además de las cualidades de estos componentes, las limitaciones de su funcionamiento como respuesta a su entorno, condujeron a la evolución de los sistemas. El potencial y la vulnerabilidad de los diferentes recursos

naturales fueron llevando a procesos de “selección y supervivencia” de los más aptos.

Como se explicará más adelante, la tierra y las piedras son materiales que permiten generar unidades que se caracterizan por resistir fuerzas de compresión. Por ello siempre han conformado la base de los elementos de soporte de las estructuras.

Sin embargo, su posibilidad de enfrentar empujes laterales, esfuerzos a tracción o a flexión es limitada. Es por eso que, si se requiere solventar ese tipo de demandas estructurales, esos componentes térreos o pétreos habrán de asociarse a materiales leñosos o fibras, que son elementos que responden muy bien a la tensión.

Por ejemplo, en las estructuras de baja-que la combinación entre varas o carrizos con capas superpuestas de morteros arcillosos, incrementa la capacidad del sistema para resistir a la tracción, pero simultáneamente aumenta el potencial de las varas para soportar presiones. Y, como beneficio adicional, la tierra le confiere durabilidad a los materiales leñosos al mantener estable su nivel de humedad, con lo que se evita su pudrición o la penetración de organismos que se alimenten de las sustancias orgánicas descompuestas (Guerrero, 2017).

Un aspecto que define la lógica de la construcción tradicional es que los materiales están estrechamente relacionados entre sí y



Las capas de tierra que cubren la madera en las estructuras prehispánicas de bajareque de Caral, en Perú, han permitido que se conserve por más de 4000 años (Shady, 2009).

siempre despliegan respuestas a partir de su interacción sistémica. Cada parte interviene en procesos de “ayuda mutua” en los que la vulnerabilidad de una de ellas es mitigada por las capacidades de otras.

Por ello, uno de los principios clave de la permanencia de las culturas constructivas vernáculas obedece a procesos de “acompañamiento” y compatibilidad entre sus materiales. Esta relación evita que se causen daños al coexistir, apoyándose unos a los otros de manera orgánica. Como en todo organismo vivo, cada componente del conjunto tiene su razón de ser en función del resto de los elementos. Entonces, las cualidades de cada pieza no pueden entenderse de manera aislada sino siempre en relación con sus vecinas inmediatas y con el sistema completo que se forma a partir de la interacción grupal.

Pero la selección de la materia prima siempre surge de problemas o necesidades específicas. Es el medio que permite atender demandas concretas. Lo importante no es la presencia de un determinado material sino el rol que cumple como parte del todo.

Por ejemplo, ante el problema de la retracción volumétrica de las tierras arcillosas utilizadas para hacer adobes o enjarres, es posible actuar agregando arena o paja a las mezclas. Pero la clave del comportamiento físico del sistema no está en esos materiales en especial, sino en el trabajo interno que realizan en los componentes térreos (Guerrero, 2016). Si no se entiende que el papel de las fibras o los áridos consiste en estructurar al sistema a partir de la dispersión de los esfuerzos que generan las arcillas al contraerse durante su secado, se puede caer en el recurrente error de suponer que determinado sistema constructivo sólo puede ser realizado a partir del empleo de materiales específicos. Como lo han demostrado las diversas prácticas constructivas del orbe, es posible llegar a resultados igualmente exitosos si a las tierras arcillosas se les incorpora grava, estiércol de bovinos, acículas de pino, cascarilla de arroz, fibras de algodón, lana, crin de caballo o cualquier otro recurso natural disponible.

A partir de la correcta interpretación de la manifestación de cada problema, se plantean alternativas para su atención. La construcción

y las actividades de mantenimiento periódico permiten dar seguimiento al comportamiento de las estructuras. La presencia de anomalías es el detonante de procesos evolutivos de las estrategias. Pero su éxito depende necesariamente de la búsqueda sistemática del verdadero origen de los problemas. La falta de atención a las causas genera desperdicio de tiempo y recursos, o peor aún, la implementación de acciones que pueden provocar daños colaterales.

Procedimientos

Se suele suponer que los componentes y técnicas antiguas eran de “mejor calidad” y que por eso se conservan muy bien los monumentos del pasado. Pero este hecho no es “obra de la casualidad”. Una parte importante de la explicación de la sorprendente durabilidad de materiales constructivos que han llegado hasta nuestros días tiene que ver con los procedimientos empleados en la selección de las materias primas, su transformación y su aplicación en la construcción.

Es importante descubrir los insumos con los que se construía en otros momentos, pero es indispensable también identificar la necesidad específica que se buscaba satisfacer, así como la manera en que se elaboraban los componentes constructivos, se combinaban y se ejecutaban las obras.



Los monumentos funerarios prehispánicos llamados *chullpas*, se construyeron mediante capas superpuestas de cúmulos de tierra arcillosa y la paja del pasto andino llamado *ichu*. Chacarilla, Bolivia.

Desafortunadamente estos “cómos” no son fáciles de reconocer y documentar en los estudios que se realizan en edificios históricos y vernáculos. Este problema en gran medida surge del hecho de que se cuenta con muy pocos textos originales que detallen los métodos constructivos seguidos. En la actualidad se desconoce la mayoría de los procedimientos vernáculos porque fueron transmitidos de padres a hijos o de maestros a aprendices, a través de la práctica misma y, por lo tanto, no había necesidad de contar con documentos que los describieran. Al tratarse de saberes compartidos por la mayoría de los miembros de las comunidades, no parecía tener sentido narrarlos y menos aún dejarlos por escrito: solamente había que hacerlos y sentirlos.

Además de esta escasez de fuentes documentales, se presenta el problema de que en los vestigios arqueológicos muchas veces no son evidentes las huellas de los utensilios de obra ni de los pasos seguidos durante su elaboración.

A simple vista, en una ruina no se nota fácilmente si la tierra que se usó para construir fue tamizada, se decantó, se mezcló o se extrajo de uno o más bancos de materiales. Más complejo resulta identificar, por ejemplo, si un revestimiento se ejecutó en una o más capas simultáneas, si se trata de reparaciones posteriores, si se aplicaron a mano o con la ayuda de herramientas, en qué estación del año se colocaban, o si las mezclas fueron estabilizadas con sustancias orgánicas cuyo efecto y rastros desaparecieron hace décadas.

Esta falta de información básica nos pone ante una encrucijada pues, aunque pudiera contarse con la misma materia prima, por más que se cuiden los procesos constructivos, es altamente probable que los resultados difieran de los restos antiguos.

Cuando no hay indicios de los métodos de elaboración, no es fácil imaginar las etapas de los procedimientos para desarrollar estructuras, porque las vemos como “hechos consumados”.

Por ello, si se encuentran las ruinas de un muro que fue realizado con tierra amasada, por ejemplo, a simple vista puede confundirse con uno de tapia. Lo que un investigador



En las ruinas de Joya de Cerén, El Salvador, diversos muros parecen ser de tapia pero sus núcleos presentan fisuras, grumos y vacíos que evidencian que originalmente la mezcla estaba demasiado húmeda como para ser compactada, por lo que es más probable que se hubiera edificado con la técnica de tierra amasada.

observa en esa estructura es una acumulación de capas de tierra con superficies notablemente lisas y una serie de hiladas superpuestas que aparentemente tienen secciones que denotan una especie de bloques (Guerrero, 2018).

Pero si se conocen las condiciones que debe reunir la tierra para ser trabajada con una técnica y no con otra, la cantidad de agua que ha de tener una masa para poderse compactar, las fuentes de extracción, la organización de las comunidades, los instrumentos y herramientas con los que se contaban en cierta época, entre muchos otros factores, es posible tener más detalles que permitan determinar el proceso que pudo haber recibido la materia prima en manos de sus constructores, para transformarse en el muro que observamos.



La mezcla para hacer adobes debe dejarse reposar para que tenga una adecuada plasticidad. Guadalupe, Zacatecas.

Un número importante de estudios de obras preexistentes se enfoca en la búsqueda de “materiales mágicos” que permitieron alcanzar buenos resultados, pero se deja de lado la vital cuestión de las técnicas de ejecución de las obras.

Este hecho en cierta medida obedece a una visión “moderna” de los fenómenos que lleva a suponer que la materia y sus combinaciones lo resuelven todo. Es una tendencia en la que se pasa por alto aquello que no se ve, es decir el mundo inmaterial del “saber hacer”: el Patrimonio Intangible.

Aunque algunos de los pasos seguidos tradicionalmente para la recolección, corte, extracción o transformación de las materias primas puedan parecer “supersticiones”, normalmente obedecen a condiciones derivadas

del conocimiento profundo de las leyes de la naturaleza. Como se detallará posteriormente, existen motivos totalmente lógicos para la elección de los “momentos propicios” de realización de determinadas tareas, como el corte de los vegetales o el amasado de la tierra. Incluso es posible que hasta tengan que ver con lo que podría considerarse como medios de manejo sostenible de los recursos. Se veía la conveniencia de utilizar lo que brinda la naturaleza sólo en periodos y cantidades precisas para evitar su agotamiento.

Antes de pretender “mejorar” los procesos que guían la edificación vernácula es fundamental buscar su explicación. Resulta arrogante y hasta ilógico echar por la borda la energía y conocimientos invertidos en la experimentación atávica de las generaciones de constructores que nos antecedieron.

Uno de los factores que se suelen despreciar de las culturas constructivas locales se deriva del manejo del tiempo. El mundo globalizado en que vivimos se sustenta en la idea que todo puede ser “optimizado” para hacer “más con menos” y a la mayor velocidad posible.

Esa tendencia pasa por alto el hecho explicado química y físicamente de que los materiales requieren hidratarse, mezclarse, fermentarse o secarse por periodos largos, a fin de lograr reacciones completas.

Sólo por citar un ejemplo relativo al manejo del tiempo en la elaboración de adobes, Vitruvio, el arquitecto y tratadista romano que