

# Naturaleza de la arquitectura. Análisis transdisciplinar

Fecha de recepción: 23/09/2021

Fecha de aceptación: 25/10/2021

Azael Pérez-Peláez

Yvette M. Gómez-Gómez

## Resumen

Mediante una revisión general de los factores integrales de la naturaleza de la arquitectura y desde una visión transdisciplinar, se realiza un análisis de la conducta arquitectónica como fenómeno biológico a la vez que cultural y social con el objetivo de apuntalar el inicio de una línea de investigación que trasciende los límites de la postura antropocéntrica. Dichos factores son los de naturaleza material, estructural, funcional, social, estética, procesual y evolutiva. Derivado de esta revisión descriptiva se realiza un análisis introductorio que plantea la clave inicial para el cambio de paradigma, ya que puede ampliar los límites de la historia de la arquitectura hacia una escala de magnitudes geológicas, y a su vez, abre la oportunidad de un abordaje sobre el análisis del espacio habitable a profundidad para todos los seres vivos desde los factores ya mencionados para futuras investigaciones. Se concluye que los mecanismos conductuales constructivos comparten características que están presentes en todos los seres vivos, dichos mecanismos son rastreables filogenéticamente, y también ecológicamente, ya que están ligados a la evolución de la modificación del nicho descrita desde la biología, es por esto que se sugiere abordar el estudio teórico, histórico y filosófico de la arquitectura desde una convergencia transdisciplinar.

**Palabras clave:** Bioarquitectura, conducta constructiva, historia de la arquitectura, naturaleza de la arquitectura, bioconstrucción.

## Abstract

An analysis of architectural behavior is carried out as a biological, as well as a

*cultural and social phenomenon through a broad review of the integral factors of the nature of architecture, and from a transdisciplinary perspective in order to underpin the beginning of a research line that transcends the limits of the anthropocentric perspective. These are the material, structural, functional, social, aesthetic, procedural and evolutionary factors. Derived from this descriptive review, an introductory analysis that raises the initial key to the paradigm shift is implemented, since it can expand the limits of architecture history towards a geological magnitude scale, opening at the same time, an opportunity for an in-depth approach to the aforementioned factors for future research. It is concluded that constructive behavior mechanisms share characteristics that are present in all living beings, which are phylogenetically and ecologically traceable, since they are linked to the evolution of niche modification described by biology. This is why it is suggested to approach the theoretical, historical and philosophical study of architecture from a transdisciplinary convergence.*

**Keywords:** Bioarchitecture, Constructive behavior, History of Architecture, Nature of architecture, Theory of architecture.

## Introducción

La teoría de la arquitectura, la filosofía de la arquitectura y la historia de la arquitectura se derivan de una perspectiva antropocéntrica tradicional que supone que el ser humano es el único caso en que se presentan los factores integrales de la conducta constructiva y su sofisticación. Sin embargo, al encontrar los mismos factores incluidos en el despliegue conductual de otros

seres vivos, aunque con diferentes grados de sofisticación, se plantea la posibilidad de ampliar los límites disciplinares. De este modo se podría hablar de la teoría, la filosofía y la historia de la conducta constructiva dentro de una naturaleza de la arquitectura. Considerados como los primeros trabajos al respecto de la conducta arquitectónica, existen tratados que ya marcaban un claro enfoque antropocéntrico como es el caso de Vitrubio, quien ubicaba como factores integrales primordiales a firmitas, utilitas, venustas (estructura, función y estética) (Vitruvius, 1960).

A partir de ese enfoque, se han explorado diversos factores que se consideran integrales del asunto arquitectónico, aunque conservan los lineamientos esenciales marcados por Vitrubio y han dado lugar a movimientos tan significativos como el renacimiento en donde autores como León Battista Alberti y Girard Desargues parten del núcleo vitruviano y añaden fundamentos matemáticos para el análisis de la producción arquitectónica (Poudra, 1864; Tory, 1512).

Cuando la conducta constructiva se estudia como un fenómeno biológico, se amplía la perspectiva, y se notan los vínculos existentes entre especies que despliegan conductas similares y posiblemente emparentadas. No se trata de ejecutar juicios de valor para determinar lo correcto o incorrecto de las técnicas y procesos constructivos, como tratan de hacer los movimientos ecologistas o ambientalistas, se trata más bien de crear un nicho de transdisciplina en el que tanto las ciencias biológicas

como las arquitectónicas puedan converger para observar a la conducta constructiva como un asunto que ha estado fragmentado por las fronteras disciplinares.

Así mismo, la mirada experta de las ciencias de la arquitectura y el diseño tienen mucho que aportar en sus procesos de análisis para la observación, descripción y comprensión del comportamiento constructivo natural de las especies, es por ello por lo que hacemos un llamado al surgimiento de la perspectiva transdisciplinar. Es vital ampliar los estudios de los aspectos arquitectónicos de las construcciones de las especies antes sólo exploradas desde la etología o la ecología, para desarrollar modelos comparados no antropocéntricos, es decir, dinámicos y complejos que describan el comportamiento arquitectónico como un fenómeno socio-biológico.

Por otra vía de acceso al comportamiento constructivo, ciertos procesos edificativos pueden encontrar sus orígenes en mecanismos adaptativos rastreables hasta sus ancestros filogenéticos, por ejemplo, el caso de la construcción de estructuras laminadas a base de carbonato de calcio con funcionalidad de refugio colectivo para organismos como cianobacterias y diatomeas (Rodríguez-Martínez, 2010). Es probable que esta ampliación de los límites históricos de la construcción nos lleve a plantearnos la posibilidad de que no haya una diferencia real entre la arquitectura animal humana y la animal no humana más allá del grado de sofisticación, incluso se abre la posibilidad de contemplar el fenómeno constructivo como un asunto universal (no animal), presente desde la agregación de material mineral, la autoorganización molecular, celular, tisular y orgánica, y la generación bioconstrucciones de

orden vegetal, fúngico, protozoa, chromista, arquea o bacteria.

En opinión de los autores, el proceso de sofisticación corresponde a los niveles de complejidad de cada especie en su manifestación conductual, y se acelera con los procesos culturales, es decir que cuando la conducta constructiva depende de factores genéticos para transmitir su información entre los miembros de una especie, el ritmo de sofisticación parece ser estable y corresponde a su ritmo reproductivo, pero cuando los procesos culturales facilitan la transmisión de información y saberes de forma horizontal, es decir, sin depender de los factores genéticos, la sofisticación se acelera y la variabilidad se expresa en función de cuán compleja es la sociedad en donde se expresa la conducta arquitectónica, eso explicaría la diferencia de refinamiento técnico y estético que existe entre distintas especies o aún más en la misma especie presente en diferentes ecosistemas.

Partiendo de lo anterior, la bioconstrucción debe entenderse como la construcción por parte de los seres vivos y necesita una rama de las ciencias arquitectónicas y biológicas que pueda ser abordada desde la transdisciplina y que se encargue de estudiar a la construcción como manifestaciones de la modificación del nicho y la extensión del fenotipo sin las fronteras disciplinares que limitan la perspectiva de la teoría, la filosofía e historia de la arquitectura permitiendo que los métodos de análisis de todas las perspectivas encuentren tanto los descubrimientos como los fundamentos de los mismos para lograr una comprensión holística del fenómeno. A lo largo del artículo presentaremos algunos indicadores de los nexos de convergencia que podrían dar pie a esta nueva perspectiva.

El propósito principal de este artículo es

el de plantear puntos de convergencia transdisciplinar al respecto de la conducta constructiva que ayuden a ampliar los límites dados por la perspectiva antropocéntrica a la teoría, filosofía y la historia de la arquitectura.

Para describir el abordaje metodológico que se sigue para lograr el propósito se ofrece una breve descripción de una serie de factores integrales de la naturaleza de la arquitectura desde una óptica transdisciplinar. A partir de este inventario se desarrollará un análisis transitorio de cada uno para destacar los puntos que representan mayor importancia para su estudio desde la transdisciplina. De manera especial, se realiza un breve recorrido general sobre los distintos materiales constructivos tanto los autosecretados, como los recolectados para ilustrar la amplitud de la Naturaleza material de la conducta constructiva; posteriormente profundizaremos en aspectos de la Naturaleza estructural en donde se analiza la ergonomía y la relación entre las medidas y proporciones de los organismos constructores así como sus obras resultantes; también se abordará la relación entre función y forma para profundizar en la Naturaleza funcional de la conducta constructiva desde una mirada ecológica; luego, en el mismo orden de ideas se hará una reflexión sobre los factores que posibilitan la organización, la cooperación, la división del trabajo y su impacto en la sofisticación y refinamiento de la conducta arquitectónica en el apartado de Naturaleza Social; al abordar estos puntos se retomará la cuestión de la Naturaleza estética de la construcción para plantear la posibilidad de rastrear categorías de apreciación como la belleza o la fealdad, entre otras, y su posible nexo con conductas de presión selectiva sexual; y finalmente se profundizará en el apartado de la Naturaleza procesual que es un factor

que plantea la posible clave inicial para el cambio de paradigma y puede ampliar los límites de la historia de la arquitectura hacia una escala de magnitudes geológicas; cerramos el ensayo con un análisis de la Naturaleza Evolutiva de la arquitectura a partir de la reflexión sobre sus características adaptativas. Concluimos que este análisis de factores, aunque escueto, es el punto de quiebre que posibilita la exploración profunda de todos los factores de la naturaleza de la arquitectura dejados de lado por la perspectiva antropocéntrica para futuras investigaciones.

### **Factores de amplitud disciplinar en el asunto arquitectónico**

La Conducta constructiva es moldeada por los factores naturales que ejercen presiones ambientales y sociales. Esto provoca un proceso de sofisticación de las conductas que se adaptan a dichos factores dando como resultado múltiples manifestaciones arquitectónicas. La figura 1 ilustra este proceso.

En el presente apartado se presenta un inventario condensado de los principales factores que intervienen en la conducta constructiva. Se enuncian 7 factores, pero se reconoce la posible consideración de otros, el propósito de los factores enunciados es el de dar una muestra de la cantidad de

constructivo; las que retiran material, las que aglutinan material y las que buscan espacios adecuados (en el apartado de naturaleza procesual se profundizará más sobre estos modos de construir) En el caso de aquellas que aglutinan el material demuestran habilidad para generar estructuras con arcilla conformadas por celdas para varios individuos, cada una de sus construcciones tiene la forma de una vasija en la cual coloca un huevo y varias orugas, luego tapa el recipiente y repara los desperfectos con más arcilla (Evans & Matthews, 1974). Otro de los ejemplos más sofisticados de comportamiento constructivo con modelado de arcilla es el presentado por las termitas *Amitermes meridionalis* que no se limita a la maestría del manejo del material, sino que también es modelo de eficiencia en la modificación del nicho para adaptarse a las presiones ambientales, ya que sus estructuras son capaces de regular la temperatura o gestionar el agua, como en el caso de la especie *Cubitermes*, mediante la orientación y la naturaleza estructural (Pallasmaa, 2020). La arcilla es también uno de los materiales que caracterizan la conducta constructiva del ser humano, es probable que después de superar una etapa de adaptación a estructuras naturales como cavernas, el ser humano primitivo se haya dado a la tarea de generar sus refugios mediante el modelado de tierra y dicha información se ha transmitido por vías culturales a lo largo de su historia. En los últimos años, la construcción con arcilla ha resurgido como un material de naturaleza sostenible de bajo impacto y con cualidades muy extendidas (Bestraten, Hormias, & Altemir, 2011).

**Calcio.** Se puede presentar en forma de Calcita, aragonita, portlandita, entre otros. El proceso de calcificación de organismos que extraen carbono para formarsusexoesqueletos,este procesose

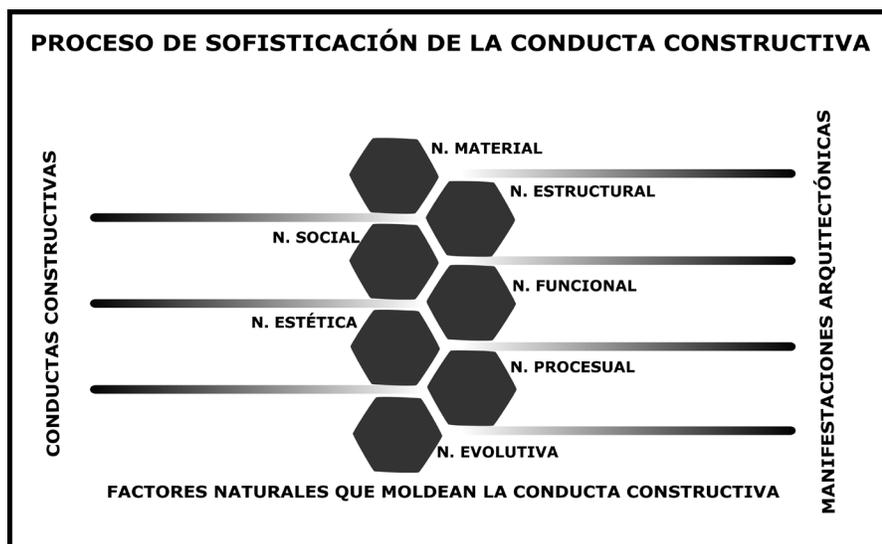


Figura 1. Proceso de sofisticación mediante el cual los factores naturales moldean a la conducta constructiva. Fuente: elaboración propia, 2021.

critérios que pueden ser abordados desde perspectivas transdisciplinares y ampliar así los fundamentos de la teoría, filosofía e historia arquitectónicas.

### **Naturaleza material**

La conducta constructiva se manifiesta de diversas maneras, aunque es probable que una de las más diversas sea su naturaleza material. Aunque en el apartado de la naturaleza procesual se abordará el origen y método de instrumentalización de los materiales relacionados con la actividad constructiva, aquí elegiremos una muestra de las distintas materias primas utilizadas en diferentes procesos constructivos con el fin de ilustrar su gama y alcance.

**Arcilla.** Muchos organismos instrumentalizan sus capacidades arquitectónicas mediante el modelado de arcilla, la avispa alfarera es un buen ejemplo de ello cuya variedad de especies manifiestan al menos tres tipos de comportamiento

retoma en el párrafo relativo al carbono.

**Carbono.** El carbono y su ciclo es un mapa de la transferencia energética y sus rutas en el ecosistema. Es un indicador del equilibrio o falta de tal en los diferentes ambientes tanto terrestres como acuáticos o mixtos, y su alteración en un medio afecta el equilibrio en otros. Particularmente es interesante para efectos de esta revisión el hecho de que gran parte de las construcciones generadas en entornos naturales estén generadas a partir de procesos de concreción de carbono, esencialmente de carbonato de calcio en el caso de las complejas estructuras bentónicas tridimensionales conformadas por exoesqueletos de múltiples organismos que se asocian en arrecifes y comunidades marinas. El proceso en el que se liga al calcio establece un gran ciclo bio-geoquímico que sostiene gran parte de la obra constructiva global. Muchos de los organismos que sostienen la base de la cadena trófica del carbono se avocan a la calcificación mediante la extracción masiva de carbono para lograr su autoconstrucción (Keith E. C., 1972).

**Excremento.** El proceso digestivo de los animales es uno de los primeros mecanismos de modificación del entorno, tanto para la producción de materiales mediante metabolismo, como en el caso de la biomineralización, como en el caso de la modificación del nicho por la propia conducta de comer y digerir y excretar. En éste proceso, una serie de materiales son ingeridos, metabolizados y otro tipo de materiales, con características diferentes a los iniciales son excretadas, ciertas características como su composición, adherencia, o su maleabilidad convirtieron al excremento en uno de los primeros materiales de producción arquitectónica, en ciertos casos, incluso, es el vínculo entre varias especies, por

ejemplo el excremento de caballo o vaca es un aditivo esencial en ciertos tipos de adobe y otras técnicas de arquitectura con tierra producidos por sociedades humanas (Pérez, Guzman, & Arroyo, 2009). Y también en otras especies se manifiestan vínculos constructivos y de anidación alrededor del excremento, ciertos escarabajos se vinculan directamente con los productores del excremento que utilizan para nidificar (Lobo & Halffter, 1994).

**Saliva.** La solución de adherencia entre materiales granulados se ha solucionado mediante la utilización de biopolímeros en muchas obras arquitectónicas de diversos organismos. En algunos casos, la saliva provee una fuente práctica, fuerte y resistente para adherir nidos a acantilados, paredes, techos o cornisas (Jung, Jung, Kim et al., 2021). Más allá del uso evidente de la saliva como adhesivo, su composición es una evidencia de la construcción en órdenes moleculares, la mucina, que es el principal compuesto protéico que le da la consistencia de gel a la saliva, posibilita en muchos otros organismos la autoconstrucción de estructuras, por ejemplo, está presente en los moluscos al biomineralizar el calcio y formar sus caparazones, y también es de importancia en el proceso de construcción de los esqueletos calcáreos de los equinodermos (Marin, Corstjens, De Gaulejac et al., 2000).

**Seda.** Algunos organismos como los colibríes emplean seda de araña para la impermeabilización de sus nidos. Sin embargo, es notable que este material pertenezca a una gama muy variable de usos que abarcan al menos dos tipos de procesos constructivos, los que generan el material, como las orugas o las arañas; y los que aglutinan materiales, como los mencionados colibríes y otros organismos que aprovechan las virtudes del material recolectándolo (Pallasmaa, 2020). El uso de la seda

como material es resultado de un proceso de biogeneración que puede ser rastreado hasta ancestros con más de 392 millones de años de antigüedad, y que ha resultado ser un material valioso que se ha transmitido a través de la historia filogenética de muchas especies (Garb, Ayoub, & Hayashi, 2010; Correa-Garhwal et al., 2019).

**Silicio.** El silicio como material de construcción se presenta desde niveles microscópicos y ha evolucionado hasta estructuras macroscópicas que ciertos organismos generan por su valor adaptativo. La principal forma en la que el silicio se expresa es en silicatos, que aparecen extensamente en el mundo vegetal y son un ejemplo de redes covalentes, se observan en las hojas o incluso en plantas enteras que están cubiertas de espinas o cabello de sílice que las protegen de herbívoros depredadores (Trembath-Reichert, Wilson, & McGlynn, 2015).

**Otros.** La lista de ejemplos de variedad material en la construcción podría extenderse indefinidamente, ya que la innovación es parte intrínseca de la evolución de las especies por lo que todo tipo de materiales, tanto los autosecretados como los recolectados o sintetizados siguen un proceso paralelo de sofisticación. Aún dentro de los materiales con historia ancestral existen muchos que faltan por tomar en cuenta, como la cera que, aunque está presente en muchos organismos con fines de protección contra el agua, parásitos o temperaturas, en algunos casos se ha sofisticado su uso como material de construcción como por ejemplo en los panales de abejas. También se podría mencionar una categoría de materiales derivados de relaciones interespecíficas como las hojas y hierbas que algunos animales recolectan para la construcción de nidos y madrigueras. En esa misma categoría, pero con cierta

sofisticación procesual se pueden mencionar a las fibras vegetales que algunos organismos obtienen a partir del procesamiento de plantas para crear estructuras tejidas con técnicas refinadas en las que participan animales complejos como el ser humano. Aunque también se podría dirigir la atención hacia el sentido contrario, es decir hacia los procesos ancestrales de materialidad que posibilitó en primer lugar la propia construcción del ser vivo, como la glucosa y los procesos de constitución celular. También es este sentido ancestral, se podría mencionar el proceso material de los lípidos y su importancia en la construcción de membranas y tejidos. Algunos materiales de relación interespecífica que parecen haber evolucionado en función de su utilidad para su propia constitución y para el servicio que prestan a otras especies sería otra categoría por explorar, como la madera que es una forma autoconstructiva de ciertos vegetales pero que a la vez establece relaciones interespecíficas como material constructivo para otras especies, desde insectos minadores, hasta sociedades complejas como la de los castores, las hormigas o los humanos. También se debe tomar en cuenta el rubro mineral, es decir, piedras y metales que han formado parte crucial en el desarrollo de técnicas constructivas en muchas especies. Por otro lado, los materiales de síntesis compleja como el papel que es una solución redundante, es decir con convergencias evolutivas desde la conducta de diversas especies que han logrado desarrollar sus propias formulas a partir del procesamiento de fibras vegetales de su entorno, como en el caso de las avispas o el ser humano. En el mismo sentido, se debe mencionar la depredación como conducta adaptativa que posibilita la obtención de materiales valiosos en la construcción y su vínculo con la cultura y la transmisión de saberes al respecto

de su manejo y procesamiento, como las pieles, los huesos, plumas, pelo, lana. Finalmente consideramos importante mencionar que existe una categoría de la naturaleza material que surge a partir de la reutilización de residuos de procesos de otras conductas, o incluso de conductas de otras especies, así, la basura de unos se convierte en el material constructivo de otros, como las mudas de pelo, las cáscaras de frutos, los restos alimenticios, la basura humana y otros casos similares.

### ***Naturaleza estructural***

El tamaño y la proporción de una construcción están ligadas inevitablemente al alcance de la herramienta que se usa para llevarla a cabo. Es por eso por lo que es muy útil analizar si una construcción da información sobre el tamaño, comportamiento, y tipo de herramientas que emplea algún ser vivo para construirla. Cuando una obra se construye en un nivel ergonómico inmediato, es decir sin extensiones de las distancias y proporciones dadas por el propio cuerpo la estructura de la construcción obedece al alcance sensoriomotor del constructor, y las proporciones de la estructura crecen conforme dicho alcance se extiende.

La naturaleza estructural de las obras está en función de las herramientas que utilizan los constructores para realizar la obra, y dichos aspectos pueden variar según la distancia existente entre el individuo que construye y el alcance que le da la herramienta que utiliza y para extender su alcance se tiene en cuenta lo que el constructor usa para construir y la propia obra. La estructura y sus proporciones describen así a las herramientas constructivas utilizadas, que cuando son inmediatas pueden ser patas, boca o pico; aunque también dan cuenta de sus habilidades como volar, reptar o caminar; o de sus necesidades

como el refugio, alimentación o convivencia. Cada especie construye en tamaño proporcional a su cuerpo y con las herramientas con las que cuentan. La naturaleza estructural crece cuando se utilizan herramientas que extienden las capacidades del propio organismo, lo cual también se puede asociar con la sofisticación en los métodos constructivos, como en el caso de los primates superiores que utilizan ramas y piedras como herramientas, o los humanos que desarrollan sus capacidades constructivas mediante herramientas o máquinas desde palas y picos hasta una impresora de concreto.

### ***Naturaleza funcional***

Todo comportamiento depende de su éxito para conservarse y transmitirse. Aquellas conductas que resultan poco provechosas se pierden en virtud de sus fallas y el peligro que representa para la especie, por el contrario, las conductas que resultan exitosas, representan una ventaja que aumenta la posibilidad de adaptarse a las presiones del ambiente y por lo tanto se conservan y se transmiten, puede ser por vía vertical (genética) o por vía horizontal (cultura), es por ello que la función es un criterio fundamental para la comprensión de la construcción como una conducta que se ha transmitido desde el origen de la vida.

El éxito de la conducta arquitectónica radica especialmente en el valor adaptativo que representa para los grupos sociales que la desarrollan. Cuando la conducta constructiva se manifiesta en un ambiente social la naturaleza funcional de lo que se construye deja de ser un asunto individual, adquiere importancia para el grupo y las proporciones dejan de tener relación directa con la talla individual de los individuos que las ocupan por lo que se enfocan más en el uso social que se le dará a cada estructura (Bedford et al., 2019). Es por

eso que la naturaleza funcional una manera de inferir el valor adaptativo que una construcción representa para un grupo. Por ejemplo, la construcción de nidos de aves es un caso en el que una especie altamente social, construye grandes nidos comunitarios, lo que requiere esfuerzo y mantenimiento constante, y la cooperación se vuelve una estrategia evolutiva estable, ya que aunque el beneficio no sea inmediato ni cercano, las consecuencias de no cooperar serían peores; los individuos tramposos serían una carga para la colonia, y su falta de cooperación reducirá cada vez más la adecuación a nivel grupal y por consecuencia a nivel individual (Dijk et al., 2014).

Cuando la función domina en la conducta constructiva el individuo que construye una parte puede terminar construyendo para alguien más o para una función distinta al papel que él mismo ejecuta dentro del grupo, como en el caso de castas constructoras como obreros, sin embargo, cooperar genera beneficios grupales que aumentan el valor adaptativo de la conducta constructiva para la especie en general. Esto indica que el valor adaptativo de una conducta llega a ser más grande que el valor de un individuo aislado. Así es como especies altamente organizadas como la humana, o ciertos insectos eusociales son capaces de desarrollar sus obras constructivas a grados tan altos de sofisticación.

### ***Naturaleza social***

La organización social da lugar a la sofisticación del comportamiento, promoviendo la evolución de competencias provechosas para el grupo, como la arquitectónica, ya que son conductas que sirven para resolver conflictos que surgen de complejidad asociada a vivir en colectividad (Varela, Teles, & Olivera, 2020). Tomemos por ejemplo el caso de los pergoleros, una

familia compuesta por varias especies de aves, en las que los machos construyen estructuras parecidas a emparrados de diversa complejidad, compuestos de ramas y adornados con hojas, flores, vayas, piedras, conchas, e incluso objetos creados por los humanos. El objetivo de estas estructuras es puramente social, pues atraen la atención de las hembras para que ellas puedan elegir con quién aparearse; de esta forma, las preferencias de las hembras moldean el estilo de construcción de la especie, pero también constituyen una presión que hace que los machos se esfuercen en construir estructuras más allá del molde "rígido" que representa su fenotipo extendido (Mainwaring et al., 2014). Estas construcciones presentan ciertas características que varían entre individuos de la misma especie, como el tipo y la cantidad de adornos, los lugares donde se colocan y el color de los mismos (Diamond, 1986). Si asumimos que la creatividad es el resultado de la búsqueda de novedad partiendo del aprendizaje, la experiencia y la personalidad de cada individuo, aplicado a lo que se construye o crea, entonces, la creatividad está presente en casos como estos, incluso se discute si esta conducta puede ser un indicador de virtud artística o estética en los animales (Diamond, 1986; Kaufman et al., 2011; Miller & Cohen, 2001).

En otras especies, la cooperación social en la construcción es necesaria para la supervivencia. En las aves tejedoras africanas, vivir en nidos comunales grandes les brinda ciertos beneficios como la regulación de la temperatura, pero deben cooperar para mantener la estructura del nido, de lo contrario, sufren agresiones por parte de otros miembros (Leighton & Meiden, 2016; R. van Dijk et al., 2013). Aunque más adelante hablaremos más a detalle de cómo se da la cooperación en la conducta constructiva (¿Cómo se da

la construcción? Criterios ejecutivos), por ahora es importante mencionar que la cooperación ha permitido a algunas especies sofisticar el tipo de construcciones que llevan a cabo. Si comparamos la arquitectura de insectos eusociales, como algunas abejas, avispa, hormigas y termitas con especies de la misma rama evolutiva pero menos sociales, (ya sea solitarias o que formen grupos pequeños), es muy notoria una relación directa entre el grado de complejidad social y el grado de complejidad arquitectónica, pues entre más crece el grupo se necesitan espacios más grandes y organizados (Theraulaz et al., 2003).

Un hecho interesante de la conducta constructiva que evoluciona en sociedad es que solo se manifiesta dentro de una sociedad. Una termita, de forma individual sería incapaz de construir un termitero a pesar de que está equipada con mecanismos innatos que regulan su conducta constructiva, pues además de que es mucho trabajo para una sola termita los detonadores sociales que regulan dicha conducta no estarían presentes ni la ayuda necesaria. Así mismo, un ser humano de forma individual, o incluso un grupo de humanos, no podrían construir un rascacielos, una nave espacial o una ciudad, sin los detonadores sociales y culturales que permiten que se adquiera la información necesaria para lograrlo.

### ***Naturaleza estética***

La variedad de manifestaciones arquitectónicas no puede ser explicada sólo como un resultado de la fuerza de los principios evolutivos. Es claro que existen procesos complementarios como el de la selección estética. Un proceso mediante el cual la presión reproductiva manifiesta variaciones creativas, que buscan destacar a un individuo entre otros similares. La construcción con materiales

decorativos, la selección por colores, la ornamentación original de espacios, la innovación material o formal son claros ejemplos de este tipo de procesos. El pájaro fusil es un ave que no sólo crea sus propias estructuras corporales en función de su naturaleza estética, (color super negro y dimorfismo sexual), sino que también su fenotipo extendido se ve modificado en función de su despliegue estético, durante su cortejo, realiza labores de limpieza y decoración (Frith & Cooper, 1996). Cuando este tipo de selección estética es llevada hacia las manifestaciones arquitectónicas se explican muchas de las variaciones que se dan aún entre especies emparentadas o aún dentro de la misma comunidad. Retomemos el ejemplo del pájaro pergolero, es un ave que manifiesta una clara naturaleza estética en sus obras constructivas, y es evidente que esta tendencia marca una gran influencia en la variabilidad de estructuras que elabora. (Firth & Firth, 2005). La naturaleza estética de la arquitectura es un tópico que se ha pensado como una manifestación exclusivamente humana, sin embargo, estos ejemplos y muchos otros nos indican que la interpretación de la belleza y otras dimensiones estéticas de las obras constructivas, sirven de pistas selectivas que refuerzan la evolución de las especies, y por lo tanto está presente en muchas formas de vida. La naturaleza estética de la obra arquitectónica explicaría el refinamiento dado a ciertas manifestaciones que superan la mera ejecución rutinaria, y se destacan por su innovación, creatividad o belleza, existen construcciones que no se detienen en el objetivo de modificar el entorno para beneficio de la especie que lo ocupa, tal vez en función de la selección en función del sexo como lo insinúa Darwin en su obra sobre el origen del hombre, en donde insinúa que los principios evolutivos de sus primeras obras están incompletos si no se tiene en cuenta la

noción de belleza (Darwin, 2020). Aún queda por profundizar la observación del comportamiento estético desde perspectivas ecológicas para localizar los mecanismos de categorías hasta ahora sólo exploradas en animales humanos, como lo feo, lo monstruoso, lo siniestro, y expresiones complejas como la repulsión, el horror o la indiferencia, como fenómenos localizables en obras escultóricas o arquitectónicas. Para lograr abordar este nicho de investigación será necesario que la transdisciplina localice el hilo conductor que conecta los rasgos culturales presentes en las especies sociales para dar seguimiento a los mecanismos por los cuales se ha complejizado. Cabe preguntarse, por ejemplo, si los rasgos de sentido estético en las obras de organismos cuyo sentido está evidentemente ligado a las presiones de selección sexual pudiera ser sólo diferente en grado de complejidad y no en esencia de las manifestaciones escultóricas de animales más complejos como los humanos, cuyas presiones no sólo son sexuales sino también sociales y emocionales.

### ***Naturaleza procesual***

Algunos organismos se utilizan los tres tipos de procesos para una sola estructura, como la araña trampera *Bothriocyrtum californicum* que primero retira material con una técnica de excavación, creando una madriguera para luego recubrirla con material que recolecta del entorno y genera una red de filamentos que ella misma produce para complementar la obra (Garb, Ayoub, & Hayashi, 2010). Procesos que sintetizan materiales. Existen varias maneras en la que los organismos manifiestan la capacidad de generar los materiales con los que construyen a partir de funciones metabólicas, como la biomineralización, la bioprecipitación, la biogeneración, biolixiviación, biooxidación o el anabolismo de minerales. Se ha

observado que esta conducta es rastreable hasta especies microscópicas que la manifiestan en procesos de construcción de biopelículas a base de carbonato de calcio generando cristales de calcita mediante bioprecipitación de carbonatos (Aguilera Páramo, Narváez Zapata, & Ortega Morales, 2015). Procesos que quitan materiales. Los llamados excavadores suelen ser organismos adaptados a la vida bajo la superficie de la tierra, y existen ejemplos de sistemas muy complejos y sofisticados de madrigueras como las de los topos, que presentan una conducta depredadora con un vínculo muy fuerte a su arquitectura, es decir que la forma de sus madrigueras está dada en función de su conducta de búsqueda de presas (insectos) (Lin, 2017). Procesos que aglutinan materiales. Con lo expuesto hasta ahora, se puede inferir que existe una línea indicadora del grado de sofisticación de la conducta constructiva, que parte desde los organismos que ocupan un espacio dado en el entorno, y se sofistican en organismos que crean su refugio mediante conducta excavadora, y que luego deviene en seres vivos que son capaces de recolectar materiales y aglutinarlos para modificar el nicho creando su refugio. Para decirlo de forma más simple, se puede hablar de organismos que habitan cavernas, organismos que perforan cavernas y organismos que crean sus cavernas.

### ***Naturaleza evolutiva***

Se ha insinuado a lo largo del artículo que la construcción es una cualidad intrínseca de lo vivo. Todo organismo posee capacidades constructivas, particularmente las que le permiten construirse a sí mismo, capacidades auto constructivas que se manifiestan de forma endógena; El instructivo para construir un organismo está inscrito en el material genético, comenzando por el ADN para armar proteínas, y luego,

mediante el metabolismo de materiales externos, comienza la autoconstrucción que va desde el nivel molecular, al tisular, orgánico, sistémico y corpóreo, constituyendo el fenotipo de cada organismo. Dicho fenotipo puede proyectarse en estructuras que estén en contacto con el organismo, como espinas, púas, esqueletos calcáreos, conchas, escamas, pelo, u otras estructuras derivadas de hueso o piel. La construcción más allá del cuerpo del organismo se conoce como fenotipo extendido, la conducta que proyecta los patrones autoconstructivos hacia el entorno modificándolo en forma de refugios, nidos, madrigueras, ciudades y toda obra constructiva (Dawkins, 2016).

La extensión desde el fenotipo básico hacia el fenotipo extendido es resultado de su historia evolutiva; las capacidades constructivas son adaptaciones que adquieren las especies para resolver problemas específicos de su entorno, y se vuelven más sofisticadas a medida que los problemas se vuelven más complejos. En otras palabras, todos los organismos, desde las bacterias hasta los humanos, se enfrentan día a día con situaciones ambientales que amenazan la existencia, pero como especies se han ido adaptando a nichos particulares, adquiriendo, mediante procesos evolutivos, soluciones adecuadas a problemas específicos. A partir de la revisión de la naturaleza material, funcional de la arquitectura hemos observado que la autoconstrucción, es decir, el fenotipo básico se ha expresado en construcciones diversas, algunas que han sido útiles para adaptarse al frío, como el pelo de los mamíferos, otras estructuras han sido útiles para protegerse de la depredación y otras condiciones adversas como las conchas de los moluscos, e incluso hay estructuras que han sido útiles para conseguir alimento, cómo las garras y colmillos. Este tipo de adaptaciones se

conservan en la mayoría de las especies a partir de que surgen, debido a que son soluciones sumamente óptimas que mejoran la adecuación de las especies, y por lo tanto se continúan heredando.

La diversidad de estas estructuras es tan amplia como el número de especies, pues cada especie, a lo largo de su historia evolutiva se ha enfrentado a presiones ambientales particulares, y debe solucionarlas a partir de lo que han heredado y de innovaciones en su construcción, las cuales pueden surgir de mutaciones. Un claro ejemplo de ello es la evolución de las escamas en peces. Las escamas son una adaptación tegumentaria con tres funciones principales: reducción de la fricción, reducción de la abrasión y reducción de parásitos. Al moverse de nicho, las especies encuentran variaciones distintas en la turbulencia del agua, la presencia de parásitos y sus necesidades móviles, lo que hace necesario modificar las escamas en función de las nuevas necesidades ambientales (Fletcher, 2015).

El mismo principio evolutivo, que va de la herencia a la innovación y viceversa, se aplica para el fenotipo extendido. En ocasiones las especies resuelven retos ambientales por medio de estrategias conductuales que les permiten modificar su nicho en respuesta a sus necesidades, algunas utilizan materiales para construir, ya sea autosecretados por la misma especie, tomados del ambiente, o una combinación de ambos. En la evolución de las arañas, por ejemplo, se conoce que hubo un solo evento evolutivo que dio lugar a la conducta de tejer telarañas de orbes, a partir de ahí, en respuesta al tipo de presas disponibles en el ambiente y a las condiciones climáticas, este fenotipo extendido se fue diversificado, tanto en la arquitectura como en la composición química de la seda (Blackledge et al.,

2009; Craig, 1987). Del mismo modo, nos damos cuenta de que la Naturaleza procesual de la construcción también es combinada y evolutiva desde procesos que secretan sus materiales, como saliva, mucosas o excremento, hacia procesos retiran material como conducta excavadora, y a procesos que aglutinan material, evolucionando a procesos que utilizan todos los procesos en una sola obra; se sabe que los ancestros de la familia de las golondrinas eran aves que excavaban madrigueras, y que algunas de las especies descendientes han conservado este tipo de construcción, mientras que otras han cambiado a la construcción de nidos en forma de copas con varias cavidades, algunas abiertas y otras cerradas, pero siguen utilizando el material que usaban sus ancestros. La similitud en el material puede deberse a que el lodo sigue estando disponible en sus ambientes, mientras que el cambio en el modo de construir puede estar asociado al tipo de depredadores, al número de crías, entre otras cuestiones ecológicas (Brown, 2019; Heneberg, 2000). La herencia de habilidades constructivas, desde una especie ancestral a especies descendientes facilita la adaptación a nuevos entornos, y al hacer estás re-adaptaciones o modificaciones sobre lo ya heredado, surge la diversidad constructiva que conocemos.

### **Discusión**

Evidentemente existen otras perspectivas que apuntan hacia un divorcio de la postura antropocéntrica, el biomimetismo es una de las más destacadas. Sin embargo, es errada su noción que sigue dividiendo lo Humano de lo natural. Cuando afirman que el ser humano “debería” copiar a la naturaleza, o inspirarse de la tecnología animal, afirman subrepticamente que el ser humano no es un animal, lo cual es nuevamente una postura de orden antropocéntrico (García-Santibáñez

Saucedo, 2007); caso similar ocurre en las perspectivas que consideran que existe una arquitectura animal y una humana desarticulando así el comportamiento arquitectónico presente en todos los organismos (Pallasmaa, 2020). Nuestra postura es de mayor alcance, puesto que al admitir desde origen que el ser humano es un animal entre los demás, entonces se posibilita observar su conducta constructiva sin juzgarla como “errónea” o falta de sofisticación, y, al contrario, se le analiza cómo se da y se entiende como su manifestación natural. Esto no ayuda a entender que la naturaleza de la construcción es incluyente con el ser humano, que construye como ser humano, así como la hormiga construye como hormiga, cada cual con su historia evolutiva ligada al éxito de su comportamiento y superando sus propias presiones socio-ambientales. Por otro lado, existen aproximaciones que consideran la posibilidad de invertir la dirección de las posturas antropocéntricas para estudiar la conducta constructiva desde disciplinas biológicas o psicológicas, consideramos que es un camino plausible y que hace falta la voz de la teoría y la historia de la arquitectura para lograr una verdadera convergencia que amplíe los límites disciplinares (Sabater, 1985).

### **Conclusiones**

La observación transdisciplinar de la conducta arquitectónica nos facilita la exploración de su naturaleza desde un amplio panorama que supera las perspectivas antropocéntricas y no sólo con inclusiones parciales como la llamada “arquitectura animal”. Desde una visión ecológica podemos incluir información sobre construcción por parte de todo lo vivo teniendo así una noción más amplia de lo que se debería dar a entender por bioconstrucción, conducta constructiva de los seres vivos desde bacterias y

otros microorganismos, hasta animales e incluso vegetales, como puede ser el mencionado ejemplo de la generación de estructuras con fibras de silicio que algunas plantas construyen para defensa o sostén. No se detecta una línea evolutiva continua que describa la sofisticación de la conducta constructiva, y por tanto no se puede hablar de una historia filogenética de la arquitectura en un estado puro, sin embargo, esta investigación abre la posibilidad de nuevos abordajes que podrían analizar de forma profunda el espacio habitable del ser vivo sin las fronteras antropocéntricas. El artículo facilita el observar que existen múltiples líneas, que convergen en ciertos comportamientos y que pueden tener analogías en ciertas soluciones similares a problemas similares resueltos por distintas especies. Lo que se puede concluir es que la naturaleza social y cultural de la arquitectura ya no pueden ser abordados como fenómenos exclusivamente humanos, y que la naturaleza evolutiva y funcional tampoco pueden ser explorados exclusivamente desde las ciencias biológicas. El caso de las convergencias descritas en las naturalezas estética y procesual y estructural describen la manera en la que los límites de las disciplinas arquitectónicas y biológicas pueden aportar análisis de la conducta constructiva sin las tradicionales fronteras disciplinares que plantea la perspectiva antropocéntrica.

### **Referencias bibliográficas**

Aguilera Páramo, L., Narváez Zapata, J., & Ortega Morales, B. (12 de Diciembre de 2015). La bioprecipitación de carbonato de calcio por la biota nativa como un método de restauración. *Nexo Revista Científica*, 28(1), 25-40. doi:https://doi.org/10.5377/nexo.v28i01.1779

Bedford, N., Weber, J., Tong, W., Baier, F., Kam, A., Greenberg, R., & Hoekstra,

H. (2019). Behavioural mechanism underlying the evolution of cooperative burrowing in *Peromyscus* mice (preprint). *Evolutionary Biology*. doi:https://doi.org/10.1101/731984

Bestraten, S., Hormias, E., & Altemir, A. (Juliode2011). Construcción contienda en el siglo XXI. *Informes de la construcción*, 63(523), 5-20. doi:10.3989/ic.10.046

Blackledge, T. A., Scharff, N., Coddington, J. A., Szüts, T., Wenzel, J. W., Hayashi, C. Y., & Agnarsson, I. (2009). Reconstructing web evolution and spider diversification in the molecular era. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(13), 5229–5234. https://doi.org/10.1073/pnas.0901377106

Brown, C. (2019). *Phylogeny and Evolution of Swallows (Hirundinidae) With a Transcriptomic Perspective on Seasonal Migration*. LSU Doctoral Dissertations. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool\_dissertations/4823

Correa-Garhwal, S., Clarke, T., Janssen, M., Crevecoeur, L., McQuillan, B., Simpson, A., . . . Hayashi, C. (2019). Spidroins and Silk Fibers of Aquatic Spiders. *Sci Rep*, 9(13656), 1-12. doi:https://doi.org/10.1038/s41598-019-49587-y

Craig, C. L. (1987). The ecological and evolutionary interdependence between web architecture and web silk spun by orb web weaving spiders. *Biological Journal of the Linnean Society*, 30(2), 135–162. https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1987.tb00294.x

Darwin, C. (2020). *El origen del hombre y la selección en relación al sexo*. (C. d. (Dibam), Ed., & J. d. Camps, Trad.) Santiago, Chile: Los libros de la Catarata.

Dawkins, R. (2016). *The extended phenotype: The long reach of the*

- Dgene. Oxford University Press. España: Universidad de Barcelona.
- Diamond, J. (1986). Animal art: Variation in bower decorating style among male bowerbirds *Amblyornis inornatus*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 83(9), 3042–3046. <https://doi.org/10.1073/pnas.83.9.3042>
- Dijk, R., Kaden, J., Argüelles-Ticó, A., awson, D., Burke, T., & Hatchwell, B. (2014). Cooperative investment in public goods is kin directed in communal nests of social birds. *Ecology Letters*, 17(9), 1141–1148. doi:<https://doi.org/10.1111/ele.12320>
- Evans, H., & Matthews, R. (1974). Notes on nests and prey of two species of ground nesting Eumenidae from So. America (Hymenoptera). *Entomological News*, 85(5 y 6), 149–153.
- Firth, C., & Firth, D. (2005). The Bowerbirds: Ptilonorhynchidae. *The Auk*, 122(2), 718–721. doi:<https://doi.org/10.1093/auk/122.2.718>
- Fletcher, T. M. (2015). The Evolution of Speed: An empirical and comparative analysis of drag-reducing scales in early fishes [Phd, University of Leeds]. <https://etheses.whiterose.ac.uk/13083/>
- Frith, C., & Cooper, W. (1996). Courtship display and mating of victoria's riflebird *Ptiloris victoriae* with notes on the courtship displays of congeneric species. *Emu*(96), 102–113. doi:<https://doi.org/10.1071/MU9960102>
- Garb, J., Ayoub, N., & Hayashi, C. (2010). Untangling spider silk evolution with spidroin. *BMC Evolutionary Biology*, 10(243). doi:<https://doi.org/10.1186/1471-2148-10-243>
- García-Santibáñez Saucedo, F. (2007). *BioDiseño. Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales*. Barcelona,
- Heneberg, P. (s/f). The evolution of nest construction in swallows (Hirundinidae) is associated with the decrease of clutch size. 6.
- Jung, Y., Jung, S., Kim, W., & Kim, H. (2021). Avian mud nest architecture by self-secreted saliva. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(3). doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.2018509118>
- Kaufman, A., Butt, A., Kaufman, J., & Colbert-White, E. (2011). Towards a Neurobiology of Creativity in Nonhuman Animals. *Journal of comparative psychology* (Washington, D.C.: 1983), 125, 255–272. <https://doi.org/10.1037/a0023147>
- Keith E. Chave, S. V. (1972). Carbonate production by coral reefs. *Marine Geology*, 12(2), 123–140. doi:[https://doi.org/10.1016/0025-3227\(72\)90024-2](https://doi.org/10.1016/0025-3227(72)90024-2)
- Leighton, G. M., & Meiden, L. V. (2016). Sociable Weavers Increase Cooperative Nest Construction after Suffering Aggression. *PLOS ONE*, 11(3), e0150953. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150953>
- Lin, Y.-F. (2017). BURROWING AND WALKING MECHANISMS OF NORTH AMERICAN MOLES. University of Massachusetts Amherst. doi:<https://doi.org/10.7275/9988055.0>
- Lobo, j., & Halffter, G. (1994). Relaciones entre escarabajos (coleoptera: scarabaeidae) y nidos de tuza (rodentia: geomyidae): implicaciones biológicas y biogeográficas. *Acta zoológica mexicana*(62), 1–19. doi:<https://doi.org/10.21829/azm.1994.62621669>
- Mainwaring, M. C., Hartley, I. R., Lambrechts, M. M., & Deeming,
- D. C. (2014). The design and function of birds' nests. *Ecology and Evolution*, 4(20), 3909–3928. <https://doi.org/10.1002/ece3.1054>
- Marin, F., Corstjens, P., De Gaulejac, B., De Vrind-De Jong, E., & Westbroek, p. (2000). Mucins and molluscan calcification. Molecular characterization of mucoperlin, a novel mucin-like protein from the nacreous shell layer of the fan mussel *Pinna nobilis* (Bivalvia, pteriomorphia). *The Journal of Biological Chemistry*, 20667–20675. doi:10.1074/jbc.M003006200
- Miller, E. K., & Cohen, J. D. (2001). An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, 24(1), 167–202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- Orduño Fragosa, O., Cáneez Carrasco, M., Corella Madueño, G., & Aguilar García, J. (2019). *Biom mineralización y sus aplicaciones. Memorias Congreso estatal de ciencias exactas y naturales, Año 7 Volumen 1*.
- Pallasmaa, J. (2020). ANIMALES ARQUITECTOS. Barcelona, España: Gustavo Gili. doi:978-84-252-3288-6
- Pérez, A., Guzman, E., & Arroyo, J. (Septiembre de 2009). El tapial y los morteros de cal en las construcciones históricas de Tripetío. *Revista de la Sociedad Española de Minerología*(11).
- Poudra, M. (1864). *Oeuvres de Desargues*. Paris, France: Leiber.
- Rodríguez-Martínez, M. (2010). Estromatolitos: las rocas construidas por microorganismos. *Reduca (geología. Serie Paleontología*, 2(5), 1–25.
- Sabater, J. (1985). *Etología de la vivienda humana. De los nidos de gorilas y chimpancés a la vivienda*

humana. Barcelona, España: Labor.

Theraulaz, G., Gautrais, J., Camazine, S., & Deneubourg, J.-L. (2003). The formation of spatial patterns in social insects: From simple behaviours to complex structures. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 361(1807), 1263–1282. <https://doi.org/10.1098/rsta.2003.1198>

Tory, G. (1512). *Libri De re ædificatoria decem*. París, France.

Trembath-Reichert, E., Wilson, J., & McGlynn, S. (2015). Four hundred million years of silica biomineralization in land plants. *Proc Natl Acad Sci*, 112(17), 5449-5454. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.1500289112>

Varela, S., Teles, M., & Olivera, R. (2020). The correlated evolution of social competence and social cognition. *Functional Ecology*, 34(2), 332-343. doi:<https://doi.org/10.1111/1365-2435.13416>

van Dijk, R., Kaden, J., Argüelles Ticó, A., Beltran, L., Paquet, M., Covas, R., Doutrelant, C., & Hatchwell, B. (2013). The thermoregulatory benefits of the communal nest of sociable weavers *Philetairus socius* are spatially structured within nests. *Journal of Avian Biology*, 44, 102–110. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2012.05797.x>

Vitruvius. (1960). *The Ten Books On Architecture*. (T. M. Morgan, Trad.) USA: Dover Publications.