



BioDiseño

Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales

Héctor Fernando García Santibáñez Saucedo

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Héctor Fernando García Santibáñez Saucedo

BioDiseño

Aportes Conceptuales de Diseño en las Obras de los Animales

Directores de Tesis:
Dr. Josep Ma. Martí Font
Dra. Monserrat Colell Mimó
Universidad de Barcelona

Doctorado en Investigación en Diseño
Departamento de Diseño e Imagen
Facultad de Bellas Artes
Barcelona 2007

8. Sobre los habitáculos de los animales

8.1. Sobre la interpretación de los habitáculos

“La arquitectura es lo que la naturaleza no puede hacer”. Esta frase lapidaria expuesta hace ya varios años por el arquitecto Louis Kahn¹, exalta la importancia de este facultad para proteger al ser humano de su entorno (fig. 8.1). ¿En qué sentido debe ser interpretada tal reflexión? Todos los seres vivos necesitamos de un lugar donde vivir. En principio, éste puede ser un espacio general donde se encuentre en él lo indispensable para poder mantener la vida, como el alimento, el agua, la temperatura, la ventilación y el oxígeno indispensable. No obstante, una gran cantidad de animales necesitan de un lugar más privado, más íntimo, que les permita obtener una garantía de seguridad por un periodo de tiempo que su propia naturaleza requiera. Este espacio particular es conocido como habitáculo. Un habitáculo, desde la perspectiva de la naturaleza, es un sitio o localidad que presenta condiciones apropiadas para poder vivir alguna especie en él, si bien puede variar en el grado de comodidad que cada una necesite, se considera como base la mínima aceptable. Por tanto, un habitáculo es, en pocas palabras, una “habitación” pequeña con los mínimos requerimientos esenciales, siendo en ciertos casos, el lugar o espacio de máxima seguridad, al cual podría acogerse el animal para protegerse. Si bien los nidos más complejos, son los de ciertas especies de pájaros que los utilizan como incubadoras térmicas, éstos no son usados en su gran mayoría como recintos para dormir.

Varios autores vinculados directamente con el ámbito profesional de la arquitectura, piensan que tales respuestas de los animales son legítimas para considerarlas como verdadera arquitectura, pues responden apropiadamente a las necesidades que le dieron su existencia. Ante esto, si partimos de una interpretación convencional que se menciona en el diccionario clásico de arquitectura², éste cita que la arquitectura es el “arte de proyectar y construir edificios y cosas relacionadas con ellos, y así puede definirse más sucintamente como arte y técnica de construir bellamente”. Si bien es cierto que esta definición podría ser ambigua en cierto modo, no obstante no deja de ser válida al manejar ciertos atributos que se mantienen vigentes en su esencia.

Una de las autoridades contemporáneas en este tema es el finlandés Juhani Pallasmaa³, profesor de arquitectura de la Universidad Tecnológica de Helsinki. Él comenta que “cuando se examinan los hábitos constructores de ciertos animales, se



Fig. 8.1. Para el arquitecto Louis Kahn, “la arquitectura es lo que la naturaleza no puede hacer”.
Foto: Isamu Noguchi.

¹ Esta clásica frase de este célebre autor, presenta actualmente ciertos matices que pudieran considerarse como ya superados en su interpretación. Citado por Roth, Leland. *Entender la arquitectura, sus elementos, historia y significado*. Barcelona, 1993, p. 3.

² Calzada Echevarría, Andrés. *Diccionario clásico de arquitectura y bellas artes*. Ediciones del Serbal. Barcelona, 2003, p. 85.

³ Pallasmaa, Juhani. *Animales Arquitectos. El funcionalismo ecológico de las construcciones animales*. Fundación Cesar Manrique. Madrid, 2001, p. 11.

encuentran unas estructuras asombrosamente refinadas y unos principios arquitectónicos muy complejos. Es evidente que las estructuras que construyen bastantes especies animales para su propio cobijo y el de sus crías, son tan esenciales para la supervivencia como lo es la arquitectura para la existencia y la cultura humana. Las construcciones animales cumplen esencialmente la misma función que las humanas: modifican, para el beneficio de las especies, el mundo inmediato, incrementando la predecibilidad y el orden del hábitat.” Bajo este principio, también comenta este autor que las construcciones aumentan en gran medida las esperanzas de vida de los propios usuarios, así como de sus crías, al mejorar las posibilidades para su reproducción. Así pues, y si bien lo comprobaremos más adelante con los ejemplos y sus análisis, si se reconoce que existe arquitectura animal en las obras de los animales ¿por qué no pudiera haber diseño animal, en las mismas?⁴ La respuesta a esta pregunta, no es por tanto fácil contestarla, pues existen varios factores que inciden para aclarar en parte la posibilidad de ello. Para esto, habrá que comprender algunos fundamentos que permitan acercarnos a dicha respuesta de manera más segura.

8.2. Sobre las referencias iniciales

Si partimos de que el ser humano es por derecho propio el único autor tanto de la arquitectura como del diseño, ¿cuáles son los indicios más antiguos desde el punto de vista mítico-histórico del desarrollo de esta actividad? ¿cómo se gestó la necesidad de construir habitáculos? ¿cuáles serían los primeros vestigios que pudieran vincular la construcción de este tipo de espacio de los animales con el del ser humano? Una de las fuentes literarias más antiguas de la humanidad, cita la motivación palpable del ser humano para generar la edificación de Babel (fig. 8.2) diciendo: “...Vengan, vamos a construir una ciudad y una torre que llegue hasta el cielo. De este modo nos haremos famosos y no tendremos que dispersarnos por toda la tierra”.⁵ Tal parece que una de las interpretaciones⁶ que se han dado a la lectura de este pasaje, se enfoca en percibir las consecuencias de este hecho como una corrección divina, resultado de la arrogancia humana por jactarse de elevar una torre o ziggurat⁷ en el desierto. Otro significado se ha enfo-



Fig. 8.2. Reconstrucción hipotética de la Torre de Babel. Foto. Jeffrey J. Harrison.

⁴ Hemos dicho en capítulos anteriores que la actividad de *diseñar* implica en síntesis, designar y decidir, mientras que *proyectar* conlleva proponer una idea para visualizar un acontecimiento futuro que valide ciertas características como posibles soluciones mediante el mínimo esfuerzo, tiempo y recursos necesarios. En el desarrollo de un proyecto se procede en general en tres etapas esenciales: 1) Estudio y estructuración del problema. 2) Diseño propiamente dicho. 3) Realización definitiva. Por supuesto que en el caso de los animales, tales referencias están manifestadas en un grado diferente al humano, pero aún con todo, presentes. Por tanto, la acción de proyectar pudiera estar implícita en la acción misma de diseñar en general, al considerar como diseño no sólo el aspecto formal y material de su producción, sino desde la toma de decisiones que den origen a las respuesta del problema.

⁵ “Génesis”, *La Biblia*, 11, 4.

⁶ Browning, W.R.F., *Diccionario de la Biblia*, Ed. Paidós, Barcelona, 1998, p. 64

⁷ Imagen de Ziggurat: <http://www.totheends.com/tower.html>

cado hacia el hecho de intentar alzarse sobre la naturaleza desconociendo sus leyes, obteniendo por ello los resultados conocidos (destrucción de la torre por la confusión de las lenguas).

De igual modo, aún cuando esta construcción es una de las más antiguas documentadas por la humanidad, son igualmente válidas las fuentes que citan que los orígenes de la arquitectura pudieran haberse encontrado en los repliegues de la tierra a manera de cobijo natural. El historiador de arquitectura Spiro Kostof⁸ menciona que al irse desplazando los antiguos humanos en busca de mejores climas y alimento adecuado, los ambientes seleccionados que cubrían sus necesidades elementales, eran discretos y provisionales, aunado a que "en la mayoría de los casos, el cobijo estaba allí listo para usarse, en las cuevas que hubieron de ser arrebatadas a salvajes depredadores como leones, osos, o hienas gigantes", imponiendo poco a poco, su propio orden a la naturaleza, al descubrir el fuego que permitió mantener alejadas a las bestias, así como a cocinar y a comunicarse alrededor de él.

El hecho de encontrar en años recientes, indicios de cobijos artificiales con formas redondeadas y construidos en épocas muy antiguas, confirma la muestra palpable de su condición nómada, hecho que se presentó con frecuencia hasta tornarse poco a poco sedentario y especializado en algún tipo de actividad. Estos datos encontrados, fueron confirmados por los paleoantropólogos Louis y Mary Leakey, al descubrir en el yacimiento del Estrato I de la garganta de Olduvai (con una edad estimada de 1,75 millones de años de antigüedad), un óvalo de 5.0 m de diámetro aproximadamente, rodeado por pequeños montones de rocas basálticas (fig. 8.3). Por ello, y en palabras de Bernard Campbell⁹, "aunque su función específica se desconoce en la actualidad, debió ser por lo menos un escondrijo de caza o un paraviento, y bien podría representar la base de una vivienda" (fig. 8.4), muy similar a las chozas que todavía construyen muchos pueblos africanos como los bosquimanos e incluso los pigmeos¹⁰. Ante estos hechos y de acuerdo con la paleoantropología, parece ser que los antepasados del hombre sostuvieron sus primeros cobijos en la superficie del suelo mediante piedras, largos troncos, y delgadas ramas con hojas, para trasladar a tierra firme la seguridad que sentían en la parte superior de los árboles. De ahí que los primeros intentos de estos habitáculos prehumanos fueran realizados de esta manera, a semejanza conceptual de los nidos de los pájaros.

Richard Potts, menciona que es probable que estos sitios, fueran en algún momento espacios para acampar, o para ubicar

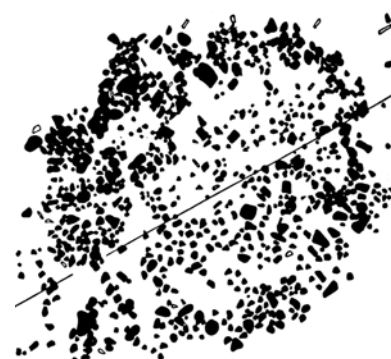


Fig. 8.3. Plano de un asentamiento prehumano, encontrados en el yacimiento del Estrato I de la garganta de Olduvai, en donde la distribución de piedras y huesos en forma circular, sugieren la base de una estructura simple para choza. Ilustración: Leakey



Fig. 8.4. Representación probable de la construcción de un cobijo o choza generado por los australopitecus en Olduvai. Ilustración según Bernard Campbell.

⁸ Kostof, Spiro, *Historia de la Arquitectura # 1*, Ed. Alianza Forma, Madrid, 1988, pp. 43-47.

⁹ Campbell, Bernard, *Ecología humana*, Biblioteca Científica Salvat, Ed. Salvat, Barcelona, 1985, pp. 68 y 69.

¹⁰ Menciona el Dr. Sabater Pi que las chozas que usan actualmente los pigmeos Babinga en la selva de Ouessou (Rep. del Congo, Brazzaville), están confeccionadas con hojas de la planta del género *Sarcophrynium*, las mismas que usan los gorilas para confeccionar sus nidos. Ver a Sabater Pi, Jordi, *Etología de la vivienda humana. De los nidos de gorilas y chimpancés a la vivienda humana*, Ed. Labor, Barcelona, 1985, p. 79.

las bases del hogar de los primeros homínidos¹¹. Al presentar evidencias del comportamiento temprano de la humanidad, se deduce que estos refugios sirvieran como espacios seguros para dormir, compartir alimento así como desarrollar las relaciones sociales para fomentar el aprendizaje, división de trabajo, cuidado infantil, e incremento de la descendencia por parte de los padres, todo ello alrededor de 1.8 millones de años de antigüedad. No obstante, también se contraponen la idea de que si quedaban con frecuencia vestigios de la actividad alimentaria realizada en esos lugares, como despojos, desperdicios, huesos y partes desmembradas de los animales cazados o hurtados, eran también estas sociedades prehumanas fáciles presas de otros animales depredadores, no siendo válido por tanto considerar a estos espacios como habitáculos propiamente dichos, sino como refiere Potts¹², “lugares en donde los materiales de la piedra-herramienta habían sido dejados y vueltos a visitarse posteriormente, cuando los homínidos necesitaran utilizar las herramientas para procesar los animales y las plantas”, puesto que los indicios más confiables de la aparición de las primeras casas y construcciones de abrigo aparecieron mucho tiempo después, entre 500 000 a 300 000 años.

Independientemente de los orígenes de la arquitectura, y considerando la importancia de analizar las leyes de la naturaleza, ¿desde cuándo ha estudiando el hombre a la naturaleza de manera más seria? Quizás una de las primeras fuentes donde se mencionan sus reflexiones sobre las virtudes de estudiar al medio ambiente, sean descritas por uno de los más importantes filósofos de la antigua Grecia, Demócrito de Abdera¹³ (460-370 a.C.), quien ya señalaba que al concebir las invenciones el ser humano, habría de imitar a la Naturaleza, pues “Copiando a los animales, aprendemos las cosas más importantes. Somos aprendices de la araña imitándole en los oficios de tejer y confeccionar prendas de vestir. Aprendemos de las golondrinas a construir viviendas, y de las aves cantoras, del ruiseñor y del cisne, a cantar [...]. La propia naturaleza nos enseña a cultivar la tierra...”.

Sin embargo, es probable que uno de los estudios más antiguos y formales de este campo, y de los cuales estén fundamentados en documentos comprobatorios en cuanto a gráficos y textos analíticos, sean los que hizo Leonardo Da Vinci (fig. 8.5), en sus manuscritos personales de notas, quien menciona en ellos sus reflexiones sobre la importancia de considerar a la naturaleza como punto primordial de estudio, para obtener conceptos que pudieran ser plasmados en el arte y en la ciencia. No sin razón, su elocuente reflexión que indica: “Puesto que es mi intención el consultar a la experiencia primero y mostrar después por razonamiento la razón por la que esa ex-

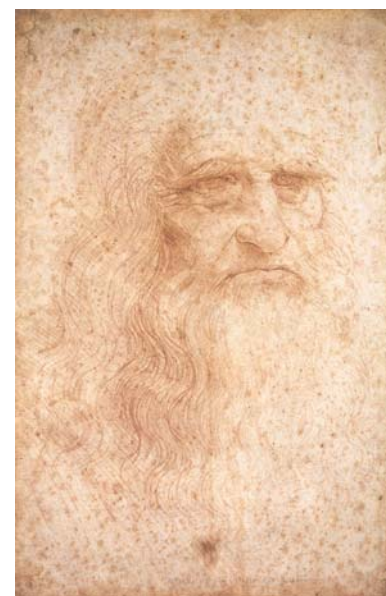


Fig. 8.5. En diversos manuscritos de Da Vinci se han encontrado importantes reflexiones que incluyen aspectos referentes al arte, la ciencia, la naturaleza, la filosofía y la literatura.



Fig. 8.6. Gráfico de “La Casa” de la investigación “Casas sin manos” (1877), del Rev. J.G. Wood. Ilustración: T. Sulman y W.M.R. Quick SC.

¹¹ Potts, Richard. “The hominid way of life”, en Savage-Rumbaugh E.S. *Human evolution / The Cambridge Encyclopedia of*. Steven Jones Editor. Cambridge, 1992. pp. 331 y ss.

¹² Potts, Richard. *Ibidem*. p. 331.

¹³ “Demócrito en sus fragmentos y testimonios de la antigüedad”, M.L. Editorial Socio-económica, 1935, p. 139, citado por I. B. Litinetski, “Iniciación a la Biónica”, Ed. Barral Editores, Barcelona, 1975, p. 16.

perencia está obligada a actuar de esa manera, antes de seguir adelante en un tema, lo probaré primero por experimentación. Y esta es la verdadera regla según la cual deben proceder todos aquellos que analizan los efectos de la naturaleza; aunque la naturaleza empieza con la causa y termina en la experiencia, nosotros debemos seguir el camino opuesto, es decir, debemos empezar por la experiencia y por medio de ella investigar la causa”¹⁴, siendo esto sinónimo de sus frecuentes consultas y reflexiones sobre ella, lo que le permitió encontrar elementos inspiradores y reflexivos para generar sus magníficas obras de arte y tecnología.

Phillip Steadman¹⁵ menciona que en la década de 1870, el Reverendo John George Wood publicó varios libros vinculados con el tema de la casa de los animales. Uno de estas investigaciones llamada “Casas sin manos”¹⁶, expone de manera enriquecedora los conceptos que son aportados por la misma naturaleza en las distintas respuestas de hábitáculos de los animales (fig. 8.6). Ante esto la intención de Wood a través de estas investigaciones, era “mostrar la estrecha relación entre la naturaleza y las invenciones humanas, así como resaltar el hecho de que apenas existe alguna invención humana sin su prototipo [más funcional, versátil y bello] en la naturaleza”¹⁷. De este modo, y siguiendo el camino trazado tres siglos antes por Da Vinci, Wood también describe diversas reflexiones sobre el paralelismo inventivo del hombre generados inicialmente por la naturaleza de manera discreta y silenciosa, aspectos que posteriormente el ser humano ha reinventado burdamente sin consultarla en los campos de la arquitectura, la náutica, las herramientas, la óptica, la guerra, entre otras.

Es interesante resaltar también las palabras de Wood donde refieren que las soluciones de diseño requeridas por la sociedad, tarde o temprano “llegarán a descubrirse en la naturaleza [a través de] los prototipos de invenciones aún no reveladas al hombre”¹⁸ (fig. 8.7). El entusiasmo de esta cultura naturalista fue igualmente reflejada en los textos del escritor y poeta André Lefèvre¹⁹ hacia 1880, quien describe que “La arquitectura no es desconocida por los animales; el agujero del gusano, la galería de la hormiga, la colmena de la abeja, la choza del gorila²⁰, la torre del castillo, el templo y el palacio sa-



Fig. 8.7. Nidos del tejedor africano. Ilustración según J. G. Wood.

¹⁴ Da Vinci, Leonardo, *Cuaderno de notas*. Ediciones y distribuciones Mateos, Madrid, 1999, p. 207.

¹⁵ Steadman, Phillip, *Arquitectura y Naturaleza*, Ed. Blume, Madrid, 1982, pp. 197-199.

¹⁶ Wood, John George, *Homes without hands, being a description of the habitations of animals, classed according to their principles of construction*, Londres, 1875.

¹⁷ Wood, John George, *Nature's Teachings: Human inventions anticipated by nature*, Londres, 1877 p. V.

¹⁸ *Ibidem*, p. V.

¹⁹ Lefèvre, *Les Merveilles de l'architecture*, Paris, 1880, p. 11, citado por Rykwert, Joseph, *La casa de Adán en el Paraíso*, Ed. Gustavo Gili, Barcelona, 1974, p. 20.

²⁰ Sorprende percibir la idea que tenían tanto Wood como Lefèvre sobre los hábitáculos de los simios, en donde les confieren características de chozas. Investigaciones posteriores en el s. XX de varios importantes primatólogos (Jordi Sabater Pi, Jane Goodall y Takayoshi Kano, entre otros),

tisfacen todos la misma necesidad, infinitamente diversa. De ellos podemos deducir una ley general, la ley de la adaptabilidad. La utilidad es el fundamento de cualquier estética arquitectónica... Los alojamientos individuales con que se viste... para defenderse de la inclemencia y la hostilidad que le rodean..." todo esto hace percibir la gran relación que existe entre los conceptos naturales de la construcción de habitáculos de los animales y los generados por el hombre.

8.3. Sobre las necesidades y condiciones para generar un habitáculo

Al analizar las condiciones del medio ambiente en nuestro planeta, existen pocos espacios que presentan condiciones climatológicas constantes y benévolas para los animales que habitan en él, de tal manera que nunca requieran buscar una protección. De igual modo, hay muy pocas especies de animales que estén tan bien protegidas en cuanto a sus defensas naturales (sean mandíbulas, cuernos, corazas, veneno, disfraz, fortaleza, etc.), que no necesiten de un escondite para pasar desapercibidas sus crías, o para no ser vistos por sus depredadores. Ante tales circunstancias, pudiera decirse que éstas serían algunas de las razones del porqué una gran mayoría de animales necesitan conseguir un habitáculo en algún momento de su vida. Empero, y aunque parezca extraño, no todos los animales necesitan uno. O por lo menos en el sentido en que es general interpretarlo. Básicamente, varias especies de animales tienen que desenvolverse en su entorno con prontitud, debido a la fuerte presión de los depredadores. Este es el caso de algunas especies en especial los rumiantes²¹, las cuales a los pocos momentos de haber nacido, tienen que empezar a caminar, incluso a tropezones, para alcanzar a alimentarse de su madre y estar preparados ante cualquier eventualidad. Otras especies, por el contrario, requieren que sus crías se desarrollen por más tiempo dentro de un espacio seguro, con el fin de terminar el periodo de maduración y adaptación al medio que sus propios cuerpos necesitan, manteniéndose en un habitáculo denominado nido.

Pringue²² hace mención de seis tipos o conceptos de habitáculos, los cuales si bien pueden ser considerados de este modo, presentan ciertas peculiaridades que pudieran algunos alejarse de la interpretación clásica de este tópico.²³ No obstante, hay que resaltar que estos espacios alternativos de dónde habitar, pueden ser también válidos, si los interpretamos de la siguiente manera: 1) Un agujero en el suelo, por ejemplo: la madriguera del perrillo de las praderas (*Cynomys ludovicianus*), o la del pez mandíbula (*Ophistognathidae*). 2) La capturadora de comida,

han descrito posteriormente en sus investigaciones, los verdaderos atributos de los nidos de los primates.

²¹ Por ejemplo las jirafas, los ñues, las cebras, los antílopes, etc.

²² Pringue, Laurence. *Home. How animals find confort and safety*. Charles Scribner's Sons, New York, 1987, 71 pp.

²³ Laurence Pringue denomina literalmente a estos puntos como: Un agujero en el suelo; En casa sobre otro; Animales arquitectos; Hogares comunitarios; Capturando comida en casa; y Ningún lugar como el hogar; en Pringue, *Ibidem*.

por ejemplo: la red de una araña (*Araneus diadematus*), o el embudo de la hormiga león (*Myrmeleo*). 3) Animales arquitectos, por ejemplo: el castor (*Castor fiber*), la frigánea (*Thricoptera*), o el pájaro tejedor (*Ploceus intermedius*). 4) La casa comunitaria, por ejemplo: la colmena de las abejas (*Apis mellifera*), el termitero de las termitas (*Macrotermes*), o el hormiguero de las hormigas leonada (*Pheidole megacephala*). 5) La casa en la comida (fig. 8.8), por ejemplo: la pulga (*Siphonaptera*) sobre el perro, el piojo (*Anoplura*) sobre el humano, la garrapata (*Acarí*) sobre algún animal). 6) Ningún lugar como el hogar, por ejemplo, tanto el lobo (*Canis lupus*) como el águila (*Aquila*), y otras especies poseen un territorio que defienden de cualquier intruso o extraño; si bien en este último concepto, estas especies también poseen un espacio más privado donde se cría a su familia, siendo la madriguera en el valle y el nido en los precipicios respectivamente. Por supuesto que algunos de estos conceptos pudieran relacionarse y crear otro subgrupo. Por ejemplo los habitáculos de los murciélagos, que si bien son las cuevas, constituyen éstas un espacio o agujero en el suelo o montaña aunado a una casa comunitaria. Con el fin de ir estructurando más la organización de nuestro estudio, adoptaremos en general la propuesta de Pringue, si bien sólo nos ocuparemos de las cuatro primeras alternativas, por considerarlas más enriquecedoras en cuanto a sus aportes al diseño.



Fig. 8.8. Escarabajo arlequín (*Acrocinus longimanus*) infestado de ácaros en todo su cuerpo. Éste es un ejemplo de la casa en la comida. Foto: Premaphotos Wildlife.

Entre los distintos nidos, existe uno que funciona como el habitáculo más elemental, formado por un simple agujero que se presenta generalmente dentro de la tierra o de un madero. Describe Attenborough²⁴ que, al caer una rama de un árbol, los hongos pueden descomponer con mayor facilidad la parte que ha quedado libre del tronco, de tal manera que después de cierto tiempo, esto genera un hueco que podrán ocupar como espacio algunas especies de aves, de ardillas, etc. Otro ejemplo es el caso de algunas aves que realizan excavaciones sobre rocas para formar en ellos, los nidos de sus futuras crías. Este es el caso de los abejarucos escarlatas (*Merops nubicus*) que habitan en ciertas laderas montañosas de Camerún (fig. 8.9). Para ello, sólo cuenta con un pseudo instrumento natural para realizar su obra: el pico. Si bien puede tener una imagen exquisita y delicada, es tremendamente eficaz. Con él no sólo atrapa abejas y otros insectos en el aire moviéndose con agilidad, sino que también puede realizar incisiones constantes sobre la superficie arenosa. Generalmente para realizar su nido, esta especie vuela sobre las paredes de areniscas para encontrar el lugar más apropiado a sus necesidades, a partir de intentos de desprendimiento de pequeños granos de arena. Después de revolotear con gran agilidad y picotear incesantemente sobre ciertos puntos, logra formar una pequeña base donde se afianzará para empezar a perforar con gran insistencia un estrecho túnel de hasta un metro de profundidad.



Fig. 8.9. Nido del Abejaruco escarlata (*Merops nubicus*), excavando en la ladera montañosa. Foto: Oxford Scientific films (Michael Fogden).

Otro habitáculo elemental es el denominado nido de copa, el cual es "preferido" por una gran cantidad de especies de

²⁴ Attenborough, David. "Construyendo casas" en *La vida a prueba*. Ed. Plaza & James / Tusquets. Fundació La Caixa. Museo de la Ciencia. Barcelona, 1990, p. 134.

aves, así como aparentemente por otras especies. Dominique Lestel²⁵ hace mención de ciertos requisitos fundamentales en la elección de la ubicación y construcción de los nidos de los primates, pero que posiblemente pudiera ser extensible a nidos de otras especies, los cuales probablemente habrían de considerar: 1. Protección contra los depredadores. Ubicándolos en lo alto de los árboles, y en cierto tipo de ramas laterales, evitan el acercamiento del peligro al estar escondidos dentro del denso follaje. 2. Comodidad en el entorno. Procuran conseguir cierto confort con la intemperie, pero también se evitan las molestias de ciertos animales, como las hormigas o los frugívoros nocturnos, y 3. Espacio de información, presentando un óptimo punto de vista del contexto, así como un centro de comunicación privilegiado con los vecinos, funcionando por lo general como dormitorios, espacio de juego y relaciones interpersonales (como el despiojamiento).

El nido de copa consiste en un conjunto de elementos aislados originalmente pero ensamblados entre ellos, hecho por lo general de fibras vegetales, o ramas, o arena y pedruscos que están organizados de forma semiesférica cóncava, con el fin de contener en él a las crías de cada especie, así como de mantener reunidos a los huevos para preservar el calor requerido. Desmond Morris²⁶ menciona que este clásico nido de las aves es presentado por lo común con esta estructura, donde “su forma de semiesfera hueca es ideal para contener a los huevos, mientras que el ave adulta se sienta encima para incubarlos. Tiene el inconveniente de ser bastante vulnerable a los ataques de los depredadores, pero ofrece la ventaja de permitir que el pájaro adulto domine con la vista todo el paisaje circundante.”

8.4. Sobre el comportamiento constructivo de los habitáculos

¿Cómo desarrollan sus nidos los animales? ¿Cómo los construyen en particular los pájaros? ¿Qué acciones o estímulos se manifiestan para construirlo? Desde el punto de vista etológico, las secuencias de movimiento que no se dejan de realizar hasta que se consiguen culminar, es conocido como “pautas de acción fijas”, las cuales son estandarizaciones en la dirección de los movimientos, que están relacionados con su actuar, al secuenciarse ejercicios uniformes que son por tanto susceptibles de predicción. Así, Barnett señala explícitamente en su investigación²⁷, que “tal conducta nunca es completamente uniforme, pero es posible distinguirla de formas de conducta desarrolladas gradualmente (aprendidas) por un individuo en respuesta a sus propias circunstancias”. Este tipo de desenvolvimiento permite entender como evidente toda acción que se realiza para llegar a alcanzar una meta, sea la comida, el co-

²⁵ Lestel, Dominique. *Les origines animales de la culture*. Flammarion, Paris, 2001, 2003, pp. 69 y 70.

²⁶ Morris, Desmond. *El arte de observar el comportamiento animal*. Ed. Plaza & James / Tusquets. Fundació La Caixa. Museo de la Ciencia. Barcelona, 1991, p. 211.

²⁷ Barnett, S.A. *La conducta de los animales y del hombre*. Ed. Alianza, Madrid, 1981, p. 204.

ito, etc., siendo su estado final un estado de "satisfacción" interna, como cuando se está satisfecho de comer. Algunos de los ejemplos más claros que se encuentran en este tipo de pautas de acción fija, pueden observarse en la realización de las telas de araña, los panales de abejas y avispas, las galerías de las frigáneas, los nidos de las aves, las madrigueras de ciertos mamíferos, así como todo tipo de construcción que se continúa hasta que se logra terminar dicha configuración.²⁸ Es de suponer que la construcción de cualquiera de estos habitáculos realizados por alguna especie, puedan estar sujetos a la presencia anticipada de la representación correspondiente en su sistema nervioso.

Sin embargo, esto no quiere decir que tal práctica es ejecutada de manera mecánica y ciega, aún cuando pudieran existir ciertas especies que así se desenvuelvan, como es el caso de la araña *Araneus*. Si bien en algunas especies esto pudiera interpretarse así, Barnett dice que existen en varios animales, cierto grado de control y ajuste en su conducta, como es el caso de las avispas indias *Eumenes conica* (fig. 8.10). Esta avispa después de haber construido grupos de celdas de arcilla, pone en cada una de ellas un huevo y unas orugas de las que se alimentará posteriormente su larva. Al estar completamente llena las celdillas, las cubre con una especie de tapa de barro. Si al final descubre algún imperfecto, procede a repararlo (sea que alguna larva se haya caído, que esté mal la tapadera, o que falten algunas larvas por colocar). En un comportamiento como éste, es evidente que existe algo más que una simple respuesta mecánica, donde se procede a arreglar cualquier desperfecto percibido (fig. 8.11). Caso similar es otra especie de avispa, la *Rhynchium nitidulum*, la cual efectúa también estos arreglos para evitar cualquier desperfecto, construyendo grupos de celdillas de barro a las cuales las llena de orugas. Cualquier hembra de esta especie, que descubra una abertura en cualquier celdilla, la reparará iniciando su arreglo desde adentro, no desde afuera como si le estuviera colocando una tapa.

Así mismo, las larvas de la especie *Neuronia postica*, normalmente efectúa su construcción con hojas y hierbas que estén en su entorno colocados en círculo, y en dado caso de que faltaran tales materiales habituales, puede improvisar con otros elementos constructivos supliéndolos por los que se encuentren a su alcance (sea madera de pino, arena, etc.), e incluso algunos de carácter artificial fabricados por el ser humano (papel de celofán, papel cebolla, o papel de estaño, si bien en este último caso de manera muy burda)²⁹. Esta claro el suponer, que todo el comportamiento constructivo cesa cuando se reciben los estímulos sensoriales de que la obra ha sido terminada, por lo que este tipo de comportamiento es muy adaptativo y pudiera parecernos muy "inteligente". Así pues, no debe asombrarnos la posibilidad de encontrarnos aspectos que puedan ser interpretados como conceptos e ideas de diseño en la misma naturaleza, los cuales han sido empleados desde hace



Fig. 8.10. Avispa alfarera *Eumenes* metiendo una oruga a su vasija de barro.
Foto: Jean-Paul Ferraro.

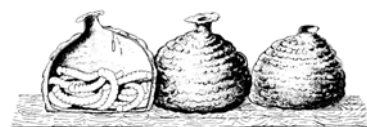


Fig. 8.11. Vasijas de barro de la avispa alfarera india *Eumenes*. Se piensa que las tribus de pieles rojas aprendieron a hacer sus vasijas observando a esta avispa.
Ilustración: Turid Hölldobler-Forsyth.

²⁸ Barnett, *Ibidem*, pp. 210-211.

²⁹ Barnett, *Ibidem*, pp. 211-212.

mucho tiempo de manera "inconsciente"³⁰ por los animales, como producto de su evolución. Sin embargo, no es del todo sencillo rescatar dichos conceptos e interpretarlos como ideas de diseño, mediante diversos tipos de representaciones (sean formal, funcional, de proceso, etc.) si llegamos a tener confusión en la interpretación de lo que es un concepto o una idea en el diseño.

8.5. Sobre la vinculación de conceptos de la naturaleza en la arquitectura

¿Cómo podremos percibir el concepto en la naturaleza? ¿Qué conceptos han empleado con frecuencia los animales de manera "inconsciente" para desarrollar sus moradas? Entre los humanos, cuando se está diseñando, la manera más sencilla es como siempre, haber definido el objetivo principal del problema que estemos enfrentando, y después de haber analizado las distintas etapas que lo componen, precisar con claridad la parte circunstancial de donde dependerá en sí el proyecto. Sin embargo estos atributos no son del todo claros en su manifestación entre los animales, pues pueden incluso estar conformados por varios de ellos en algún momento. Si tomáramos como base cualquiera de los conceptos descritos anteriormente o cualquier otro, éstos han sido con frecuencia utilizados en reiteradas ocasiones por distintas especies de animales, aludiendo al hecho de que la misma naturaleza se copia a sí misma, tal como lo ha dicho el poeta italiano del s. XIX Ugo Foscolo, en cuanto a que "La Naturaleza se imita siempre a sí misma en todos sus trabajos, a los cuales, uno a uno, los diferencia y hace aparecer como nuevos y maravillosos por medio de poquísimas, mínimas y a menudo imperceptibles variaciones" (fig. 8.12).

El desarrollo de habitáculos es uno de los requerimientos básicos que se presentan en la naturaleza de manera elemental. Pudiéramos pensar que esta necesidad es exclusiva del ser humano o de los animales superiores, pero la verdad va más allá de nuestro pensamiento elemental. Parece ser que la necesidad de protegerse del medio ambiente es extendida igualmente para cualquier ser vivo, pues de acuerdo al comunicólogo Marshall McLuhan, en eso se caracterizaría realmente una vivienda: "Si el vestido es una prolongación de la piel destinada a almacenar y canalizar nuestro calor y energía, la vivienda es un medio colectivo de lograr el mismo fin para la familia o el grupo. En su condición de abrigo o refugio, la vivienda es una prolongación de los mecanismos que regulan el calor de nuestro cuerpo. Una especie de piel o vestido colectivo"³¹, en donde al analizar la "vivienda", conoceremos igualmente por significado, cómo es ese ser vivo. Los ejemplos siguientes expondrán algunos de las más versátiles y originales



Fig. 8.12. Según Dawkins, los animales que poseen necesidades similares, con frecuencia se parecen más que sus parientes más cercanos. Este es el caso del erizo moruno (*Erinaceus algirus*) (arriba) que es primo cercano de la musaraña erizo (*Neotetracus sinensis*) (centro superior). Mientras que el tenrec erizo mayor (*Setifer setosus*) (centro inferior), es un primo cercano del tenrec colilargo (*Microgale melonorrhachis*) (abajo). Sin embargo, el erizo moruno y el tenrec erizo mayor se parecen, así como la musaraña erizo y el tenrec colilargo también se parecen mucho. Tal concepto es similar en las obras de otras especies. Ilustración: Lalla Ward Dawkins.

³⁰ Desde hace algún tiempo, un importante número de etólogos, psicólogos experimentales y zoólogos, han empezado a obtener pruebas sobre el comportamiento natural y el pensamiento consciente en algunos animales. De la investigación del Dr. Donald R. Griffin, *El pensamiento de los animales*. Ed. Ariel, Barcelona, 1984, 282 pp., hemos tomado varias referencias para este estudio.

³¹ McLuhan, Marshall, *La comprensión de los medios como las extensiones del hombre*, Ed. Diana, México DF, 1989, p.159.

respuestas de habitáculos en el reino animal, aunados a evidentes conceptos que se manifiestan en la naturaleza, los cuales indirectamente se han empleado en la arquitectura humana.

8.6. Sobre las consideraciones del concepto e idea

A lo largo de la historia de la filosofía, se ha tocado en reiteradas ocasiones los análisis y reflexiones ontológicas sobre los términos de 'concepto' e 'idea'. A veces las explicaciones que hacen algunos autores sobre estos tópicos, llegan a ser en sí mismas elocuentes y claras, a tal grado que pueden ser fácilmente interpretadas y aplicadas de manera sencilla en las áreas implicadas. No obstante en otras ocasiones, se presentan igualmente de forma un tanto oscuras y confusas. Si bien el término *concepto* posee diversas interpretaciones que pudieran ser válidas, tomaremos para nuestro estudio la acepción dada por el filósofo José Ferrater Mora³² en cuanto al significado de "concepto", el cual debe ser interpretado básicamente como la *esencia* o *sustancia* de un término.

Menciona Ferrater, que uno de los autores modernos que ha usado este término como noción principal es Alexander Pfänder³³, quien explica que un concepto es un pensamiento expresado con claridad, en el cual se combinan palabras e imágenes. Las palabras ayudan al concepto a describir su noción básica, e imágenes que dicen lo mismo que las palabras (o dicen otros significados), y que ayudan a reforzar lo que las palabras dicen, proporcionando un escenario que les da más fuerza a las mismas. Es recomendable exponer siempre el concepto en el menor número de palabras necesarias, pues eso evidenciará que la esencia de su significado ha quedado claro. Por otro lado, aún cuando la designación de 'idea' presenta igualmente diversos significados, la interpretación que usaremos aquí de ella, estará centrada hacia *imagen* o *representación* de un objeto, puesto que el término $\text{I}\delta\epsilon\alpha$ corresponde etimológicamente a *ver*³⁴. Esta *visión*, ha de entenderse como el *aspecto* o *figura* que ofrece una cosa al verla. Al ser la idea una representación sensible, ésta se capta por los sentidos (ya sea a través de la vista, oídos, olfato, gusto, tacto, etc.), por lo que las recordaremos como imágenes visuales, auditivas, olfativas, etc., encausándonos con ello al empleo de la imaginación para poderla representar formalmente. Ahora bien, estas cuestiones nos resultarán más claras cuando confrontemos su interpretación con ejemplos aplicables presentados en algunas investigaciones producidas en el arte, la arquitectura y el diseño³⁵, pues sus conspicuas propuestas permiten comprender

³² Ferrater Mora, José. *Diccionario de Filosofía*, Ed. Ariel, Barcelona, 1986, p. 557.

³³ Pfänder, Alexander, *Lógica*, 1928, parte II, Caps. I-X, en Ferrater Mora, José. *Diccionario de Filosofía*, Ed. Ariel, Barcelona, 1986, p. 559.

³⁴ $\text{I}\delta\epsilon\alpha$ (= "ver"). $\text{I}\delta\epsilon\alpha$ ('idea'), equivale a 'visión'. (Cfr. el latín *videre* [= 'ver']; -*vid* es la raíz tanto de $\text{I}\delta\epsilon\iota\nu$ como de *videre*).

³⁵ En particular, puede consultarse la obra de Beljon J.J. *Gramática del arte*, Ed. Celeste, Madrid, 1993, 240 pp., en donde se presentan interesantes conceptos y referencias que permitirán enriquecer las propuestas de diseño.



Fig. 8.13. Imagen conceptual. Sujeto / "Piel" (Calle empedrada). Foto: Menchu Gómez Martín.

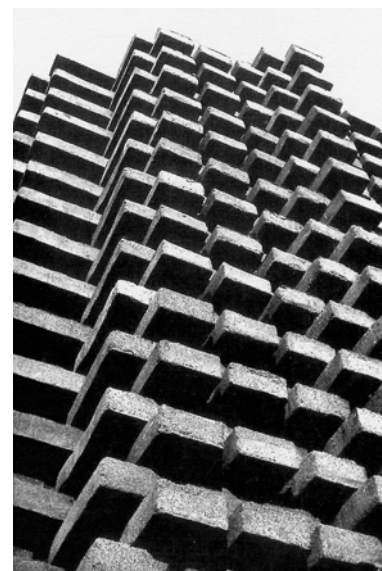


Fig. 8.14. Imagen conceptual. Verbo / "Apilar" (Torre de vigas). Foto: Mike Toner.

las ideas originales que partieron de conceptos excepcionales, siendo éstas apoyadas en distintos elementos de la lingüística³⁶.

De los aspectos fundamentales que conforman la gramática literaria, podemos partir de varios tópicos entre los que se encuentran los elementos básicos que conforman los textos de una oración, como son el *sujeto*, el *verbo*, y el *complemento*. Aunque también podrían participar los *adjetivos*, los *índices* así como los *significados*, entre otros, si bien estos últimos enriquecen propiamente la oración. Recordemos que por *sujeto* deberemos interpretar a la entidad de la cual se dice algo en su predicado, sea una persona, un lugar o una cosa, y que participa como principal protagonista del acontecimiento citado, por ser quien ejecuta directamente la acción verbal. Por *verbo*, deberemos de entender a la acción referida o desenvuelta en un tiempo en particular, sea en pasado, presente o futuro (o en cualquiera de sus variables), aunque para nuestro caso, es más práctico utilizarlos en infinitivo, afectando directamente la acción ejercida por el sujeto. Por *complemento*, entenderemos al conjunto de palabras que enriquecen y precisan el significado deseado. Por *adjetivos*, a las palabras que definen el significado (sea denotativo o connotativo) del sujeto. Por *índices*, a los atributos o cualidades particulares que caracterizan a la entidad en cuestión, sea una persona, un lugar o una cosa, y que se distingue de los demás por ello, siendo una representación del signo principal. Finalmente, los *significados*, son los que serán reflejados por los signos o palabras que usamos y que dirigen las interpretaciones deseadas, manejándose de manera más precisa a través del empleo de símbolos que han trascendido su nivel básico. Dependiendo del impacto de esos signos en una sociedad, podrían incluso convertirse en símbolos de carácter más universal.

Por tanto, a cada uno de estos elementos gramaticales, podemos reinterpretarlos inicialmente con un concepto distinto para generar una idea con forma diferente, sea como *sujeto* ("piel" [fig. 8.13], "huella", "camino", etc.), o como *verbo* ("apilar" [fig. 8.14], "soportar", "perforar", etc.), o como *complemento* ("voz espiritual" [fig. 8.15], "presencia del pasado", "grito del silencio", etc.), o como *adjetivo* ("monumentalidad" [fig. 8.16], "principio", "complejidad", etc.), o como *índice* ("costura" [fig. 8.17], "arruga", "cicatriz", etc.), o con *significados* particulares ("cuidado", "repulsión", "miedo", etc.) que de manera individual o en conjunto con los otros elementos que constituyen el proyecto de vivienda, permitirán generar con mayor facilidad las propuestas del proyecto enfrenteado, así como en dar mayor valor a la obra generada.

Podemos decir finalmente, que mientras que las ideas se perciben por los sentidos, los conceptos deben ser captados por la reflexión. Para este estudio los conceptos serán considerados

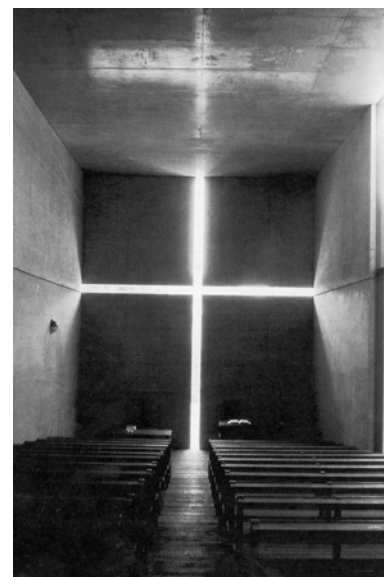


Fig. 8.15. Imagen conceptual. Complemento / "Voz Espiritual". Iglesia de la Luz. Arq. Tadao Ando.



Fig. 8.16. Imagen conceptual. Adjetivo / "Monumentalidad". Escultura de J.J. Beljon. Foto: Kok Storm.

³⁶ Para este punto, hemos tomado como base el contenido que se expone en el libro de Fortanillo, Merino Enrique, *Diccionario de Lingüística*, Ed. Anaya, Madrid, 1983, 311 pp., en donde se podrá encontrar otros conceptos de la lingüística igualmente enriquecedores, aunque no traducidos al diseño, sino únicamente expuestos directamente desde el campo de las letras.

como elementos connotativos, subjetivos, universales y abstractos, más apegados a símbolos y a criterios generales, mientras que las ideas serán consideradas como elementos denotativos, objetivos, particulares y concretos, más apegados a signos y a criterios particulares. Todos podremos dar nuestra interpretación de un mismo concepto pero con distinta idea. El concepto es en pocas palabras la esencia, y su función principal es establecer la comunicación entre quien da un mensaje y el que lo interpreta a través de la idea representada. Como los conceptos son de dominio público, éstos pueden ser comprendidos con facilidad por todos, mientras que las ideas, al ser interpretaciones nuestras, deberemos desarrollarlas lo más claro posible para que lleguen a entenderse por los demás, pues son cómo interpretamos nuestras percepciones del mundo real. Si está bien planteado el concepto, estará bien interpretada la idea, y habrá una gran probabilidad de que la solución que se genere al problema enfrentado, tenga los mismos resultados. Es por esto que podemos concretar que sin concepto no hay diseño.

Ahora bien, ¿qué información podríamos presentar que vinculen la apreciación de conceptos por parte de los animales? De acuerdo con varios autores³⁷, existen ciertas evidencias que pudieran inclinar a interpretar que un animal ha formado conceptos cuando muestren respuestas consistentemente a un aspecto particular de una variedad de estímulos presentados en diferentes contextos. Por ejemplo, se han realizado experimentos que muestran que las palomas poseen capacidad para concebir el concepto de "ser humano", independientemente de la figura particular y de la actividad que estuviera desempeñando los humanos. Esto se demostró al adiestrar a las palomas a picotear una tecla donde se proyectaban diapositiva a colores de un ser humano (mujer, hombre, niño, etc.), junto con otras que no lo eran (animales, edificios, y otras donde el ser humano no aparecía). El correcto desempeño de las palomas en ésta y otros tipos de actividades similares, permitió indicar la capacidad de formarse conceptos generalizados y no actuar de manera azarosa a pautas particulares.

8.7. Sobre los criterios elementales de diseño de los habitáculos

Está claro que la arquitectura humana proyecta hacia un significado más trascendental, donde en palabras del arquitecto Alvar Aalto, "la forma no es más que un deseo de una vida en la tierra". De ahí la gran diferencia entre la arquitectura humana, y lo que se le ha llamado arquitectura animal. El ser humano proyecta, además de todos los requisitos que le son esenciales como ente viviente, para dominar y trascender el tiempo. Los animales hacia su esencia más primaria y elemental, como individuo y hacia su prole. Por ello, debemos estar

³⁷ Dickinson, A. *Contemporary animal learning theory*. Cambridge: Cambridge University Press, 1980; Herrnstein, R. J., Loveland, D.H. y Cable, C. "Natural concepts in the pigeon". *Journal of experimental psychology: animal behaviour processes* 2, 1976, pp. 285-302; y en Lea, S.E.G. "Complex general process learning in mammalian vertebrates". En *The biology of learning*, comps. P. Marler y H. Terrace. Springer-Verlag, Berlin y Nueva Cork, 1984.

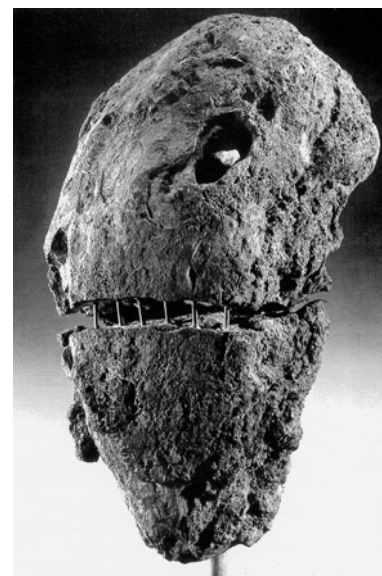


Fig. 8.17 . Imagen conceptual.
Índice / "Costura"
Escultura clavada de Saint Macé.
Foto: Menchu Gómez Martín.

conscientes de que es plausible de que la lectura de “diseño” de los animales pudiera ir más allá del carácter visual extendiéndose hacia otros sentidos para sacar esas “conclusiones”. Aún cuando los animales amplíen sus habitáculos más allá de las fronteras de sus nidos, haciendo su entorno parte de su espacio para vivir, más que la iluminación en los espacios, es la ventilación y el control de la temperatura lo que más le interesa a las especies. Por ejemplo, es probable que las texturas hápticas y (quizás) “texturas” odoríficas orienten los espacios de cada área de las construcciones de ciertos animales. Caso particular en las hormigas y termitas. De ahí la frecuente atención que dedican al permanente mantenimiento de sus nidos, pues éstos son una extensión de su propio cuerpo.

Es obvio que mientras más vayamos profundizando sobre estos ámbitos para aclarar nuestras dudas sobre el diseño, más se vayan manifestando una serie de preguntas que de algún modo pudieran ser un tanto difíciles por responder de manera precisa. ¿Podrían obtener un incremento en su tiempo de vida si cambiaran materiales, o también en la composición de su habitáculo? Las propuestas encontradas en otros materiales, por ejemplo los termiteros en libros o materiales poco habituales, demuestran intentos poco comunes por tratar de preservar su vida en lugares singulares, aludiendo por tanto a criterios ambientales como a técnicas habituales vinculadas directamente a la construcción de habitáculos, como respuestas que insinúen afirmativamente esta pregunta (fig. 8.18). Para aclarar más esto, tomaremos como base lo expuesto en Michael Hansell citado por Pallasmaa donde se mencionan los criterios ambientales así como las técnicas comunes para la construcción de habitáculos.

8.7.1. Sobre los criterios ambientales que influyen en la construcción de habitáculos

Los factores que influyen en el buen funcionamiento de un habitáculo con su medio ambiente implica, como hemos mencionado, el control de varios aspectos que se manifiestan en él. Así pues, es difícil encontrar de manera aislada uno sólo de estos requisitos, pues con frecuencia se vinculan entre ellos para dar en mayor o menor medida una correcta eficiencia a su funcionamiento integral. Ante la inquietud de que se sea o no consciente sobre el control y desarrollo de ello, es ya en este momento una cuestión secundaria, pues lo importante es comprender cómo se manifiestan estos requisitos en las soluciones existentes. Aún cuando se mencionan cinco grandes campos de criterios ambientales que inciden en la construcción de los nidos, nos abocaremos a los dos primeros por considerarlos como más esenciales en cuanto a su función natural de un habitáculo, siendo la protección frente al entorno físico y la protección frente a los depredadores³⁸.

8.7.1.1. Sobre la protección frente al entorno físico

En cuanto a la protección frente al entorno físico, encontramos que esta facultad puede contener:

³⁸ Los otros tres son: Obtención de alimentos, comunicación y decoración.



Fig. 8.18. La necesidad de encontrar un espacio adecuado para extender la posibilidad de vida en las especies, puede ser ejemplificado al encontrar a las termitas *Reticulitermes lucifugus* en nuevos hábitats, incluso en libros archivados, donde se presentan como mínimo una humedad elevada y material apropiado, como la celulosa. Foto: Del libro *Els altres arquitectes*, BCN., p. 130.

1) El control de la temperatura.

Al ser el nido, la madriguera, el habitáculo, el capullo, etc., un espacio que extiende las propiedades controlables de la temperatura animal, éste intenta mantenerlo a través de la implementación de otros elementos que contribuyan a no variar de manera tan drástica este requerimiento. Para ello, distintas especies de aves utilizan musgo, líquenes, plumas, pelos, algodón, fibras vegetales, hojas, ramitas, etc., con el fin de lograr el aislamiento de los cambios bruscos de temperatura, así como dar de igual modo, una sensación de comodidad a sus usuarios en su interior. Sin embargo, tal peculiaridad no es exclusiva de los pájaros. También entre los insectos se llega a apreciar tal condición. Una de las especies más interesantes, es la termita australiana *Amitermes meridionalis*, la cual orienta sus termiteros exactamente en dirección de norte a sur, con el fin de estar en recepción permanente con la temperatura irradiada por el sol desde las mañanas, así como por las tardes. No obstante, cuando el sol se encuentra en el cenit y las temperaturas en el ambiente se incrementan, la manera en que han solucionado formalmente este requerimiento es a través de la estrechez en su cara superior para enfatizar una forma inclinada que permite controlar el calor recibido. Según Pallaama³⁹, "Se ha sugerido que la forma en cuña puede tener la función de facilitar el intercambio gaseoso por el procedimiento de incrementar el área de superficie en relación con la proporción de masa" (fig. 8.19).



Fig. 8.19. Al ser la temperatura una condición primordial en la especie de termitas *Amitermes meridionalis*, éstas llega a orientar en relación al sol la construcción de su termitero para aprovechar al máximo el calor que necesitan.

2) La gestión del agua.

Es un hecho evidente que la vida requiera del agua para poder manifestarse. Pero de igual modo, es evidente que cuando ésta no es controlada puede afectar con seguridad la existencia de los animales. Varias especies toman en cuenta también el control de la humedad y de la presencia del agua en sus habitáculos, para evitar el deterioramiento de ellos, así como la presencia de moho y otros parásitos que pudieran afectar el equilibrio natural de sus inquilinos. Ante esto, es interesante observar cómo han resuelto varias especies este problema que es fundamental para mantener su vida. Resalta el caso de los termiteros de las *Cubitermes*, especie de termitas que habitan las zonas húmedas con abundantes lluvias tropicales, donde la construcción de sus habitáculos es el resultado directo entre las propiedades naturales de estos isópteros y las del medio ambiente. Por ejemplo, las formas convexas que conforman cada parte de lo que pudiera interpretarse como tejado, contribuyen a que el agua se precipite de manera fluida hacia la superficie. No obstante, llama igualmente la atención que cada una de los tejados conforme se vayan construyendo hacia la parte superior se presenten de manera relativamente mayor, con lo que se pudiera evidenciar una aparente lógica entre estas formas. Otro detalle igualmente interesante son los pequeños orificios que se presentan en ciertos bordes de las partes finales de cada extremo de los tejados, similares a los ejes que se presentan en los paraguas, pero que en el caso de los termiteros les funcionan igualmente como pequeñas

³⁹ Pallaama, Juhani. *Animales arquitectos. El funcionalismo ecológico de las construcciones animales*. Ed. Fundación César Manrique, Madrid, 2001, pp. 41 a 45.

chimeneas curvadas para extraer el aire caliente de su interior.

De manera similar en los termiteros de las *Macrotermes*, se presentan soluciones específicas en el desarrollo de sus construcciones, para atender problemas parecidos con el agua. Este tipo de termitas, viven en zonas templadas y semicálidas. Si bien la humedad no se expone de manera tan extrema como en las zonas donde habitan las *Cubitermes*, es igualmente existente, aunque presente por lo general en las partes bajas de los montículos construido a nivel del suelo. Es en ese mismo nivel donde se observa la existencia de espacios con laminillas que se han identificado como zonas de refrigeración, las cuales permiten controlar la humedad (así como el consecuente salitre generado) causado por el ascenso del agua del subsuelo, que al chocar con el viento que fluye desde el exterior hacia los conductos inferiores externos de ventilación lateral, permiten ascender poco a poco el aire templado y fresco por todo el interior del termitero para refrescar (fig. 11.5).

3) La impermeabilización y control de humedad.

Menciona Juhani Pallasmaa que con frecuencia los nidos de los colibríes llegan a estar recubiertos de líquenes y telarañas para conformar una especie de capa impermeable y protectora, que ayuda a esta pequeña ave a aislar la humedad existente en el ambiente del interior de su nido, pues este tipo de material ayuda a resbalar con facilidad las gotas de lluvia y rocío que pudieran caer cerca de esa construcción. Asimismo, proporciona una especie de malla protectora y de seguridad para que las crías más inquietas puedan mantenerse seguras en el interior del nido, pues la resistencia de elasticidad de los hilos de araña, ayuda a que no se desgarre hacia adentro como hacia fuera.⁴⁰ De igual modo en cuanto al control de la humedad y su impermeabilización, la abeja cortadora de hojas (*Megachile*), forra con trocitos de hojas y pétalos ovales que se adaptan con facilidad a los pequeños espacios que constituyen los tubos de incubación, depositando en cada una de esas celdilla un huevo, para beneficiarse del control de esas influencias (fig. 8.20).

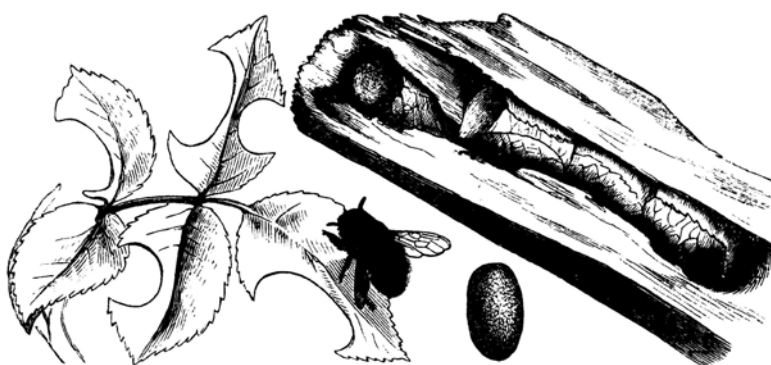


Fig. 8.20. Los pequeños capullos formados con pedacitos ovales de hojas de rosal cortados por la abeja cortahojas (*Megachile*), aíslan con facilidad la humedad del huevo depositado en ese espacio.
Ilustración: O.M. Reuter, *De lägre djurens själslif*. Samson & Tallin, Stockholm, 1986.

⁴⁰ Pallasmaa, J. *Animales arquitectos. El funcionalismo ecológico de las construcciones animales*, pp. 41-47.

4) La ventilación y renovación de aire.

Hemos mencionado en distintas partes de esta investigación, las respuestas que han emitido diversas especies sobre los problemas particulares en la construcción de sus habitáculos. El problema de ventilación y renovación del aire llega a estar presente en muchas especies. Por ejemplo en las madrigueras del perrillo de las praderas (*Cynomys ludovicianus*), descrito en el capítulo siete, evidencia de manera clara cómo puede aprovechar la ventilación en sus conductos para vivir confortablemente en su madriguera (fig. 7.26). También el cangrejo soldado de Malasia (*Mictyris longicarpus*), expuesto igualmente en ese capítulo, revela en su misma acción constructiva, distintas técnicas para ir conservando y renovando el imprescindible aire (fig. 7.24). El mismo pez Dipneo (*Protopterus annectens*) referido en el capítulo IV, sorprende al conocerse su proceder para resguardar hasta el mínimo volumen de aire que le ayudará a sobrevivir durante la temporadas secas (fig. 4.21). E igualmente el proceder de las termitas *Macrotermes bellicosus* que será explicado más adelante, permite aclarar con mayor certeza el dominio que tienen varias especies de animales sobre este requerimiento en la construcción de sus habitáculos (fig. 8.79).

5) La gestión de residuos.

Todo ser vivo al consumir su alimento, debe desalojar los residuos que no puede aprovechar su propio cuerpo. Estos desechos son trabajados de manera especial por cada una de las especies animales. ¿Cómo pueden mantener los animales la limpieza de sus habitáculos con lo cual se beneficia su misma vida? Se ha comprobado que varias especies de hormigas construyen espacios especiales para depositar ahí sus desperdicios. De manera similar las madrigueras de las marmotas y los tejones presentan un área reservada para tal efecto. Las abejas tratan de diferente manera los residuos y los cuerpos de los animales que pudieran entrar a su colmena: los tratan mediante un proceso de momificación. Esta ejecución es realizada mediante el cubrimiento del cadáver con una capa de resina que permite aislarlo del aire, para evitar que contamine la colmena. Los castores también tienen sus zonas de deposiciones las cuales se encuentran fuera del nido donde realizan sus necesidades.

Según Pallasmaa⁴¹, los chimpancés son tan limpios que defecan y orinan fuera de sus nidos incluso en la oscuridad. Contrasta esta opinión respecto al comportamiento propio entre los gorilas. Quizás sea cuestión de conducta entre estas especies, o tal vez haya que investigar más a fondo los resultados entre los chimpancés, pero según Sabater Pi⁴² al citar a Jane Goodall, ella sugería que los excrementos encontrados en los espacios de los gorilas de las montañas eran empleados deliberadamente por ellos para calentar y aislar sus camas de las frías temperaturas nocturnas. De igual modo, Sabater Pi comenta que "En Río Muni [África Ecuatorial], el 80% de las ca-

⁴¹ Pallasmaa, J. *Ibidem*, p. 52.

⁴² Sabater Pi, Jordi. *Etología de la vivienda humana. De los nidos de gorilas y chimpancés a la vivienda humana*. Ed. Labor. Barcelona, 1985, pp. 39-40.

mas [de gorilas] estudiadas contenían heces, pero no encontramos dependencia entre la presencia de excremento y estaciones seca y húmeda.” Por tanto el empleo de estos residuos como instrumentos que permitan calentar su habitáculo estaría todavía en estudio para su confirmación.

8.7.1.2. Sobre la protección contra depredadores

Por su parte, entre los principales aspectos que se han detectado que se presentan en las obras construidas por diversas especies para protegerse contra los depredadores, están:

1) El evitar ser detectados o reconocidos.

Las técnicas de ocultamiento que se presenta en la naturaleza para ocultar la presencia de un animal e incluso de las plantas, presentan dos tipos de propuestas, donde se conoce la primera como *cripsis* que consiste esencialmente en confundir el organismo con el entorno, mientras que la segunda es conocida como *mimetismo* que se basa en parecerse a otros elementos de lo que no son en realidad para evitar ser devorado por el depredador. Ejemplos de la primera alternativa son las soluciones generadas por la Amiba *Difflugia* (fig. 8.36) que al absorber los nutrientes de los granos de arena, éstos se van ubicando alrededor del cuerpo de este organismo para que lo oculte, pero también la proteja al presentarse con forma de minúscula piedrecilla que pasaría desapercibida ante sus depredadores. Otro ejemplo parecido a éste es el que emplea el pájaro sastre que cose su nido entre las hojas directamente de las ramas de un árbol para evitar ser percibido así como para evitar que al secarse resalte con mayor facilidad. La araña trampera (*Bothriocyrtum californicum*), comentada en grandes rasgos en el capítulo dos, hace una compuerta con la que tapa el acceso a su madriguera del subsuelo, cubriéndola con tierra, residuos vegetales, así como con su propia telaraña (fig. 8.21).

2) La protección mecánica.

Proteger un nido de los depredadores es una tarea ardua. Muchas especies han implementado elementos de seguridad que contribuyen a obtener una garantía en la vida de su descendencia. Atributos esenciales al mismo material empleado, contribuyen a enfatizar tales requisitos que otorgan en cierto momento, un alto porcentaje para este efecto. Por ejemplo la resistencia del material, la fortaleza de su constitución general, la dureza que se logra al combinar los elementos empleados, la flexibilidad de las superficies que constituyen la forma general de ese habitáculo, entre otros, ayudan a obtener estos requisitos. Esto sería ilustrado con la construcción del nido de los pájaros calao (Bucerotidae), quienes emplean varios materiales para producir una pasta dura especial con que revisten el acceso de su espacio habitable. Después de que se han encontrado un hueco o han hecho uno en un árbol, la hembra empolla sus huevos en él tapando la entrada con barro que ha sido llevado por el macho, así como con excrementos, restos de alimentos que se han consumido, y saliva para humedecerlo, produciendo una especie de masa que ayudará a generar este efecto, dejando únicamente un pequeño hueco por donde la hembra recibirá el alimento.



Fig. 8.21. Esta araña excavadora presenta además de su clásica puerta que protege su madriguera, una serie de filamentos que se extienden de manera radial hacia los extremos de su entrada para captar las vibraciones del movimiento de posibles presas que llegaran a pasar cerca de ella, por ejemplo este saltamontes.
Foto: NHPA (Ivan Polunin)

Posteriormente, después de que han nacido los pollos y tienen una edad suficiente para alimentarse, la madre sale del nido volviendo a tapiar desde afuera la entrada para mantener la seguridad de los polluelos. La pequeña muralla bordeada que realizan las ranas gladiadoras brasileñas (*Hyla faber*), son construidas en épocas de desove (fig. 8.22). Al pasar la mayor parte del año arriba de los árboles, esta especie sólo baja por determinadas temporadas para procrear. Construidas por los machos de esta especie en las charcas o riveras de los ríos de lento movimiento, la pequeña muralla redonda de lodo es aplanada con sus patas con forma de espátula. Después de que la ha terminado, él empezará a entonar sus llamados de apareamiento hacia las hembras, así como ahuyentando a todo macho que se acerque a ellas. Si alguna hembra es atraída, ésta examinará el recinto antes de aparearse para desovar. La pequeña muralla que rodea el cuñero, protegerá a los renacuajos mientras crecen, filtrándose el agua al interior para mantener su nivel hasta que las crías estén aptas para saltar hacia el exterior al amplio mundo.⁴³



Fig. 8.22. La muralla protectora construida por la ranita brasileña *Hyla faber*, le sirve para contener en ella a sus crías de los ataques de peces depredadores. Esta construcción, además de ser un habitáculo, funciona también como cuñero de los renacuajos. Ilustración: Bert Kitchen

3) La protección de los nidos por asociación.

Se le llama *simbiosis* a la relación que se manifiesta entre dos organismos de especie distintas, para obtener un beneficio mutuo al vivir juntos. Puede parecer extraño los ejemplos que se manifiestan en la naturaleza con este fin, pero la verdad es que se presentan con relativa frecuencia. Normalmente lo que buscan e intercambian estas especies de manera generalmente instintiva, está relacionado con dos tipos de servicios de beneficencia mutua, que implican la capacidad para generar u ofrecer un espacio como habitáculo por un lado, con la aptitud para proteger y resguardarlo por el otro. Asimismo también existe un intercambio entre la oportunidad de alimentarse sobre el cuerpo de un animal con el servicio de limpieza. De igual manera se manifiesta cuando se obtiene seguridad en un habitáculo vivo, con la ayuda de limpieza. Ejemplos de estas conductas particulares son encontradas en el pequeño pez llamado gobio de lucero (*Amblyeleotris guttata*) que convive con el camarón ciego (*Alpheus djiboutensis*). Mientras que el camarón es un destacado constructor de madrigueras, el gobio puede guiarlo a zonas donde hay mejores alimentos, manteniendo el contacto con la cola del gobio. A la menor señal de peligro, se retiran hacia el agujero⁴⁴ (fig. 8.23). Varias especies de reptiles, aves y mamíferos se benefician de ciertos huecos en los termiteros, donde los isópteros no atacan a los crías de aves que nacen ahí, cerrando las termitas en corto tiempo los conductos que llevan a esos espacios, por intercambiar en este caso la seguridad de un espacio por la protección de su montículo.



Fig. 8.23. Pez gobio luther o de lucero (*Amblyeleotris guttata*) y camarón ciego (*Alpheus djiboutensis*). La protección de los habitáculos es en ocasiones obtenida a través de la convivencia con otras especies, las cuales brindan seguridad, a cambio de un espacio como refugio. Foto: Planet Earth Picture. Gary Bell.

8.7.2. Sobre las técnicas habituales para la construcción de habitáculos

¿Cómo hacen o diseñan sus habitáculos los animales? De acuerdo a los análisis preliminares investigados, las técnicas

⁴³ Kitchen, Bert. *And so they build*. Candlewick Press, Ma. 1995, 32 pp.

⁴⁴ Morris, Desmond. *El arte de observar el comportamiento animal*. Ed. Plaza & James, Tusquets. Barcelona, 1991, p. 126.

más comunes que se manifiestan en la naturaleza de la construcción de hábitáculos, son: el cobijo preconstruido; el esculpido y excavado; el apilamiento; el moldeado modelado y el moldeado extruido e hilado; el enrollado y plegado; el pegado; el tejido; y el cosido.

1. Cobijos preconstruidos (Ready-made).

Entre las especies de animales que reutilizan un espacio ya construido, se encuentra la abeja albañil *Osmia bicolor*. Ésta usa la carcasa vacía de un caracol para proteger a su descendencia. Esta abeja deposita un huevo junto al polen en lo más profundo de la espiral de la concha, el cual sirve como alimento a su futura larva. Después de sellar el pasillo con una cubierta hecha de una pasta masticada, deja sin embargo bastante espacio para que la larva crezca. La abeja también procede a llenar la espiral restante con guijarros pequeños, y cierra el extremo del tubo con otra pared de pulpa de hoja. Por último, recoge tallos secos, laminillas de hojas de pino, que ha recogido para cubrir como capa protectora la coraza de caracol (fig. 8.24).⁴⁵

Otras avispas solitarias no cavan madrigueras como nidos, sino que utilizan las cavidades naturales del arbusto zumaque, o perforaciones abandonadas por escarabajos. Estas avispas son llamadas inquilinas o arrendatarias por su hábito de aprovecharse de un lugar ya construido. En ocasiones las inquilinas se aprovechan de las cavidades usadas por otras avispas o abejas, las cuales son despojadas y trasladadas a grandes distancias de sus nidos. Destaca el caso de la avispa africana *Odynerus vespiformis* que lleva gotas de agua al nido de fango vacío o abandonado por otras especies de avispa, donde analizan el material de construcción y lo modifican y ajusta como nido propio. Para el diseñador Josep Babiloni⁴⁶ el *rediseño* puede entenderse básicamente como toda respuesta que pretenda resolver un problema a partir de una propuesta formal gestada por diversos motivos, sean culturales, estratégicos o de mercado. Ante esto, es probable que exista cierto grado de coincidencia de esta actividad con la realizada por estos himenópteros, donde el aspecto estratégico mencionado sea por supuesto, la supervivencia de ellos y de su propia especie.

2. Esculpido y excavado.

De acuerdo a la interpretación que hace Hansell⁴⁷, el esculpido es entendido como un método en la que se va quitando material de cierta masa seleccionada, sea mediante huecos o relieves, en piedras o maderas; en otras palabras siguiendo el concepto de restar. Prácticamente aquí se seguiría el principio que decía el escultor Miguel Ángel Buonarroti, en su trabajo, respecto a que es mejor quitar que poner. Ejemplo de este



Fig. 8.24. La abeja albañil (*Osmia bicolor*), después de utilizar como nido para poner su huevo dentro de la coraza del caracol, lo cubre con filamentos de hojas de pino para protegerlo de los depredadores. Ilustración: Eugen Schuhmacher.

⁴⁵ Pallasmaa, Juhani (Curador). *Animal Architecture*. Museum of Finnish Architecture. Helsinki, 1995, pp. 30-31.

⁴⁶ Entrevista personal en la Facultad de Bellas Artes de la Universidad de Barcelona.

⁴⁷ Hansell, Michael, H. *Animal architecture and building behaviour*, Londres y Nueva York, Longman, 1984. Citado por Pallasmaa, Juhani. *Animales arquitectos. El funcionalismo ecológico de las construcciones animales*. Op. Cit., pp. 71-85.

principio, está en las soluciones de varias especies, como los nidos del escarabajo maderero (*Ips typographus*) (fig. 5.5), los habitáculos de las barrenas de mar (*Pholas dactylus*), o las madrigueras del topo (*Talpa europaea*), entre otros, los cuales se especializan en desalojar materia más que ponerla, y de esa manera, el espacio generado les sirve como habitáculo para instalarse en él (fig. 8.25).

3. Apilamiento.

En este método se ven implicados más componentes para la elaboración de los resultados deseados. No sólo se vinculan aspectos como la simple acumulación del material requerido, acción que conlleva amontonar y disponer una cosa sobre otra, haciendo con ello una pila de ese mismo material, sino que también obliga a recogerlo, trasladarlo y emplazarlo, así como a colocarlo en el espacio seleccionado por el constructor, sin ayuda de materiales adhesivos. Tales soluciones son generalmente empleadas por las aves, por ejemplo el pájaro ruiseñor (*Luscinia megarhynchos*) aunque también pueden encontrarse en algunas especies de peces como el pez mandíbula (*Ophistognathidae*), e incluso en los grandes simios como en el gorila (*Gorilla gorilla*).

4. Moldeado.

A partir de las propiedades naturales de un material, la facultad de moldear obliga a generar una forma diferente a la manifestada de manera inicial en ese material maleable. Según Hansell, esta condición implica dos procesos: 1) el de modelar un material para generar en él una forma especial, y 2) el de extrudir, que conlleva a conducir un material flexible y dócil secretado por el propio animal, a través de una especie de fino molde o matriz que le da una forma particular, y con el que se construirá luego una estructura singular.

4.1. Modelado.

Este proceso es utilizado por especies de animales que poseen en su constitución física, unas piezas bucales apropiadas para realizar modificaciones precisas en los materiales empleados. Así pues, dentro de este apartado estarían diversas especies como la abeja común (*Apis mellifera*), quien para construir sus panales segrega en su propio cuerpo pequeñas laminillas de cera que utiliza para conformar las celdas para contener en ellas la miel recolectada o los huevecillos de su especie, utilizando para ello sus antenas como guías de medida requerida. Otro ejemplo es el pájaro hornero de patas claras (*Furnarius leucopus*), que transporta muchas bolitas de barro y de otros materiales para hacer su nido. De igual manera, la avispa papelera (*Polistes dominulus*) o la avispa tropical de arcilla (*Polybia singulares*), que construye su nido colgante de una rama con arcilla extremadamente fina, el cual posee una abertura como entrada de manera vertical para acceder fácilmente a los panales colgados de manera horizontal. Este nido puede llegar a pesar un kilo y medio.

4.2. Extrusión e hilado.

De acuerdo con Pallasmaa, el proceso de extrusión es ejemplificado por la especie de seda generada por la salanganas (*Collocalia fuciphaga*), aves parecidas a las golondrinas del



Fig. 8.25. Madriguera de topo (*Talpa europaea*), donde se ejemplifica claramente la acción de excavar.
Foto: Preben Bang.

sureste asiático, que forman su nido a partir de su saliva endurecida al contacto con el aire.⁴⁸ Esta sustancia es formada por unas glándulas especiales con la que pueden elaborar tal material, hinchándose en gran medida cuando se llega la temporada de cría. En ese tiempo, realizan la construcción de su nido trazando un semicírculo sobre las laderas de peñascos, donde siguen segregando saliva para formar la cuenca donde pueden empollar sus huevos (fig. 8.26). Así mismo, otras especies como las del orden de lepidópteras (mariposas) y tricópteras (moscas), entre otras especies, producen igualmente sedas a partir de su propio cuerpo. El hilado producido por las arañas, es célebre por su gran calidad y eficiencia, producto de mucho tiempo que le ha permitido generarla mediante la selección natural.

5. Enrollado y plegado.

El principio de diseño generado bajo este concepto, es producido al formar una estructura tridimensional a partir de superficies bidimensionales, enrollando o plegando las hojas de las plantas, con el fin de producir un espacio para el cuidado de sus crías, así como unos cortes estratégicos que ayudarán a dar la forma deseada. Este principio le permite obtener un espacio interno que le sirve de protección. Al cortar de una manera particular una hoja, ésta es girada y utilizada para esconderse internamente. Ejemplo claro de esta actividad, se manifiesta en la hembra del gorgojo *Byctiscus populi*, donde sus crías al nacer se alimentarán de la hoja, enrollándola en un principio en sentido transversal (fig. 8.27). La oruga de la especie *Striglina citaria*, enrolla sobre sí misma el borde de la hoja donde se halla, utilizando a su vez los hilos de seda para que pueda permanecer en esa posición la hoja.

6. Pegado.

El método que utilizan varias especies para generar esta acción, implica fundamentalmente la utilización de dos componentes: Primero, la existencia de materiales que sean más o menos sólidos y compactos, que permitan por un lado ser manuable así como presentar un control en su peso; y segundo, un material adhesivo que encauce a unir de manera más o menos permanente a estos materiales. Distintas especies de animales, responden ante una misma necesidad de manera diferente en cuanto a sus soluciones aportadas. Así pues, las larvas de mosca frigáneas, utilizan una sustancia segregada por su propio cuerpo para adherir pequeñas ramitas (*Platycentropus*), piedrecillas (*Helicopsyche*) e incluso hojas (*Anisocentropus*), caracoles pequeños (*Philartctus*), etc., para hacer sus habitáculos. Otra especie que emplea una técnica similar, es la abeja albañil (*Chalicodoma muraria*), la cual realiza con arena, piedrecillas y saliva, grupos de 12 pequeñas vasijas donde colocará un huevecillo con miel para que se alimente, tapándola con una capa de mortero. O también el caso de la amiba *Difflugia* quien para abstraer de su entorno los nutrientes alimenticios, va envolviendo con su cuerpo pequeños granos de arena que al desecharlos los va reuniendo a los bordes de su



Fig. 8.26. Los nidos de las salanganas (*Collocalia fuciphaga*), están hechos con hilos de saliva endurecida con el aire.
Foto: Michael Kuzmak

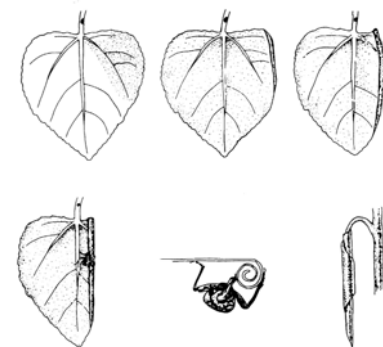


Fig. 8.27. Gorgojo hembra *Byctiscus populi*, enrollando la hoja que le servirá de nido.
Ilustración: Según Michael Hansell

⁴⁸ Pallaasma, Juhani. *Animales arquitectos. El funcionalismo ecológico de las construcciones animales*. Ed. Fundación César Manrique, Madrid, 2001, p. 78 y ss.

cuerpo, formando de esa manera una fortaleza que le protege de otros depredadores.

7. Tejido.

Los investigadores han descubierto que dos especies de aves han empleado esta técnica para desarrollar sus propios nidos. Los pájaros tejedores de África y de otras partes del mundo (como el *Ploceus cucullatus*) y los pájaros oropéndolas de América Central y del Sur, que son físicamente un poco mayores que los anteriores. Al ser sus nidos generados por esta técnica, poco a poco a lo largo de la evolución, han ido trasladándose desde los inseguros lugares apoyados en el suelo, hasta las seguras y más confiables ramas altas de los árboles. Está claro que al emplear la técnica de tejido, no requieran ningún tipo de adhesivo que permita mantener fijos sus nidos sobre las ramas de los árboles (fig. 8.28). Menciona Pallasmaa, que la gran diferencia entre los tejidos humanos y los de estas aves, es que los primeros hilan sus tejidos con hilos muy largos, mientras que los pájaros no. Las especies que hilan sus filamentos los emplean en otras técnicas para conformar trampas y redes.



Fig. 8.28. El pájaro tejedor (*Ploceus cucullatus*), teje varios nidos durante la temporada de lluvias para presentar varias alternativas a las hembras. Foto: Nigel Dennis.

Básicamente para generar los tipos de nidos tejidos, es requisito indispensable poseer una parte del cuerpo adecuado a tal fin. En este caso el pico es generalmente estrecho y un poco grueso. Asimismo es necesario tener una pauta conductual que permita mantener el recorrido del hilo, esto es dicho de manera literal, "no perder el hilo". Hansell menciona que esta manera de proceder es el resultado de la evolución, donde la estimulación de dar vueltas, bucles, giros y remates con los filamentos coincide con los movimientos constantes en una dirección. A su vez, la conducta instintiva (si bien paulatinamente aprendida y refinada con el paso del tiempo), permiten hacer coincidir las condiciones propias del ave (como su tamaño, abertura del acceso, etc.), con los requerimientos del nido (resistencia, seguridad, etc.), siendo las mismas peculiaridades físicas del pico del ave, las que determinan la extensión de los espacios que habría de generar.

8. Cosido.

No están bien claros los límites que divide la acción de tejer y coser en cuanto la elaboración de un habitáculo. Tal vez una de las diferencias principales que podrían contribuir a definir las serían la actividad de perforar una superficie para insertar a través de ese minúsculo agujero un filamento, acción que pudiera llevar también a otras interpretaciones. El ave que realiza una actividad vinculada con esta concepto es el llamado pájaro sastre del sureste de Asia (*Orthotomus sutorius*), quien al juntar dos hojas y coserlas con hilos de seda de araña para evitar que se separen, va conformando de esta manera un nido bien camuflado. Para evitar que se separen las superficies, más que trasladar los hilos de manera continua en zigzag, a la largo de sus bordes, hace pequeños nudos que ayudan a conseguir una permanencia estable. Luego rellenará el espacio interior con pequeñas ramitas, hojas, fibras vegetales. En forma parecida, el pájaro pilandrín mayor (*Arachnothera robusta*), hace sus nidos por la parte posterior de las hojas de plátano, mediante tiras de material vegetal que están cosidas

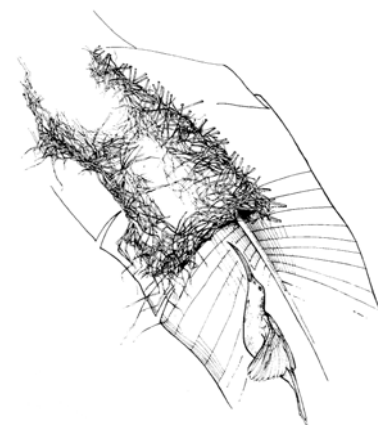


Fig. 8.29. El pájaro pilandrín mayor (*Arachnothera robusta*), cose su nido a una hoja de plátano mediante fibras e hilos de araña para darle mayor seguridad y fortaleza. Ilustración según Michael Hansell.

a la hoja con hilos y fibras de planta así como hilos de araña (fig. 8.29).

8.8. Sobre las especies constructoras de hábitáculos

¿Cuáles animales han generado las soluciones más interesantes en el diseño de sus hábitáculos? Es evidente que podemos extendernos con creces en este punto al mencionar cada una de las propuestas adoptadas por distintas especies. Ninguna de ellas pudiera ser considerada de inferior calidad y originalidad, puesto que han sido evaluadas por la misma naturaleza para mantener con vida no sólo a sus constructores sino incluso a sus usuarios, que en ocasiones no llegan a ser los mismos durante mucho tiempo. La tabla que aparece en relación a este capítulo, describe en general las peculiaridades que le son propias a cada solución emitida por las especies más interesantes en cuanto a los conceptos y atributos que le son exclusivos, si bien hay que reconocer también que estamos siendo injustos por omitir las soluciones de muchas otras especies, sea por falta de espacio, tiempo de investigación o incluso por desconocimiento de las propuestas que pudieran ser juzgadas por otros investigadores como más importantes.

No obstante, más que presentar un enlistado extenso que enuncie a todas y cada una de ellas, las especies que han sido seleccionadas lo han sido por considerar que sus soluciones son en este momento, las más singulares (fig. 8.30). Un ejemplo descrito en esta lista, es el nido del estornino pinto (*Sturnus vulgaris*), que si bien en cuanto a la construcción formal de su nido pudiera ser común y sin importancia, presenta como cualidad, sorprendentes peculiaridades que han asombrado a naturalistas y ornitólogos por sus detalles inusuales, tales como el empleo y selección de ciertas plantas que ayudan a obtener ciertos beneficios a favor de la salud de sus crías generadas desde que hacen el tejido estructural de sus nidos.⁴⁹ Esta es la razón por la que busca y emplea esta ave, pedazos de ramitas de agrimonia (*Agrimonia eupatoria*) que funciona como inhibidora del crecimiento de bacterias; la solidago (*Solidago rugosa*) que sirve para inhabilitar el crecimiento de insectos, así como la zanahoria silvestre (*Daucus carota*), que se emplea igualmente para controlar el desarrollo de insectos nocivos. Estas mejoras, que son evidentes al descubrir las razones de su uso, permiten comprender las respuestas emitidas con “cierto grado de inconsciencia” por estas aves para mejorar las condiciones de habitabilidad en cuanto a la integración de material que contribuyen a controlar y evitar el posible contacto con parásitos nocivos, sean bacterias o insectos que pudieran enfermar a sus crías.

La versatilidad en los materiales de construcción que emplean los animales, es clara cuando se pueden confrontar sus obras. Diversos materiales que van, como lo hemos dicho anteriormente, desde la saliva generada por sus propios cuerpos, como es el caso de los nidos de ciertos vencejos o de la salangana de Asia (*Collocalia fuciphaga*) (fig. 8.31), los cuales desde



Fig. 8.30. Nido de estornino pinto (*Sturnus vulgaris*) entre tejas. Esta ave selecciona y emplea ramitas de distintas plantas para controlar la proliferación de bacterias e insectos que pudieran enfermar a sus crías.

Foto: Fernando García (Museo de Zoo Barcelona).



Fig. 8.31. Los nidos de la salangana (*Collocalia fuciphaga*), están hechos de saliva al tener éstas una sustancia adherente que permite sujetarlos con facilidad a las paredes de los precipicios.

Foto: FLPA/T S de Zylva.

⁴⁹ Museo de Zoología de Barcelona. *Els Altres arquitectes*. Ed. Gustavo Gili. Barcelona, 2003, pp. 48-49.

el punto de vista culinario, son muy apreciados por estar formados de pura proteína⁵⁰, o del nido tejido con material vegetal del fondo de los ríos por el pez espinoso (*Gasteróster*), son sólo unos pocos ejemplos de las diversas alternativas con que las especies han podido resolver un mismo problema: Protegerse de la intemperie y de los depredadores. Las siguientes especies presentan un alto grado de interés por el tipo de respuestas que han dado a la construcción de sus habitáculos, donde se encuentran:

8.8.1. Amibas

La primera vez que los naturalistas observaron a través del microscopio unas gotas del agua, permanecieron estupefactos ante el descubrimiento de todo el mundo microscópico no observado hasta entonces, destacando una serie de organismos que se caracterizaban por poseer una peculiar constitución amorfa. Las amibas (o amebas), son protozoarios que poseen una sola célula. Si bien cada organismo posee en sí un núcleo dentro de una membrana que rodea su citoplasma, estos animales no tienen una forma definida, moviéndose mediante las extensiones de su mismo cuerpo, denominados pseudópodos, rodeando y capturando a bacterias y otros elementos con los que se alimentan. Las amibas viven en agua dulce, así como en el agua salada, en tierras húmedas, e incluso dentro de los animales. Se sabe que existen más de 20 especies de amibas, reproduciéndose éstas por división, lo cual genera mediante esta manera, su gran multiplicación. En particular, existen dos especies que son de nuestro interés central por la manera en que manifiestan su singular habitáculo, siendo éstas la *Dictyostelium discoideum* y la *Diffflugia*.

8.8.1.1. Amiba (*Dictyostelium discoideum*) / Cúpula

El Dr. John Tyler Bonner⁵¹, ha trabajado desde hace tiempo en el estudio del comportamiento de las amibas sociales, las cuales forman parte del barro y moho que se encuentra en los asentamientos de lodo en el fondo de los estanques. Surgida desde hace unos 1.000 millones de años, ésta vivía en completo anonimato entre la maleza hasta que fue descubierta en 1869. Si bien actualmente se conocen más de veinte especies, una de ellas en particular, la *Dictyostelium discoideum*, constituye una clase de microorganismo muy interesante para investigar, al ser una parte importante de la cadena alimenticia, en la cual ésta actúa como depredador de las bacterias del suelo. Su tamaño es similar a los glóbulos blancos humanos, y cuando las condiciones alimenticias lo permiten, su número puede aumentar hasta 100.000 o más individuos. Sin embargo, cuando el alimento es escaso, sucede un fenómeno peculiar que se caracteriza en que toda la colonia (formada por individuos aislados), se ve afectada en una verdadera conmoción, donde poco a poco de todos los rincones cercanos, van reuniéndose



Fig. 8.32. Amiba *Dictyostelium*. Fase de convocación multitudinaria configurando una forma estrellada. (Gráfico según John T. Bonner).



Fig. 8.33. Amiba *Dictyostelium*. Fase de configuración de torre, a partir del levantamiento de la forma gelatinosa. (Gráfico según John T. Bonner).

⁵⁰ Birkhead, Tim, et al. *Secretos del Mundo Animal*. Ed. Reader's Digest, Milan, 1996, p. 120.

⁵¹ Bonner, John Tyler. "El papel de las hormonas en las amebas sociales y en los mamíferos", en *Comportamiento Animal. Selecciones de Scientific American*. Ed. Blume, Madrid, junio 1969, pp. 342 a 352.

cada una de ellas en una estructura estrellada al desplazarse y agruparse en algún lugar determinado (fig. 8.32), como si se hubiera convocado “oficialmente” a una asamblea multitudinaria para “decidir sus acciones”.

Al congregarse todos los miembros, se configura una forma translúcida, gelatinosa y flexible similar a una “babosa”, la cual se desplaza de manera gradual orientándose hacia donde la luz y el calor esté más definido (fig. 8.33), puesto que –como es sabido por los especialistas– le permitirá generar en su momento, una dispersión más efectiva de la esporas para multiplicarse. Menciona el Dr. Bonner, que “después del periodo de migración, la ‘babosa’ termina por colocarse apuntando hacia la superficie en un ángulo recto. Algunas de sus células forman un tallo, mientras que otras forman masas esféricas de esporas. Las células del tallo se hinchan y se ahuecan como la médula de una planta y [al final] mueren”.⁵²

Otro investigador, en este caso el etólogo Heribert Schmid, describe que cuando las amibas se han congregado, éstas se van apilando unas sobre otras para ir formando una torre puntiaguda⁵³, la cual en algún momento acabará derrumbándose. Percibida a simple vista, la altura de esta “columna”, mide alrededor de 2 milímetros, desplazándose como un sólo individuo. “Cuando encuentran el hábitat idóneo —dice Schmid— forman de nuevo una torre compuesta por un tallo estrecho de un centímetro de alto rematado por una esfera (fig. 8.34). Las amibas que forman el tallo secretan paredes de celulosa que confieren mayor consistencia a la construcción [... de la misma]. Los individuos que componen la esfera⁵⁴ que remata esta especie de torre de televisión en miniatura, se repliega y secreta una envoltura resistente, y reciben entonces la denominación de quistes o esporas”⁵⁵, produciéndose todo esto en 24 horas.

Resalta el hecho de que a medida de que el tallo va creciendo, la masa de esporas que serán las que conformen en sí la esfera superior, poco a poco se irá desplazando hacia arriba, siendo cualquiera de estas esporas capaz de reiniciar en otro momento la nueva generación. Los quistes⁵⁶, poseen muchas resistencia no sólo al calor y al frío, sino igualmente a la sequedad, sobreviviendo a largos periodos de tiempo en esta situación. Cuando pueden introducirse a algún animal, se adhieren a ellos para ser transportados a otros lugares, y esperan “pacientemente” a que las condiciones ambientales sean propicias, para volver nuevamente a reiniciar su ciclo desde el principio. Tanto los quistes como las amibas a que dan origen, son

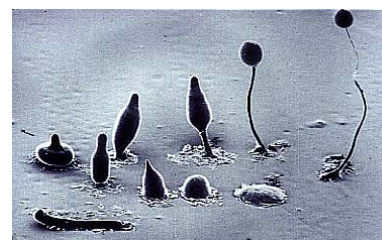


Fig. 8.34. Secuencia microfotográfica de la amiba *Dictyostelium discoideum*. Desde el inicio se van organizando cada uno de los miembros para generar la pequeña esfera en la cúspide de la torre, que permitirá mantener viva a esa especie. Foto: M.G. Grimson y R.L. Blanton.



Fig. 8.35. Concepto *Cúpula*
Microfotografía de la fase final de conformación de la torre esferada de la amiba *Dictyostelium discoideum*.

⁵² Bonner, John Tyler. *Ibidem*. p. 344.

⁵³ Department of Genetics. Universität Kassel. Desarrollo del ciclo de la amiba *Dictyostelium discoideum*:
<http://www.uni-kassel.de/fb19/genetics/Welcome.html>

⁵⁴ Llamada *Sorocarp*, y que es propiamente la estructura reproductiva que puede resistir la desecación por largos periodos.

⁵⁵ Schmid, Heribert, *Como se comunican los animales*, Biblioteca Científica Salvat # 33, Ed. Salvat, Barcelona, 1986, p. 11.

⁵⁶ Fotografía de la ameba *Dictyostelium distiostelium* en:
<http://fachberatung-biologie.de/Themen/Zelle/vielzeller.htm>

los únicos supervivientes de esta microtorre, pues las que constituyen el pilar central propiamente, se "autosacrifican e inmolan" inevitablemente para mantener la especie. La parte exterior de esa spora o cápsula ovoide, está formada con pared de celulosa, la cual es propiamente la que protege y libera una célula ameboide (mixameba), que reproducirá posteriormente a esa especie. Es por tanto un medio que protege al elemento vivo del ambiente externo. Es en conclusión, un habitáculo que permite mantener con vida el germen de este microorganismo el cual está adentro de ella (fig. 8.35), a semejanza de una torre humana que exalta la cúpula como principal elemento de su construcción.

8.8.1.2. Amiba (*Diffugia*) / Fortaleza

Al ser uno de los animales más pequeños y primitivos que existen en el reino animal, esta amiba habita en distintos ambientes donde haya agua dulce, como los estanques. Compuesta por una pequeña gota de protoplasma y de un núcleo, la amiba puede desplazarse mediante las ampliaciones y contracciones de sus pseudópodos, especies de "piernas" que van modificando su tamaño con el fin de avanzar. La amiba se alimenta de pequeñas partículas de algas minúsculas, y aunque no posee un orificio permanente como boca, puede a través de su cuerpo incorporarlas para digerirlas. La amiba *Diffugia* es igualmente otro protozoario muy interesante. Aparte de incorporarse alimento digerible, la *Diffugia* también "absorbe" partículas indigestas como minúsculos granitos de arena. Éstas posteriormente se desplazan desde su interior hacia el exterior, agrupándose firmemente alrededor de su cuerpo mediante una sustancia secretada por el animal, formando con ellas una especie de protector o urna llamada "test", con la que se cubre casi por completo (fig. 8.36).

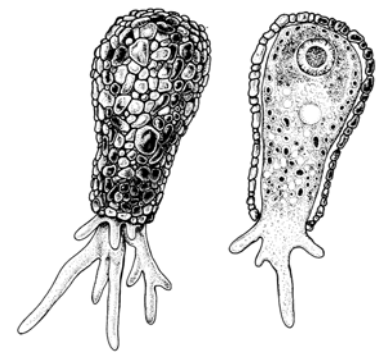


Fig. 8.36. Concepto Fortaleza. *Diffugia pyriformis* y su sección longitudinal. Esta amiba construye alrededor de sí misma, un protector con granos de arena que ha digerido y expulsado. Gráfico según Karl von Frisch.

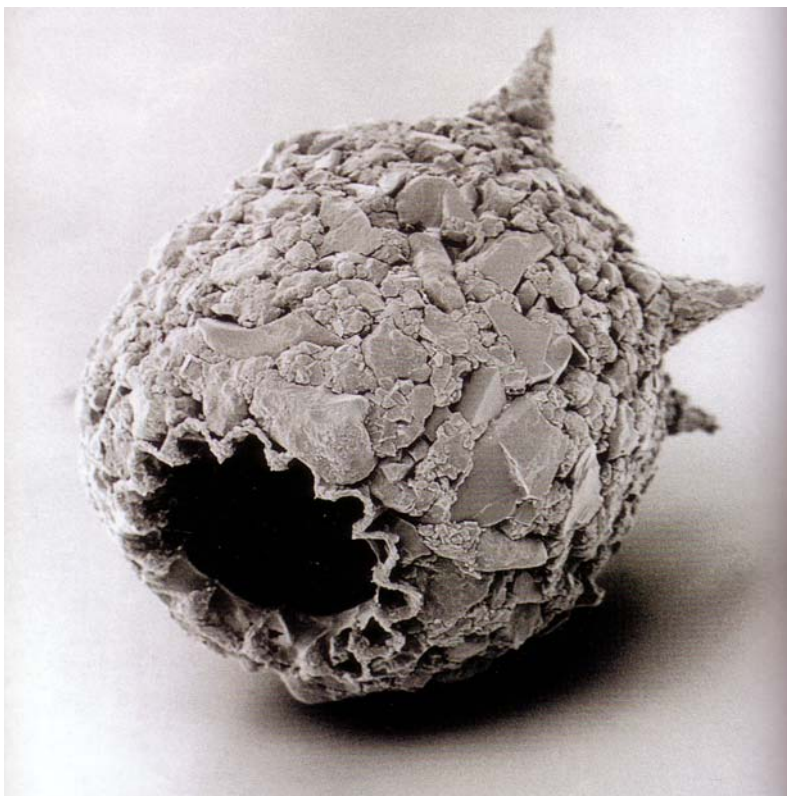


Fig. 8.37. Las partículas de arena de este habitáculo, se adaptan a la forma de la ameba, presentando ajustes en la salida de sus pseudópodos. Foto: Natural History Museum, London.

Según nos indica el Prof. Win van Egmond⁵⁷ “Estas amibas encascaradas se pueden recoger con los mismos métodos que la ‘ameba desnuda’, [aunque] deben tomarse algunas precauciones cuando se les examine, pues los protectores se rompen con facilidad”. Cuando ha crecido dos veces su mismo tamaño, la *Diffflugia* divide su protoplasma en dos partes iguales, iniciando con ello su multiplicación. Aunque ésta no se verá concluida y permanecerá inmóvil hasta que la nueva “casa”, formada igualmente por los minúsculos pedruscos o detritus inorgánicos, esté lista. Cuando el pequeño protector esté concluido, la ameba empezará a desplazarse dentro de ella mediante sus pseudópodos salientes de la abertura (fig. 8.37). Ampliando este punto, el Dr. Karl von Frisch nos comenta que, “[...] Sólo entonces, el animal se divide en dos organismos hijos, arrastrándose cada uno lo más lejos con su propio hogar en miniatura. La ingestión de partículas comestibles junto con algunas indigestas, y su uso para la construcción de una “casa” de manera reciclada, es altamente original (fig. 8.38) y única en el mundo animal”⁵⁸, además de ser posiblemente la construcción más pequeña del mundo⁵⁹. De forma parecida a iglúes, los habitáculos de estas amibas se asemejan en gran medida a las chozas empedradas de Dingle⁶⁰ de la parte occidental de Irlanda, las cuales poseen características muy similares en su esencia constructiva, pues están hechas con piedras colocadas una por una, sobre el mismo espacio, manteniendo por ello un concepto de fortaleza. (fig. 8.39).

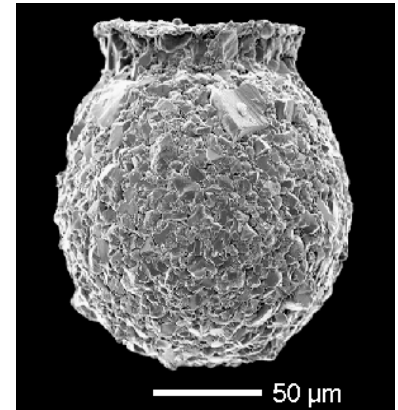


Fig. 8.38. Protector de *Diffflugia* con forma de vasija.



Fig. 8.39. Concepto *Fortaleza*. Chozas de piedra en Dingle.

⁵⁷ Egmond, Wim van, “Las amebas son más que sólo gotas / La Ameba Encascarada”, Países Bajos, 15 febrero 2003, en: <http://www.microscopy-uk.org.uk/mag/artsep01/shelled.html>

⁵⁸ Frisch, Karl von, y Otto von Frisch. *Animal Architecture*, Ed. Harcourt Brace Jovanovich, New York, 1974, p. 4.

⁵⁹ Fotografía de urna de la *Diffflugia*: http://palaeo-electronica.org/1998_1/dalby/22.html

⁶⁰ Fotografía de Dingle (choza empedrada) en: www.igoweb.org/~wms/personal/photos/2001/ire4-dingle/

8.8.2. Larvas de mosca frigáneas (*Trichoptera*) / Fortaleza

Las larvas de moscas frigáneas (o Caddis fly), son insectos del orden de los tricópteros que viven en lugares de agua dulce. Éstos están protegidos mediante una especie de envoltorio o coraza que parecen cajitas finamente construidas con diversos materiales donde protegen la mayor parte de su cuerpo blando, dejando afuera sólo la cabeza y sus patas delanteras (fig. 8.40). Existen varias especies de esta orden que presentan cada una, un distinto modo de construir su refugio. A partir de eclosionar los huevecillos de estas moscas, las larvas empiezan a tejer una seda con sus glándulas salivales, fortaleciendo posteriormente esta seda con pedacitos de planta muerta y otros materiales que van encontrando en su entorno. Éstas son cortadas a un determinado tamaño, adhiriéndolas alrededor de su abdomen con hilos de seda que sujetan con sus patas y garras.

Si bien cada especie construye de diferente manera empleando distintos materiales, cada una varía la técnica de su construcción. Utilizan pequeñas ramitas quebradas que colocan de manera paralela, perpendicular, entrecruzada e incluso en espiral con una intención aparentemente casual, no existiendo por así decirlo “un sólo estilo arquitectónico”. Richard Merritt y J. Bruce Wallace⁶¹ mencionan que “varias especies de [...] frigáneas [...] ocupan hábitats acuáticos tan diversos como los rápidos arroyos alpinos, los ríos serpenteantes, los tranquilos fondos de lagos y los estuarios de mareas”. Por ello, se podrán encontrar diversas propuestas constructivas realizadas con materiales naturales que se encuentren en su entorno acuático, ya sean piedritas, pedruscos, arena, hojas, tallos y palitos (fig. 8.41). Incluso es posible encontrarlos también con caracoles habitados, que habrán de morir lentamente por falta de alimento al estar adheridos a la coraza de la larva, como es el caso de la *Philarctus*. Como regla fundamental, el proceso de crecimiento de esta larva se genera en el interior de este refugio. Éste se amplía paulatinamente al añadirle poco a poco el mismo material con que ha iniciado su proceso constructivo. Con ello puede ir proveyéndose de un espacio protector al ir creciendo su ocupante. Cuando llega a estar muy apretada tiende a desmenuzarse el extremo inferior. Pero si está muy duro por tener un material muy resistente, se evidenciará el crecimiento del protector al aumentar su desarrollo. El mejor concepto de crecimiento para esta necesidad es el generado por una espiral, donde al componer su desarrollo con el principio de caracol, se conservan las partes viejas unidas a las partes nuevas.

Ante tal hecho, es claro que la vida de estas larvas sea probablemente tranquila y desahogada, pues nunca habrán de estar con prisa para buscar su alimento al existir en abundancia en el medio donde habitan. Capturado en redes de distintos tipos, este alimento es generalmente materia viva o muerta que transita libremente en la corriente del agua, sea de origen vegetal (bacterias y algas) y de origen animal (protozoos y pe-

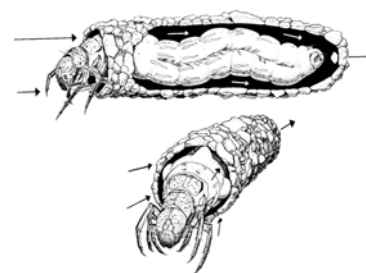


Fig. 8.40. Al permanecer la larva frigánea dentro de su refugio, el agua transita libremente a través de él llevándole partículas alimenticias. Ilustración: Anker Odum.



Fig. 8.41. La larva frigánea *Phryganea* construye en su hábitat, un refugio utilizando pedazos de plantas unidas con su seda alrededor de su cuerpo. Foto: Science Photo Library, Claude Nuridsany & Marie Perrenneou.

⁶¹ Merritt, Richard y J. Bruce Wallace. “Insectos filtradores”. *Investigación y Ciencia (Scientific American)* # 57. Barcelona, 1981, pp. 94-102.

queños invertebrados), si bien la mayoría de los elementos capturados y consumidos llega a ser materia no identificada conocida con el nombre de detritos finos, esto es, materia alimenticia de baja calidad.⁶² Al conocer la esencia de este tipo de animal, se comprende el porqué necesiten un espacio portátil y estático que les proteja, y no uno dinámico que pudieran utilizar para una acción rápida de movimiento si tuvieran la necesidad de alcanzar a sus presas que se movieran con agilidad, pues no es necesario enfatizar que estos insectos no son carnívoros. Antes de construir su habitáculo, la larva se sujeta al suelo o a una planta, buscando en ocasiones algún lugar donde esconderla, ya sea como una grieta en el suelo o debajo de una piedra. Al terminar su envoltorio, lo cierra con una membrana de seda que presenta una raja para permitir al agua transitar libremente a través de ella, con la intención de conseguir el oxígeno que requerir para vivir.



Fig. 8.42. Refugio de la larva *Hydropsyche*, que presenta en primer plano la malla tejida para atrapar su alimento. Ilustración: Anker Odum.

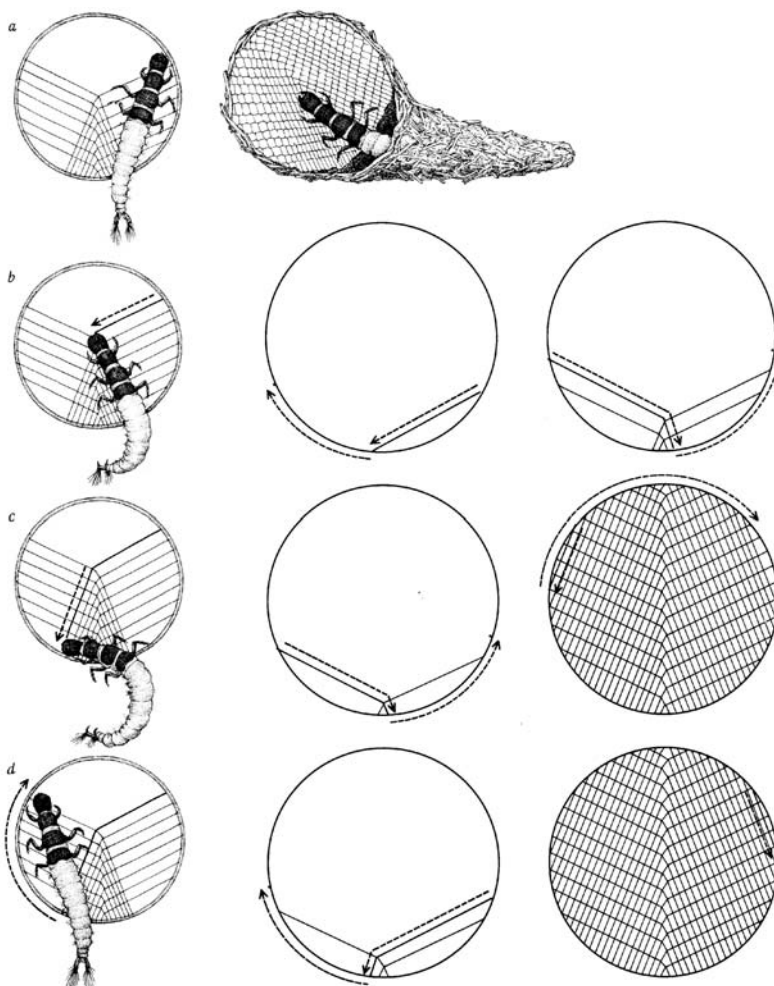


Fig. 8.43. Modelo constructivo de una malla de seda elaborada por una larva filtradora del género *Hydropsyche*, quien empieza a ir tejiendo sus hilos de arriba hacia abajo, de derecha a izquierda, y de izquierda a derecha. Ilustración: Tom Prentiss.

Los refugios de la larva *Hydropsyche* o Hidropsíquidos, son también singulares. En especial la malla de captura. Esta red es generalmente tensa y el perímetro de la misma está apoyado en pedazos de desperdicios que son de igual modo estabilizados mediante una línea de seda particular (fig. 8.42). Es-

⁶² Compuesto de diversos elementos como hojas muertas, plantas, comida que no ha sido consumida, excremento de peces, etc.

tas redes son difíciles de mantener en las bajas temperaturas de invierno. Como construyen su refugio con el extremo mayor abierto de la misma dirigido hacia la corriente arriba, van construyendo en seguida un armazón similar a un aro oval donde sostendrá la red con que capturaré su alimento al colocarla en el extremo de su habitáculo. Posteriormente hilará una malla empezando por la base de esa estructura, y dirigirá su tejido en un trazado ascendente y descendente que sugerirá un movimiento en ocho (fig. 8.43).

Richard Merritt y J. Bruce Wallace⁶³ mencionan que “La primera hebra de pegajosa seda se tiende diagonalmente desde un lado del armazón hasta la base. La segunda hebra se tiende de igual manera, desde el otro lado. La alternancia continúa, corriendo paralelas entre sí las hebras de cada lado. El resultado final es una red con una malla rectangular y una costura central que divide una mitad de la otra” (fig. 8.44). De igual modo mencionan estos autores, que al estudiar el entomólogo alemán Werner Sattler a esta misma especie, este investigador había observado que la larva requería alrededor de siete u ocho minutos para tejer su red. En caso de que la red se rompiera, la larva la remendaría, pero si se desgarrara fuertemente, la larva volvería a tejer otra nueva. Al cambiar su tamaño varias veces antes de alcanzar el estadio adulto, las larvas de tricópteros deben construir en cada ocasión redes de captura progresivamente mayores así como una malla más gruesa con hebras más robustas. Si bien las mallas más gruesas son menos eficientes en la captura de partículas alimenticias, estas redes son ubicadas preferentemente en corrientes más rápidas que obligan a filtrar una cantidad de agua mayor, que una red de malla fina colocada en una corriente lenta.

Glenn B. Wiggins⁶⁴ ha profundizado sobre el estudio de las larvas de los tricópteros, exponiendo en su investigación, muchos habitáculos interesantes por su singular solución de diseño, algunos de los cuales los expondremos en seguida.

Es posible que los refugios de las frigáneas pudieran estar catalogados como una verdadera maravilla tanto de diseño, de arquitectura como de ingeniería. En general la *Macronema zebratum* construye un refugio fuera de lo común, mediante pequeñas piedritas y su fina seda para interceptar el agua de la corriente. Las partículas pequeñas son llevadas desde un principio por una desviación tubular, que conduce hacia una red de seda tejida expresamente para ello. Esta malla ha sido hecha mediante giros continuos de su cabeza con que realizó el compartimento adjunto, alcanzando con su cabeza las partículas retenidas en la parte superior de la red, al reclinarse sobre la corriente de agua (fig. 8.45). La corriente atraviesa por completo el refugio construido, resolviendo satisfactoriamente este animal, los requisitos respiratorios así como la lim-

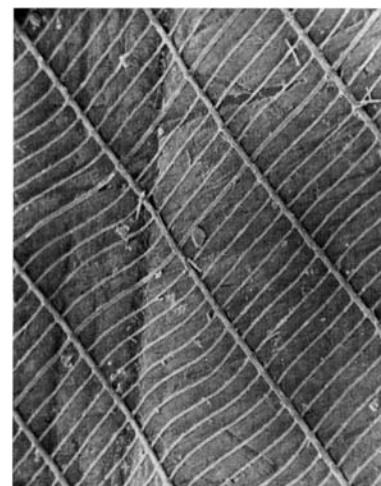


Fig. 8.44. Malla de *Macronema*. Esta malla es más fina que la de una araña. Cada poro mide unos 5 micrómetros de anchura y 40 de longitud.
Foto: R. Merritt y J. Wallace.

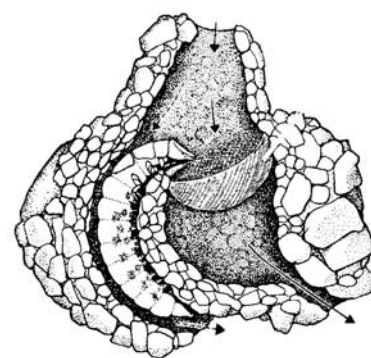


Fig. 8.45. Refugio de una larva *Macronema* que presenta la forma de un sifón. En medio, se encuentra una red donde captura su alimento al cruzar la corriente de agua por el interior de su habitáculo.
Ilustración: Anker Odum.

⁶³ Merritt, R. y J. B. Wallace. *Op. Cit.*, p. 96.

⁶⁴ Wiggins, Glenn B. *Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera)*. University of Toronto Press. Toronto, 1977, 401 pp.

pieza de sus heces. De igual modo, se piensa que la cabeza plana de esta larva presenta la función de restringir las posibles aberturas que existieran en el compartimiento, controlando a su vez la cantidad y la dirección del agua que pudiera pasar a través de él, funcionando en pocas palabras como si fuera un sifón. Este tipo de habitáculo posee una dimensión aproximada de 15 mm.

Las larvas *Triaenodes*, construyen sus habitáculos como si fueran delgadas cajas afiladas mediante pedazos de plantas verdes ordenados en espiral. Estas frigáneas elaboran sus refugios acomodando el material seleccionado tanto en sentido diestro como siniestro, si bien esta conducta es fija, cada larva la desarrolla en una sola orientación. La longitud máxima del habitáculo no llega a tener más allá de 33 mm.

Las larvas *Philarctus* elaboran refugios cilíndricos o curvos de pocas puntas, en especial los *Philarctus quaeris*. Sus cajas son construidas por lo general con pequeñas piedrecillas o semillas, pero con frecuencia son de conchas de caracoles y de almejas *Sphaeriid*, los que son utilizados como material base. Las fortalezas cubiertas con conchas de caracol, son comunes en ciertos hábitats, llegando a tener una longitud máxima de 24 mm.

Por su parte las larvas *Helicopsyche*, construyen su coraza con forma de caracol, empleando granos de arena como inequívoca evidencia de que es la obra de una larva de esta especie. La abertura mayor conocida como labio dorsal, presenta una forma ampliada como capilla para proteger a la larva. La medida de su diámetro llega a ser de hasta 7 mm.

Las larvas *Hesperophylax*, elaboran la mayoría de sus corazas con pedazos de pedruscos, si bien se han encontrado en algunos lugares de Occidente, larvas que incorporan a sus corazas, pequeños pedazos de madera. Sus cajas son cilíndricas, aún cuando mucho más irregulares que la ilustración presentada, cuando llegan a utilizar pedazos más grandes. La longitud de la caja llega a ser de hasta 40 mm.

Por su parte, los habitáculos de la larva *Eobrachycentrus*, presenta cuatro lados regularmente rectos en sus ángulos. La pequeña fortaleza de esta frigánea, está construida por segmentos de material vegetal, en gran parte de musgo, y sostenido de manera transversal. Los extremos del musgo, plantas y hojas son dejados flojos y libres, dando a la caja una imagen rugosa. La abertura posterior llega a presentar una semejanza con el contorno de un trébol de cuatro hojas. La extensión máxima de este refugio es de 13 mm (fig. 8.46).

Las larvas *Platycentropus*, construyen sus refugios similares a la ilustración presentada. Estos emplean diversos materiales vegetales como hierbas y tallos arreglados transversalmente para producir un burdo cilindro recto. El tamaño máximo de extensión de una caja de este tipo llega a ser de 25 mm.

Las larvas *Heteroplectron*, elaboran un habitáculo poco común entre las frigáneas de Norteamérica, al usar una sola ramita



Fig. 8.46. Diversos tipos de refugios de frigáneas:
 A) *Triaenodes* (arriba izquierda).
 B) *Philarctus* (arriba derecha).
 C) *Helicopsyche* (centro).
 D) *Hesperophylax* (abajo izquierda).
 E) *Eobrachycentrus* (abajo derecha).
 Ilustración: A,B,C,D: Anker Odum.

como refugio. Al excavar en su parte central, se produce en los dos extremos una abertura que permite circular el agua a través de ella, alineando la seda a este compartimiento. Glenn Wiggings ha encontrado larvas del *Heteroplectron californicum* que empleaban habitáculos de piedra de otras especies de frígáneas pero modificados los extremos con pequeños pedazos de madera.

Los protectores que presentan las larvas del tricóptero *Phylloicus*, poseen características aplanadas y rectas, por estar constituidas por las mitades dorsales y ventrales de pedazos de hojas, cortezas o madera que se utilizan con frecuencia como materiales de construcción, sujetas a lo largo de los extremos para permitir aprovechar su espacio central. Al igual que en otras especies, estos habitáculos llegan a presentar con frecuencia una saliente por la abertura anterior de la caja con el fin de proteger más al usuario. La extensión de este refugio puede ser hasta de 40 mm.

Este mismo autor⁶⁵ menciona que las construcciones de la larva *Phylocentropus* se caracterizan por presentar un tubo ramificado de seda cubierto con arena y pequeños pedazos del detritus localizados en depósitos de sedimento en los márgenes de las corrientes y de los lagos arenosos. El tubo principal tiene una bifurcación donde sobresale la elevación de un conducto donde una es mayor que la otra, abriéndose a 90° aproximadamente para formar una especie de Y. La base de estas columnas ha iniciado en el subsuelo, y se extiende la columna menor hacia el ambiente acuífero, generalmente río abajo. La larva ocupa normalmente el brazo más largo, mientras que el otro brazo, que tiene una protuberancia, es corto y apenas sobresale del nivel del fondo. Esta segunda columna presenta en su interior un bulbo que contiene en su interior un saco de seda, formando una red que captura los filamentos que circulan al azar. Estos refugios se presentan con frecuencia con más de una columna, pero por lo general, únicamente la columna superior es la que funciona, mientras que las otras están aisladas del tubo principal. La longitud de un sólo tubo principal, puede llegar a tener hasta 16 cm. Merritt y Wallace⁶⁶ hacen ver a su vez, que esta larva barre periódicamente la red limpiando la pared interna del tubo con los pinceles de sus patas anteriores y de sus piezas bucales para mantener en buen estado su refugio. "Entre los intervalos de ondulación, la larva penetra en el brazo corto de la madriguera y se alimenta del finísimo detrito que se adhiere a la red y a las paredes internas del tubo" (fig. 8.47).

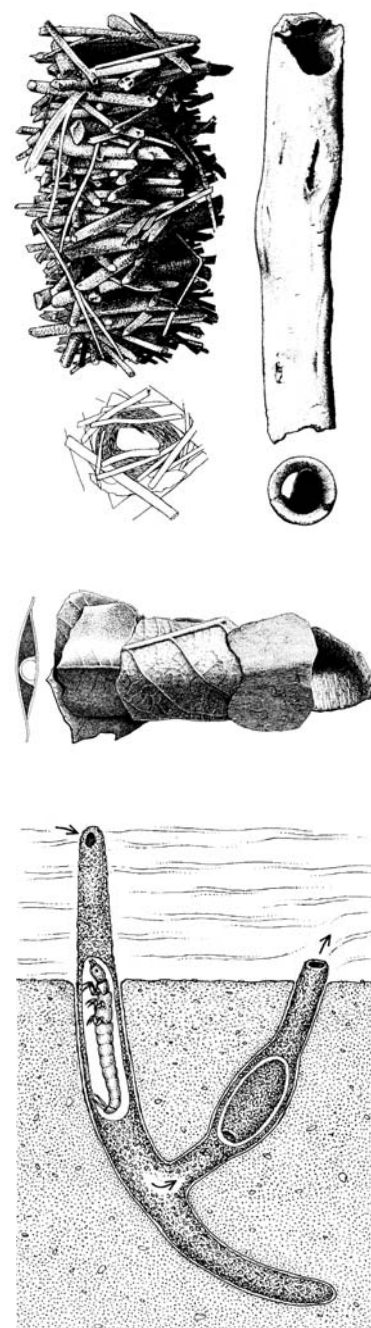


Fig. 8.47. Diversos tipos de refugios de frígáneas:
 A) *Platycentropus* (arriba izquierda).
 B) *Heteroplectron* (arriba derecha).
 C) *Phylloicus* (centro).
 D) *Phylocentropus* (abajo).
 Ilustración: A,B,C: Anker Odum.
 D: Según Merritt, R. y J.B. Wallace.

⁶⁵ Wiggings, Glenn B. *Ibidem*, pp. 350-351.

⁶⁶ Merritt, R. y J.B. Wallace. *Ibidem*, p. 100.

8.8.3. Abejas y avispas

Tanto las abejas como las avispas y las hormigas forman parte de los himenópteros. Estos insectos en particular, se distinguen por tener una estrecha cintura que divide su cuerpo en tres partes (cabeza, tórax y abdomen), aunado a las dos pares de alas membranosas de donde proviene su nombre genérico. Si bien las hormigas presentan otro tipo de construcción, las abejas y avispas guardan entre sí, varias similitudes en la elaboración de sus habitáculos, los cuales ameritan estudiar con un poco más de profundidad por la singularidad y calidad en sus construcciones. No todas las abejas y avispas son sociales. Algunas se desenvuelven de manera solitaria, desarrollando otro tipo de nido. Entre las abejas que sobresalen por su singularidad está la especie *Megachiles willughbiella*, la cual corta pedazos de pétalos y hojas del rosal con los que forma una especie de capullo donde coloca su huevecillo dentro de un hueco en algún madero (fig. 8.48).

8.8.3.1. Abeja común (*Apis mellifera*) / Multiplicar

Es posible que las abejas (*Apis mellifera*) hayan sido una de las especies que más admiración hayan causado en el ser humano desde que se percató de sus cualidades. Pequeñas, organizadas, autodependientes, sencillas, trabajadoras y eficientes. Probablemente haya sido por la miel producida en las celdillas geométricas de esta especie, que se haya iniciado desde hace muchísimo tiempo el estudio paulatino de su habitáculo, al considerarlo de gran importancia como elemento contenedor de este producto de gran valor para la humanidad.

Ante esto, es lógico encontrar mayor información sobre el desarrollo de su nido, así como explicaciones más firmes que sustenten una explicación más clara de cómo se construyen las cámaras individuales de estos habitáculos, mejor conocidos en conjunto como panales. Su asombroso y ordenado trabajo en equipo, aunado al desarrollo de la construcción de estas celdas y al proceso de transformación de sus alimentos son, desde hace mucho tiempo, ejemplo de alto valor en toda sociedad humana, que ha adoptado como meta simbólica las características naturales de esta especie, las cuales han logrado cubrir sus necesidades con un alto nivel de desempeño, en particular en lo referente al desarrollo de sus panales, a tal grado que pudiéramos suponer que han sido perfectas desde su origen. La verdad pudiera ofrecernos varias sorpresas.

Ya desde el siglo XIX, Darwin⁶⁷ comentaba que las etapas evolutivas del desarrollo de las colmenas de las abejas mieleras, bien pudieran observarse si existieran pruebas desde etapas tempranas, con el fin de apreciar los cambios paulatinos que en ellos se han manifestado hasta llegar a su actual estadio. "Las abejas existían durante la era Terciaria y, quizás, incluso en la era Jurásica. Toda analogía nos enseña que, si pudiéramos ver las colmenas de estas especies extintas, tendríamos muchas estructuras intermedias. Pero examinando las celdillas



Fig. 8.48. La abeja *Megachiles willughbiella*, corta pedazos de hojas y pétalos para forrar su nido. Foto: The Encyclopaedia of Land Invertebrate behaviour. Rod and Ken Preston-Mafham.

⁶⁷ Darwin, Charles. *Ensayo sobre el instinto*. Ed. Tecnos. Madrid, 1983, pp. 57 y ss.

y colmenas de las especies vivas, podemos ver claramente las etapas, aunque muy pocas en la escala de la perfección. Y al final de la breve serie tenemos el panal maravillosamente perfecto de la abeja común y en el otro extremo los nidos de los abejorros o abejarrones. Estos últimos consisten en capullos ovales y tarros esféricos de diversos tamaños, hechos con cera blanca (segregada por los anillos abdominales) y reunidos en panales irregulares, conectados por pequeños pilares de cera: los capullos y tarros vacíos hechos de cera se llenan de miel y polen.” Darwin cita como ejemplo de esta reflexión, las celdillas y panales de la *Melipona* doméstica mexicana donde el género *Melipona*, en estructura e instinto, está más cerca de los abejorros (*Bombus*) que de las abejas comunes (*Apis*)⁶⁸. Esto le permitió a este científico suponer con bases más firmes, que la especie *Apis mellifera* había sufrido a lo largo de su evolución un constante cambio de ajustes y actualizaciones, que nos permitió interpretarlo como un mejoramiento en el diseño de sus panales, razón que aclararía en gran medida, mucho de los requerimientos para ser consideradas sus obras como diseños. Dicho de otro modo, al construir los depósitos de miel esféricos tan cerca unas de otras, este hecho ocasionaría que en algún momento se juntaran sus paredes sirviendo por tanto como una superficie común para ambas, al encontrarse próximas entre ellas (fig. 8.49). Poco a poco se iría perfeccionando hasta que se manifestara la celda hexagonal reconocida por todos.



Fig. 8.49. Las celdas del panal de abeja *Melipona panamice*, son capullos esféricos que no se alcanzan a percibir como hexágonos. Foto: David Roubik.

Es común que una abeja sea capaz de realizar la actividad que se le ha reservado aún cuando no la haya aprendido nunca, lo cual significa que ésta está ansiosa de realizar cada una de estas acciones, pues ha de poseer en reserva, un conjunto de patrones conductuales que le sirven para realizar esas prácticas instintivamente en el menor tiempo posible cuando se presenten la oportunidad de realizarlas. Esta idea es desarrollada asimismo por Heribert Schmid⁶⁹, quien nos dice que aún cuando es evidente que no dispongan de una capacidad de decisión en un sentido humano que les impulse a ejecutar alguna actividad, en el momento en que están realizando alguna (por ejemplo revolotear sobre la colmena) van en busca de un estímulo que satisfaga su necesidad interior y funcione como desencadenante de algún comportamiento instintivo, inclinándose o dando preferencia al que le resulte más atractivo⁷⁰. Esto aclara el hecho de la fama que tienen las abejas de estar muy apegadas hacia el trabajo que realizan en su colmena. Schmid nos aclara esto al exponer que “Las abejas no interpretan su actividad como trabajo en el sentido humano, sino como una manera de satisfacer sus impulsos instintivos.”⁷¹

Como sabemos, el habitáculo general de las abejas es llamado colmena, mientras que los panales son las superficies planas formadas de celdas. Éstas son los clásicos espacios hexagonales

⁶⁸ Darwin, Ch. *Ibidem*, pp. 58-60.

⁶⁹ Schmid, Heribert. *Como se comunican los animales*. Biblioteca Científica Salvat # 33. Barcelona, 1986, p. 128.

⁷⁰ No entendiendo lo atractivo, como un elemento de carácter estético, sino por el que tenga mayores propiedades estimulantes al momento en que se está desarrollando en su comunidad.

⁷¹ Schmid, Heribert. *Op. Cit.* p. 128.

donde se cultiva la miel o se ponen los huevecillos de las abejas. La colmena es un elemento de suma importancia para la colonia, pues conforma el almacén que sostiene al enjambre, al guardar y proteger a cada uno de los individuos que forman parte de él, así como a sus huevos, aunado a constituir el almacén de las reservas de alimento que permitirá desarrollar a sus inquilinos (fig. 8.50). Actualmente se sabe que las abejas construyen su panal cuando ocupan por primera vez su albergue así como cuando la producción de néctar y polen aumentan, ocasionando la expansión de los individuos y consecuentemente de su espacio protector.

De manera similar, otros autores han concentrado la denominación de colmena a los albergues proporcionados sólo por el hombre, con el fin de que el enjambre pueda desplegar su actividad bajo su vigilancia más cercana con el fin de garantizar su beneficio con la producción de la miel, sobre todo con lo referente a la humedad, pues ésta perjudica grandemente tanto a la colmena, a los panales y a la maduración de la miel, de ahí que incluso los enjambres silvestres, se resistan en gran medida a alojarse en lugares húmedos o incluso en cuevas⁷². Para controlar la humedad, las abejas baten con fuerza sus alas para proporcionar ventilación y un mantenimiento constante de una temperatura adecuada en el interior de la colmena, siendo por tanto más peligrosa la humedad que el mismo frío. En caso de que el ser humano llegara a desplazar el nido a otra ubicación, con la intención de mantener su temperatura en condiciones estables, obliga a que estos himenópteros realicen vuelos de prueba y reconocimiento por algunos pocos minutos afuera del orificio de entrada de la colmena, con el fin de conocer su localización exacta respecto al sol y a los otros elementos adyacentes que se encuentren en su entorno, así como para localizar sin dificultad la entrada a la colmena cuando regresen con el polen recolectado.⁷³

De acuerdo a las investigaciones del Prof. Juan Manuel Sepúlveda⁷⁴, éste explica que las responsables de la construcción de panales son las abejas jóvenes. "Después de pasar la fase de nodriza, entre los 14 y los 24 días de edad, esta operación suelen realizarla las abejas durante la noche cuando la concentración de obreras es mayor y la colaboración a efectos de elevar la temperatura es más fácil y económica, con los buches repletos de néctar y el polen abundante de las celdillas." Auxiliándose de la cera que producen, esta secreción es al principio líquida, pero después al contacto con el aire ésta se solidifica en poco tiempo creando laminillas muy delgadas con forma pentagonal. Por lo general, los panales se construyen de manera vertical, esto es de arriba hacia abajo, aunque excepcionalmente pueden también ser contruidos de abajo hacia arriba, presentando al principio un color blanco mate que cambiará con el tiempo a un color amarillo y dorado oscureciéndose a tonos cercanos al negro. En la construcción de sus



Fig. 8.50. El panal es el elemento unificador del enjambre. Éste está formado por una serie de celdillas dispuestas de manera geométrica donde se optimiza al máximo el espacio. Foto: Nets in Nature and Technics (IL 8), editors: Klaus Bach et al. Under the directions of J.G. Helmche and Frei Otto, Institute for Lightweight Structures, University of Stuttgart, 1975.

⁷² Sepúlveda Gil, Juan Manuel. *Apicultura*. Ed. AEDOS. Barcelona, 1980, p. 263.

⁷³ Manning, Autrey. *Introducción a la conducta animal*. Ed. Alianza. Madrid, 1985. pp. 325-326.

⁷⁴ Sepúlveda Gil, Juan Manuel. *Apicultura. Op. Cit.*, p. 281.

panales, éstos presentan una temperatura elevada de 36° C los cuales son producidos a costa de un alto consumo de miel para producir calor, estimulando de esta manera el metabolismo de las glándulas cereras. Cada raza de abejas construye de diferente modo la ordenación de sus panales, aunque suelen iniciar en distintos puntos del techo de la colmena siguiendo unas líneas predeterminadas donde elaboran panalitos que servirán de guías para expandirse posteriormente hasta consolidar el conjunto de los panales. Existen especies que hacen panales de manera laberíntica, mientras que otras las hacen de forma paralela, pero siempre dependerá el tamaño del panal del volumen de individuos que constituyen el enjambre (fig. 8.51).

Juhani Pallasmaa⁷⁵ menciona que la construcción de celdas comienza en el borde superior del peine, entendiéndose por este nombre a la superficie que contendrá todas las celdas, continuando posteriormente hacia abajo. Las obreras cuelgan a partir de una celda otras encadenadas. Muchas celdas son construidas al mismo tiempo, y varias obreras trabajan juntas en estrecha colaboración para secretar cera, otras en tallarla, otras en construir las celdas, y otras más en limpiar y pulir las celdas, si bien una sola obrera pudiera ser capaz de hacer también todo por completo. Al construir una celda, forma con empeño una escala de cera con sus mandíbulas, mezclando saliva en ella. Otro individuo enrarece y alisa la pared áspera de la celda del trabajador con sus mandíbulas con un grueso de 0,073 mm, teniendo una tolerancia de 0,002 milímetros; sin embargo, las paredes de la celda real las dejan levemente más gruesas 0.092 mm. Es importante mencionar que los aparatos o más bien los sentidos con que miden y detectan el grueso de estas superficies, están ubicados en las mandíbulas, así como en las extremos de las antenas, manteniendo la dirección correcta y la gravedad a través del pecho, todo esto para confirmar que los himenópteros que construyen celdas de este tipo, las realizan con mediciones micrométricas (fig. 8.52). Si bien se ha sugerido que el campo magnético de la tierra actúa directamente, esto todavía no se ha podido demostrar convincentemente.

Ante esto, es probable que la parte más misteriosa así como la que llama más la atención en la construcción de la colmena, sean las celdillas. Estos compartimientos son considerados la unidad básica del panal, que presenta la función de incubar la cría así como de servir como almacén para resguardar la reserva de alimento que produce la colonia. Las celdillas se dividen en tres tipos dependiendo de su tamaño. Las más pequeñas son las que se emplean para la cría de larvas de obreras, así como para el almacenaje de miel. Las medianas que son las que se usan para criar zánganos así como también para almacenar miel. En raras ocasiones almacenan en ellas el polen. Finalmente las celdillas grandes o especiales, están reservadas únicamente para la cría de reinas. Si bien las celdas pequeñas y medianas son prismas hexagonal terminados en un fondo pi-

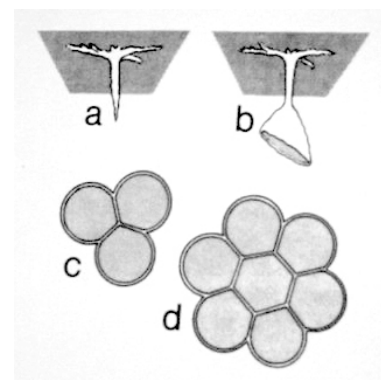


Fig. 8.51. El inicio en la construcción de los panales, comienza en un punto del que se genera un pequeño cono, al cual se añadirán posteriormente hacia los lados, celdas circulares que irán retomando la forma hexagonal.

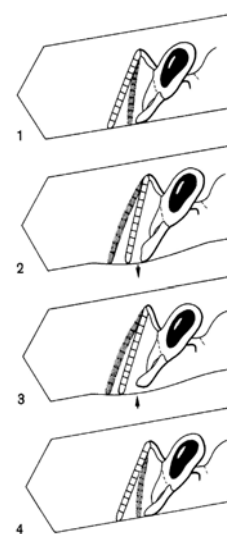


Fig. 8.52. Las abejas y las avispas utilizan sus antenas y su mandíbula para ajustar el espesor de las paredes de sus celdas con precisión micrométrica desde 0.073 a 0.094 mm. Ilustración: Turid Hölldobler-Forsyth

⁷⁵ Juhani Pallasmaa (Curador). *Animal Architecture*. Museum of Finnish Architecture. Helsinki, 1995. pp. 101-103.

ramidal con tres rombos, la celda grande es llamada también especial porque ésta es adaptada a cualquier lugar donde se ubique, ya sea en alguna parte de la superficie o en su extremo, teniendo por tanto una forma especial en cada caso.⁷⁶ La ciencia no tiene bien claro cuándo y por qué construyen de una u otra manera las celdas, pero lo que sí se sabe es que en la parte central generalmente se ubican las celdas pequeñas para las obreras, mientras que en los extremos estarán las celdas de los zánganos. Como no siempre se cría a los zánganos, estas celdas sólo son construidas cuando se pretende criar a una reina, por lo que entonces se utilizan de igual modo como recipientes que contendrán la miel⁷⁷, construyéndolos por tanto, en los espacios que lleguen a sobrar en el panal. De igual manera, como se requiere tener cerca la miel de las crías, ésta debe encontrarse en un lugar accesible por la dificultad que implicaría estarla acarreado hasta donde estos nuevos miembros de la colmena se encontraran.

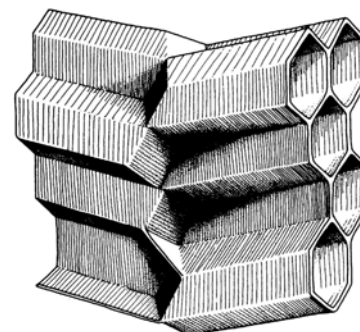


Fig. 8.53. Gráfico de panal donde se percibe la relación entre los prismas hexagonales a partir de la unión lateral en pendiente.
Gráfico: M. Renner.

Al hablar Charles Darwin⁷⁸ sobre la manera en que algunos himenópteros construyen su colmena, expone que "[...] cuando oímos que las abejas han resuelto de modo práctico un problema geométrico muy difícil, a saber, construir sus celdillas con el mínimo gasto de cera, construyendo hexágonos opuestos alternativamente entre sí, con bases formadas por tres láminas romboidales con ángulos de $109^{\circ} 28'$ y $70^{\circ} 32'$ e inclinados entre sí en un ángulo de 120° [...] los matemáticos han estudiado y probado que son los correctos", por tanto no habría de sorprendernos que la óptima funcionalidad de estos espacios se haya refinando y mantenido desde hace muchísimo tiempo hasta su actual estadio para comprobar que los conceptos enunciados con anterioridad sean fácilmente encontrados aquí (fig. 8.53).

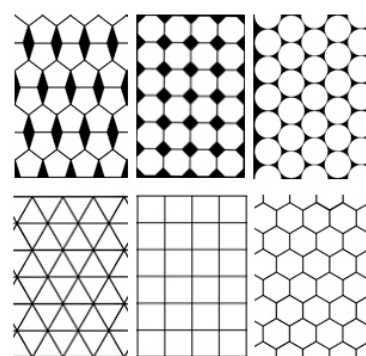


Fig. 8.54. Redes geométricas que comprueban el aprovechamiento de los espacios internos en relación a un diferente polígono.
Gráfico: Fernando García

Si bien no está completamente resuelto el porqué el principio básico de las celdillas de las abejas se presenta con base a una sistema hexagonal, la explicación más aceptada sobre esta cuestión es la que cita que esta forma es la más correcta para aprovechar el máximo espacio que confiere mayor resistencia, junto con el mínimo material empleado, donde ninguna otra opción geométrica cubriría estos requerimientos de manera tan eficiente (fig. 8.54). Esto es, si confrontamos al triángulo, al cuadrado, al hexágono y al círculo, y les asignáramos a cada uno un perímetro de 12 cm., cada lado tendría una medida diferente dependiendo de sus lados existentes. Esto ocasionaría que el área de cada figura fuera diferente, encontrándonos con que el área del triángulo fuera de 6.93 cm^2 , el del cua-

⁷⁶ Sepúlveda, Juan Manuel. *Op. Cit.*, p. 285.

⁷⁷ Recordemos cómo es el proceso en general para hacer la miel: Las abejas recolectan el néctar de las flores junto con otras sustancias (por ejemplo, el mielato); después, pasan ese néctar y esas sustancias a otras abejas que lo combinan con gotitas de su buche, eliminando la humedad del polen con las encimas de su saliva al pasárselo entre ellas, transformando finalmente el néctar en miel al haberlo regurgitado una abeja en las celdas del panal. Estas celdas son selladas con un opérculo de cera para protegerla, siendo ésta un reservorio alimenticio cuando el néctar floral escasea en época de invierno.

⁷⁸ Darwin, Charles. *Ensayo sobre el instinto*. Ed. Tecnos. Madrid, 1983. pp. 56-57.

drado de 9.0 cm^2 , el del hexágono de 10.39 cm^2 , y el del círculo de 11.46 cm^2 . Si bien, tanto en el triángulo como en el cuadrado no existe un vacío al relacionarse exactamente en sus lados con otras figuras de su mismo tipo, el área obtenida llega a ser reducida. Por su parte, la figura geométrica donde se obtiene un mayor espacio en el área aprovechada pero con vacíos evidentes y no aprovechados al relacionarse con otras formas similares, es el círculo. Por tanto, es en el hexágono donde se manifiesta el mejor aprovechamiento de espacios al relacionarse con otras figuras de su mismo tipo, al no producir ningún vacío entre ellas así como por obtener la máxima área aprovechada (fig. 8.55). Otras figuras geométricas no otorgan tantas ventajas como éstas.

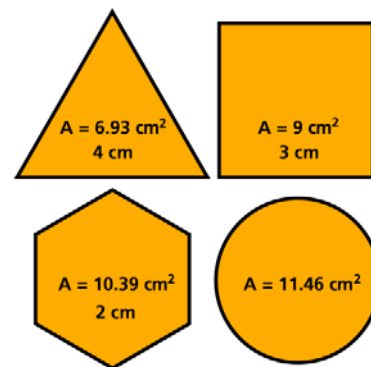


Fig. 8.55. Cuando se confronta un mismo perímetro de 12 cm en distintas figuras geométricas, el área aprovechada en cada una de ellas es diferente. En el triángulo es de 6.93 cm^2 ; en el cuadrado es de 9.0 cm^2 ; en el hexágono es de 10.39 cm^2 ; y en el círculo es de 11.46 cm^2 , siendo el círculo la figura que más espacio aporta, pero no al relacionarse con otras de su tipo. Por tanto, es el hexágono donde se obtiene más área con el mínimo espacio.
Gráfico: Fernando García.

Una gran cantidad de científicos consideran que las celdillas de las abejas y avispas son de forma hexagonal por cuestiones naturales sin que exista en ello algún síntoma de intensionalidad, al considerar que sea el resultado constructivo de una serie de cilindros con fondo redondeado, los cuales a partir de la presión que se va generando de manera lateral, se presentan los planos laterales que constituye el prisma hexagonal, así como la pirámide del fondo (fig. 8.56). Sin embargo, entre las objeciones que se han hecho hacia esta teoría, está la que indica que no se explica la regularidad matemática de las formas frente a la presión no regular que se presenta de manera lateral. Ante esto, el Prof. Sepúlveda⁷⁹ describe que “Cuando las abejas construyen los panales guías las formas periféricas, según inician las celdillas, no tienen un límite definido, y tienden a la redondez de forma; según avanza la construcción se hacen más definidas las líneas geométricas, resultando las formas clásicas de la celdilla hexagonal con su fondo piramidal.” Bajo este mismo tema este autor hace referencia a la investigación del Dr. Cabezas y su esposa, quien describe que es posible que las abejas se valgan de sus ojos auxiliados de las mandíbulas, aún cuando “podrían ser las antenas tactando las que diesen la pauta en la construcciones”, teniendo en general como unidad básica, el tamaño de una celdilla para todo el panal.

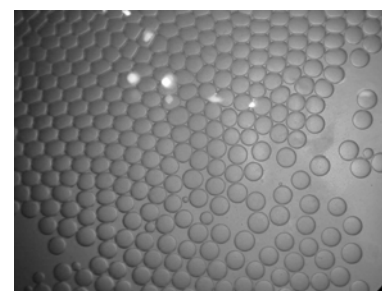


Fig. 8.56. Se piensa que las celdillas de los panales, presentan esta forma al responder cada espacio a la presión entre los seis círculos iguales tangenciales que circundan a cada uno de ellos, eliminando paulatinamente los espacios intersticiales sin ocupar. Cuando esto sucede, los círculos se aplanan convirtiéndose en hexágonos regulares que encajan perfectamente unos con otros. Este fenómeno pudiera tener igualmente otro origen.
Foto: Fernando García. (Museo de las Ciencias BCN).

Otra de las interesantes peculiaridades de las celdillas es que no siempre éstas son hexagonales de manera regular. Por lo general la primera fila de celdas son pentagonales, con paredes que presentan un paralelismo paulatino. Después éstas van cambiando poco a poco hasta percibirse las celdas hexagonales irregulares al presentar variaciones en sus tamaños por verse influidas por la temperatura y el peso natural de la abeja, lo cual hacen que se alarguen un poco las paredes con ángulos más agudos en sus partes superiores e inferiores, así como más obtusos sus superficies laterales, perdiéndose igualmente la regularidad en las zonas de transición entre las celdas de las obreras y las de los zánganos, al igual que las líneas de unión de los panales guías.

Otra de las características importantes de las celdillas es que independientemente de su tamaño, éstas no conservan la horizontalidad que habríamos de suponer, mantienen desde su

⁷⁹ Sepúlveda, Juan Manuel. *Op. Cit.*, p. 286.

origen. Su línea de nivelación presenta cierto grado de inclinación hacia arriba para evitar que el contenido de miel se vierta hacia fuera. Después que han terminado de llenar una celdilla, ésta es sellada con un opérculo que es la manera en que se cierran estos recipientes, adoptando distintas formas dependiendo del contenido: Forma deprimida cuando el contenido es miel; forma redondeada que sobresale un poco, cuando el contenido es una larva de obrera; forma abombada y globosa, si el contenido es una larva de zángano.

La apicultura considera como estructura conformante del enjambre al panal. Este elemento posee el objetivo de sostener y darle consolidación al enjambre mediante el espacio que las cuida y protege de las variaciones del clima. Es común iniciar la construcción de un panal cuando el enjambre ocupa por primera vez un albergue, o también cuando el flujo de néctar y polen de las flores se presenta en grandes cantidades en el campo, requiriendo de una expansión en el espacio para su almacenamiento. La cera generada por las abejas, es producida en su mismo cuerpo desprendiéndolas con las minúsculas espinas de sus patas traseras. Después la pasa al primer par de patas delanteras y de aquí a las mandíbulas para ser amasada y ablandadas con su saliva, formando una pequeña masa que pegarán en el panal (fig. 8.57).

El paralelismo en las paredes de las celdillas ha estado en la mente de una gran cantidad de científicos, los cuales se han cuestionado cómo hacen las abejas para que puedan estar rectas las paredes de un panal. D'arcy Thompson⁸⁰ hace alusión a Darwin cuando comenta que tenía una preocupación relacionada con la forma cóncava por un lado y convexa por el otro al generar las paredes de ciertas celdillas, pero que con el tiempo recobraban su rectitud. Para esto expresa que "Era absolutamente imposible, dada la delgadez de la placa, que pudiera haber conseguido esto sacando material de lado convexo; y sospecho que en estos casos las abejas se colocan a ambos lados de la pared y empujan hasta deformar la cera dúctil y caliente (cosa que he comprobado que es muy sencilla), hasta aplanarla".

Para la construcción del panal, existen diferentes métodos que dependerá de la raza de la especie. El tamaño que lo consolidará, estará relacionado directamente con el volumen del enjambre y del albergue en donde se encuentre ubicado. Es común iniciar su edificación en varios puntos del techo de la colmena. Recordemos que la colmena no necesariamente pudiera estar encerrando a los panales. En ocasiones los panales están a la "intemperie", dentro de un hueco de árbol o en otro lugar cubierto y protegido. Existen varias formas de interseccionar las guías de los panales, siendo por lo general de forma oblicua entre sí, originando un conjunto general de panales curvos e imbrincados que forman una trama laberíntica. De igual modo hay otros que realizan el enlace de estos panales guías siguiendo líneas rectas, donde al final se obtienen excelentes panales paralelos. Es importante también mencio-

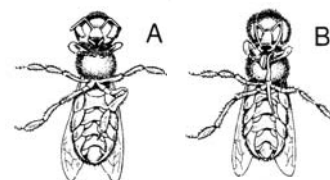


Fig. 8.57. Representación de la obtención de una laminilla de cera. En A, la abeja se arranca con su pata inferior, una laminilla de cera que sale de su lado posterior izquierdo. En B, la abeja ha obtenido su laminilla de cera mediante su pata, y la pasa a su mandíbula, sosteniéndose con tres patas. Gráfico según Juan M. Sepúlveda.



Fig. 8.58. Comparación de los nidos de papel de la diminuta avispa *Polybia* con el nido de gran tamaño de la *Vespa mandarina*. Foto: Michael Kuzmak.

⁸⁰ Thompson, D'arcy Wentworth. *Sobre el crecimiento y la forma*. Ed. Herman Blue. Madrid, 1980, p. 114.

nar, que dependiendo del tipo de abeja de que se trate, será el tamaño de las celdillas y del panal, pues es normal encontrar diferentes dimensiones de estos espacios, los cuales por supuesto variará el volumen de producción de la miel. No es un hecho que si la abeja sea mayor, también exista mayor producción de miel, aunque sí lo será más grandes el panal y la colmena. Este fenómeno se observa igualmente entre las avispas, pero vinculado tal concepto a la construcción de sus celdillas y a su panal con material de papel (fig. 8.58).

8.8.3.2. Avispa excavadora (*Philanthus triangulum*) / Re-nacer

Una de las avispas más interesantes del reino animal por su comportamiento constructivo en sus habitáculos es, sin duda, la avispa cavadora *Philanthus triangulum*. Este himenóptero perfora varios nidos individualmente, invirtiendo varias horas en cada uno de ellos (fig. 8.59). Al abandonar esta avispa la arena removida en torno a la boca del nido que ha hecho, es con frecuencia percibido sin dificultad (fig. 8.60). Después de realizar pequeños movimientos casi imperceptibles en la tierra, la avispa emerge a la superficie como si fuera un topo en miniatura, levantando un montoncito de tierra húmeda y echando la arena que ha sacado, a varios centímetros de la entrada. Tal como nos lo narra el Dr. Niko Tinbergen⁸¹ al estudiar las cámaras de los túneles de varios nidos de estas avispas: "Éstas se abrían en el extremo del túnel de entrada, que era un metro. Cada cámara contenía un huevo o una larva y un par de abejas, que constituía la provisión de comida. Todos los nidos contenían de una a siete cámaras (fig. 8.61). Por el número variable de celdas en cada nido y la diferente edad de las larvas albergadas, llegué a la conclusión de que la hembra llenaba cada celda con abejas antes de excavar otra [...]"⁸²

De acuerdo a la experiencia del Tinbergen, no es tan sencillo excavar estos nidos, pues por lo general, la arena se desmenuza y llega a perderse el rastro del pasadizo antes de profundizar siquiera unos 15 o 20 cm. Debe hacerse con mucho cuidado, orientándose con una pajita delgada para saber la orientación que está siguiendo el túnel. Estas avispas se apoyan principalmente en su vista para distinguir desde el aire, en dónde de encuentra su nido. Experimentos que se han hecho a partir de rodear con objetos familiares del mismo bosque (piñas, piedras, arbustos, palos, etc.) en donde se encuentran estos nidos, confirman que estas avispas llegan a equivocarse con frecuencia si se les cambian esos puntos de referencia, no encontrando después tan fácilmente la entrada a su nido.

Llama la atención la coincidencia del diseño que existe entre las madrigueras de esta especie de avispa con las tumbas egipcias, las cuales fueron proyectadas y construidas éstas últimas para procurar el descanso y "renacimiento" en la otra vida, de algún Faraón o de alguno de sus seres allegados en su tiempo. Ya sean las que están dentro de alguna pirámide o en



Fig. 8.59. La avispa *Philanthus triangulum*, elabora un complejo nido subterráneo compuesto por varias cámaras.
Foto: Keith Edkins.



Fig. 8.60. Boca del nido de la avispa *Philanthus* en suelo arenoso. Ellas usan con frecuencia objetos cercanos de la naturaleza (palos, piedras, piñas, etc.), para guiarse a la entrada de su nido.
Foto: Niko Tinbergen.

⁸¹ Tinbergen, Niko. *Naturalistas Curiosos*. Ed. Salvat, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, 1985, 260 pp.

⁸² Tinbergen, Niko. *Ibidem*, p. 17.

las que están en el subsuelo en el desierto, éstas se caracterizan por estar básicamente aisladas de la vida cotidiana, con el fin de conceder y garantizar un descanso pleno a dicha persona. Por lo general, estas tumbas están proyectadas de tal manera que concentran en un eje central, el pasillo principal de toda la obra arquitectónica. Es común llegar a través de él, a los distintos espacios y cámaras, que tenían la función de concentrar sus tesoros y objetos que pudiera necesitar en la otra vida, (como medios para obtener alimento), teniendo una especial ubicación la cámara funeraria en donde se depositaba el sarcófago con la momia.⁸³ Si bien es cierto que no todas las tumbas egipcias poseen de manera estricta, una proyección perfecta y simétrica en la composición de los espacios que las integran, en general poseen una distribución similar. Un ejemplo de este tipo de construcción, es la tumba de Ramsés III (1186-1154 a.C.) de la XX dinastía (fig. 8.62), que además de ir en dirección descendente (común en este tipo de tumbas), está orientada de sur a norte.⁸⁴

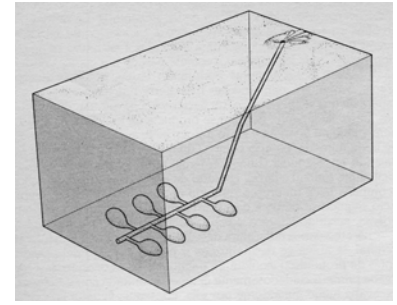


Fig. 8.61. Concepto Re-nacer. Madriguera de la avispa *Philanthus triangulum*. En ella prepara hasta siete cámaras en donde en cada una, deposita una larva con dos abejas de comida como provisión. Gráfico según Niko Tinbergen.

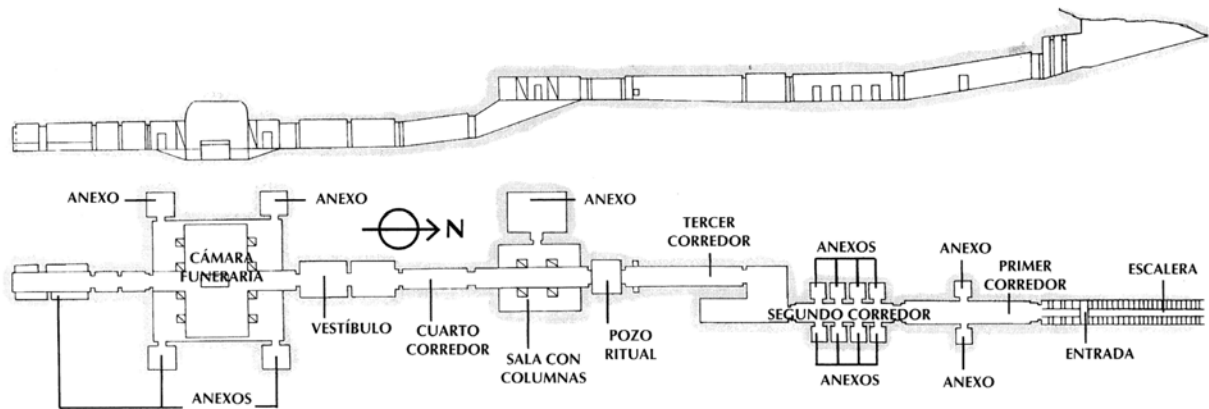


Fig. 8.62. Concepto *Re-nacer*. Tumba egipcia del faraón Ramsés III (1186 -1154 a.C.). Con un diseño centrado en un eje que permite la distribución axial de los espacios que la componen, esta tumba es una de las más interesantes construcciones por su diseño y contenido, pues presenta cierta coincidencia compositiva con la típica madriguera de la avispa *Philanthus*. Ilustración según Antonio Siliotti.

⁸³ Siliotti, Antonio, *El Valle de los Reyes y los Templos y Necrópolis de Tebas*, Ed. Martínez Roca, Barcelona, 1997, 168 pp.

⁸⁴ Siliotti, A. *Ibidem*, pp. 62 y 63.

8.8.4. Arañas

Probablemente sean las arañas uno de los animales más impresionantes para el ser humano. Su particularidad reside en que siendo un animal pequeño y generalmente solitario, tenga fama de especie peligrosa por expresar amenaza e independencia al vivir en lugares desolados donde elabora sus telarañas. Algunos de sus hilos son más fuertes proporcionalmente, que el mejor de los aceros fabricados actualmente por el ser humano. La gran capacidad de toda araña de generar hilos de seda, es el resultado evolutivo que procede desde hace 380 a 300 millones de años, por lo menos 55 millones antes de los dinosaurios. Estas evidencias han sido encontrados en fósiles que parecen presentar restos de hilos de seda del antiguo arácnido *Aphantomartus pustulatus*⁸⁵, de quien se piensa usaba hebras de seda para atrapar a sus presas (fig. 8.63), o también en el fósil viviente *Liphistius*. Bajo esta idea, se explica actualmente que todas las arañas fabriquen hilos de seda que les permita cubrir sus necesidades como especie. Estos hilos de la telarañas están formados por la fibroína o queratina, materia gelatinosa encontrada también en el cabello, las plumas y los cuernos de los animales, otorgando a la seda una elasticidad que se compensa con su resistencia, aunadas a otras proteínas líquidas que son expulsadas por unos conductos ubicados en la parte posterior de su abdomen, llamados espitas o tubitos de hileras, generando en conjunto estos hilos al combinarse con el aire del entorno. De este modo, las arañas emplean su seda para varias necesidades, ya sea para hacer cuerdas de seguridad cuando saltan, toldos para sus crías, bolsas para sus huevos, forros de sus nidos, señales de orientación, estructuras soportantes, instrumento para la caza y por supuesto, como habitáculos para descansar.

Es común encontrar una gran variedad de telarañas. Algunas están más enfocadas a funcionar como instrumentos de un sólo uso, como son las que utiliza la araña boleadora (*Mastopora*) que emplea una especie de onda con una gota pegajosa en un extremo, del cual se adherirá posteriormente algún insecto que pase cerca y al que la araña se lo haya aventado para chocar contra ella, o también la red de hilos colgantes que hace la araña viuda negra (*Latrodectus*) o la araña de patas de peine (*Theridiidae*), las cuales fabrican una serie de hilos pegajosos donde podrán enredarse algunos insectos que pasen cerca, rompiéndose y quedando atrapados entre muchos hilos similares hasta que la propietaria los encuentre y se los coma. No obstante, existen otras telarañas que si bien son más comunes y conocidas por todos, son asimismo mucho más versátiles y más complejas en su construcción: la clásica telaraña denominada orbicular formada de una estructura radial y espiral. La estructura de esta telaraña, está compuesta por siete partes que le ayudan a funcionar eficientemente (fig. 8.64).



Fig. 8.63. Fósil de antiguo arácnido *Aphantomartus pustulatus* de hace 300 millones de años. Probablemente ya elaboraba hilos de seda para atrapar a sus presas. Foto: Ohio State University.

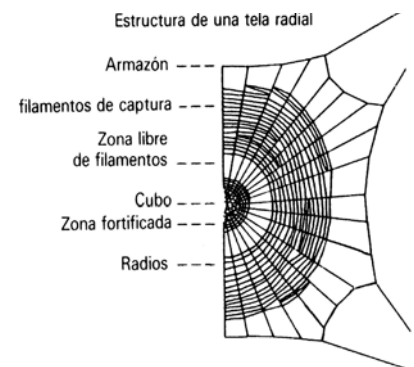


Fig. 8.64. Estructura de una tela orbicular de una araña (p.e. *A. diadematus*). Gráfico: Heiko Bellmann.

⁸⁵ "Scientistis believe ancient arachnids may have spun silk like modern spiders". *Research News*. Ohio State University. November 5, 2003. <http://researchnews.osu.edu/archive/silkspinpics.htm>

De las especies que elaboran esta típica telarañas no todas las construyen de igual modo, cambiando algunos aspectos particulares. Algunos autores citan al describir este procedimiento constructivo, que la araña establece inicialmente ciertos hilos guías de donde se generarán posteriormente la estructura limitante y después los radios de la misma, terminando con las espirales características. Las observaciones realizadas por el Prof. Samuel Zchokke⁸⁶ de la Universidad de Basilea, aclaran con mayor precisión estas dudas al exponer gráficamente estas conclusiones en sus investigaciones sobre distintos tipos de redes de especies diferentes.

El proceso descrito por Michael Hansell⁸⁷ que sigue la araña *Araneus umbraticus* en la construcción de este tipo de red, puede ser explicado en varias etapas (fig. 8.65). En general las arañas elaboran su telaraña en espacios airados que coinciden con frecuentes vuelos de insectos. Desde un extremo superior de ese lugar, la araña eleva su abdomen para lanzar hacia el aire un fino hilo de su seda que el más leve viento aventará hacia el vacío. Éste se extenderá y flotará en el aire hasta casi un metro de longitud, alargándose gradualmente hasta llegar al otro lado donde pudiera encontrar una ramita o una hoja donde se enredará. Es en este momento en que la araña deja de hilar y empieza a tensar el filamento al volverse para asegurarlo del otro lado. Al avanzar con mucha cautela sobre este hilo, la araña lo va reforzando para mantener la resistencia necesaria. Es a partir de aquí que empieza a tender algunos hilos que le servirán como guías y de soporte para desarrollar los radios de su tela. Finalmente cuando están ya dispuestos estos ejes, la araña teje la malla en espiral utilizando un hilo mucho más fino que los anteriores mediante una hilera diferente. Es probable que en determinado momento llegue a utilizar una especie de andamio con un hilo especial no pegajoso que le permita apoyarse sobre él para continuar con la elaboración del tejido espiral adhesivo. Conforme va saliendo de su cuerpo, el hilo va recibiendo una capa continua de una sustancia pegajosa, dando un pequeño estirón a cada uno con su pata al cubrir la distancia entre radio y radio.

A causa de la tensión superficial generada por arrastrar el hilo de captura, éstos presentan además una gran flexibilidad por presentar microscópicas gotitas similares a cuentas ensartadas en un cordón que confieren su gran pegajosidad. Esto le ayuda a absorber mucha más energía cinética cuando están húmedos. Por ello, al estar nuevamente seca la seda, su capacidad de atraer agua le permitirá mantener su rigidez, resistir estiramientos, así como volver a su longitud original en cuestión de horas. Las investigaciones realizadas sobre este tema por el profesor Fritz Vollrath⁸⁸ de la Universidad de Basilea, nos muestran que estos filamentos tienen una gran elasticidad, existiendo en general, dos clases de arañas por el tipo de hilos

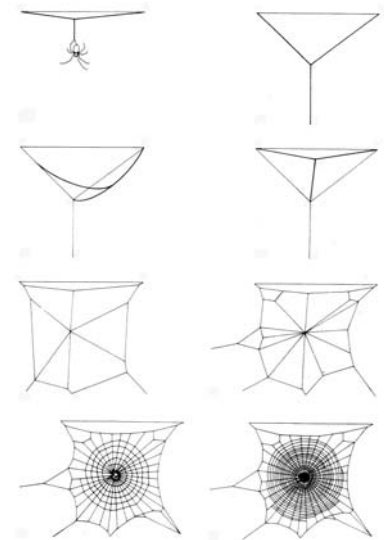


Fig. 8.65. Secuencia de las etapas constructivas de la telaraña orbicular de la araña *Araneus umbraticus*. Ilustración según Michael Hansell.

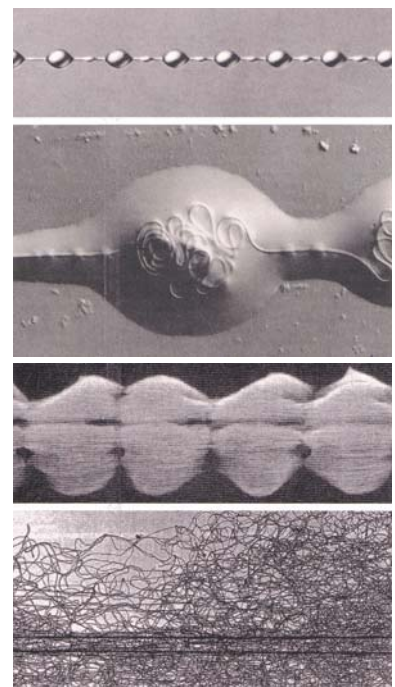


Fig. 8.66. Los hilos de la seda de las arañas *Araneus* presentan en su interior, pequeños filamentos "cribelados" con forma de molinete (arriba). Mientras que la araña *Uloborus* presenta en el interior de sus hilos una forma enmarañada de filamentos llamados "cribelados" (abajo). Fotos: Fritz Vollrath y Donald Edmonds (arriba). Brent Opell (abajo superior). Hans Peters (abajo inferior).

⁸⁶ Zchokke, Samuel. *Samuel's spider web construction gallery*, en: <http://pages.unibas.ch/dib/nlu/staff/sz/spidergallery.html>

⁸⁷ Hansell, Michael H. *Animal architecture & building behaviour*. Longman, Singapore, 1984, pp. 24-25.

⁸⁸ Vollrath, Fritz. "Telas y sedas de araña". *Investigación y Ciencia (Scientific American)*, # 188. Barcelona, mayo 1992, pp. 52-59.

producidos, las cuales se han denominado: 1) Las arañas cribeladas, como por ejemplo en la especie *Uloborus*, que son las que poseen en la parte posterior de su abdomen, una hilera con forma de placa, cribelo o tamiz con el que exhibe hilos cardados presentando cientos de hebras que se hinchan al ahuecarse. 2) Las arañas escribeladas, como son el caso de la especie *Araneus diadematus*, que son por su parte, las que poseen hilos que están recubiertos o revestidos por una gota acuosa. Mientras que en los hilos escribelados la tensión superficial de cada gota hace que las fibras que se encuentran en su interior se amontonen generando un conjunto de molinetes o resortes en los hilos, los hilos cribelados aún cuando no están éstos revestidos son tan pegajosos como los anteriores, pero para cardar sus hebras se invertiría una mayor cantidad de tiempo y energía. Pudiera pensarse que las patas de la araña están preparadas para ello, esto no es así, por lo que es más económico para cuestión de trabajo y tiempo de ella, expedir más hilo que deshilarlo. Ya sea que exista un fuerte viento o que algún insecto choque a gran velocidad con ella, las lazadas de hilo que hay dentro de los glóbulos pegajosos se desenredarán rápidamente formando una extensión de hasta cuatro veces su longitud original sin romperse, contrayéndose de nuevo en el momento en que se haya liberada la tensión (fig. 8.66).

Cada hilo seco que expele la araña, es cubierto además por una fina capa o revestimiento de lípidos o grasa para evitar su pronto deterioramiento por un exceso de humedad, con el que los protege contra bacterias y hongos que pudieran alimentarse de los nutrientes de esta seda. No obstante la gran dedicación con que hacen estas arañas su trampa habitáculo, no podrá permanecer inalterable muchos días. Tal como nos lo comenta David Attenborough⁸⁹ "Esta estructura bella y compleja pocas veces dura más de una noche. Las presas pueden estropearla y las gotas pegajosas pierden adherencia al contacto con el aire; finalmente la araña la enrolla y, para no desperdiciar la valiosa proteína de que está hecha, se la come. La siguiente noche la tejerá toda de nuevo".

Si bien no todas las arañas hacen una tela en forma de espiral o de embudo o con forma de escalera, cada araña puede variar los tipos de seda generada dependiendo de las propiedades de cada especie (fig. 8.67). Vollrath⁹⁰ ha observado igualmente cierta coincidencia con el proceder de los objetos humanos al hacer referencia sobre los materiales de construcción empleados: "la seda de araña condiciona, en última instancia, el proyecto arquitectónico. Cualquier estructura, tratase de nuestra tela o de un puente, alcanzará la eficacia que den de sí los materiales de la obra". Independientemente del tipo de telaraña que construya alguna especie, las funciones de ésta pueden ser catalogadas como múltiples. Por ejemplo, pueden funcionar como sistema de alerta contra depredadores, alarma antirrobo de las propias presas que han sido capturadas en su red, así como también como pista de seducción

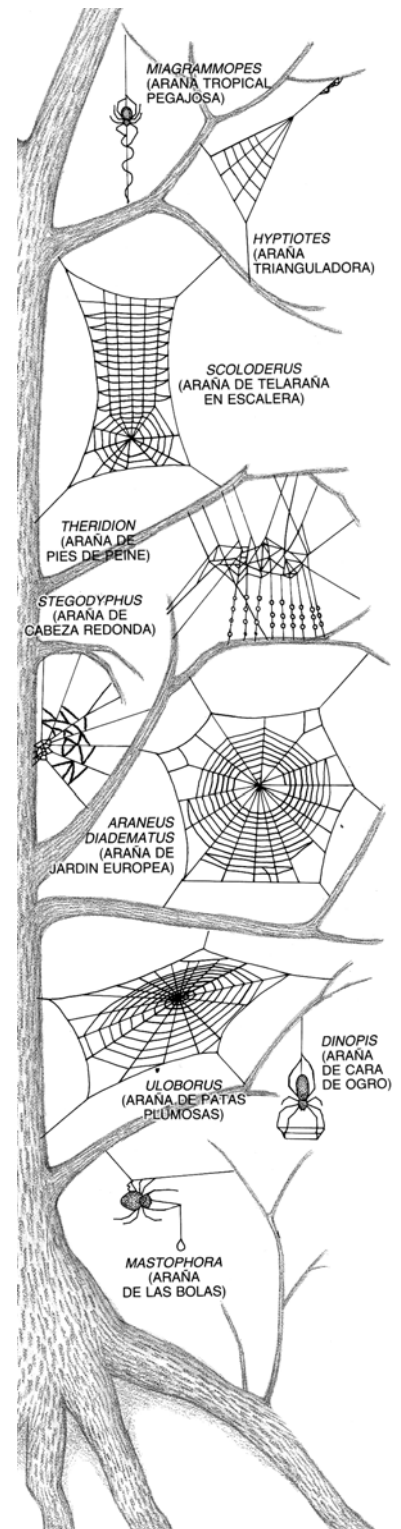


Fig. 8.67. Si bien existen distintas propuestas de telarañas generadas por diversas especies, todas ellas se basan en un mismo principio, la aplicación de hilos de seda con que construyen su habitáculo así como también para atrapar a sus presas. Ilustración: Fritz Vollrath y Donald Edmonds.

⁸⁹ Attenborough, David. *La vida a prueba*. Ed. Plaza & James. Tusquets. Barcelona, 1990, p. 77.

⁹⁰ Vollrath, Fritz. *Op. Cit.*, p. 52.

para que un macho corteje, baile y toque el arpa entre sus hilos, aún cuando su función principal sea la de trabajar como trampa.

Se piensa que este objeto es eficiente cuando permite detener al insecto que se desplaza volando rápidamente sobre ella (siendo equivalente a detener un misil dirigido) y retenerlo por un tiempo en que la araña lo inspecciona y lo muerde. Para esto, los hilos de la telaraña deben tener ciertas propiedades que permitan soportar grandes fuerzas proporcionales que otorguen estos resultados. Han de estar compuestas de ciertas peculiaridades que contribuyan a alcanzar tales metas, como son el disipar y absorber la energía cinética del insecto mediante otro recurso: los materiales de que está formada. Las fibras deberán ser resistentes en largas extensiones para no romperse, y habrán de funcionar como muelles en distancias cortas, porque no debería ofrecer ningún punto de apoyo al insecto atrapado. De igual modo, no deberán tener tanta elasticidad retráctil que al detener a la presa, lo dispare en sentido opuesto hacia el sitio por donde viniera. La telaraña orbicular presenta estos atributos al combinar hilos rígidos y elásticos que conforman los radios que constituyen la edificación telar, resistiendo hasta un 25 por ciento de fuerza sobre ellos. Asimismo integra hilos flexibles y pegajosos que funcionan para contener la presa a través del tejido en espiral, que funcionan como elementos de captura al poderse contraer rápidamente en una pequeña fracción de su tamaño original, extendiéndose sin romperse casi cuatro veces más de su longitud original.

8.8.4.1. Araña de jardín (*Araneus diadematus*) / Red

De acuerdo a las observaciones de Heiko Bellmann⁹¹, las arañas hembras de la *Araneus quadratus* y la *Araneus diadematus*, alcanzan una longitud entre 13 y 20 mm, mientras que entre los machos sólo es de 10 mm. Éstas realizan excelente redes espirales de hasta 50 cm de altura. En opinión de Fritz

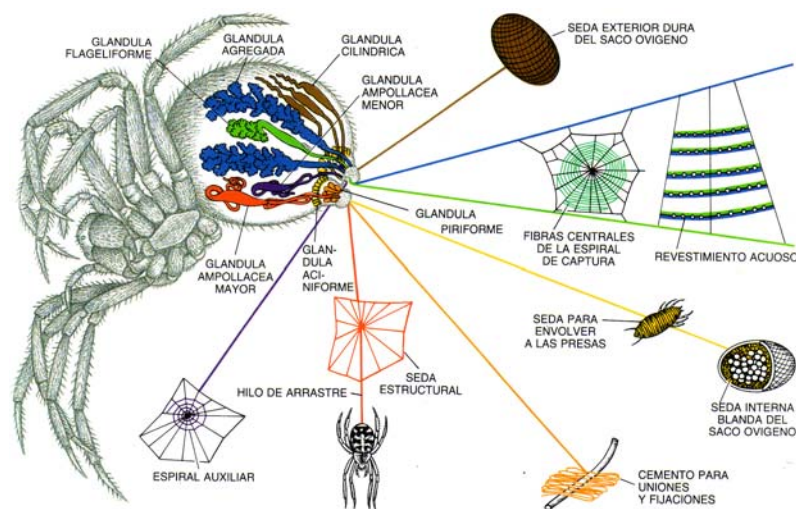


Fig. 8.68. Tipos de glándulas generadoras de distintos hilos de seda producidas por la araña *Araneus diadematus* para diferente función. Ilustración: Fritz Vollrath y Donald Edmonds.

⁹¹ Bellmann, Heiko. *Arácnidos, crustáceos y miriápodos*. Ed. Blume – Círculo de Lectores, Barcelona, 1994, pp. 6,7-78, 79.

Vollrath⁹² las arañas *A. diadematus* poseen siete glándulas abdominales especializadas para generar seda, con las cuales producen siete distintos tipos de hilos (fig. 8.68): Hilos de arrastre con los que la araña se desliza hacia abajo en el aire. Hilos para la seda estructural con los que conforma el marco o armazón y los radios resistentes que integran la seda en espiral. Estos no serían pegajosos. Los hilos de la espiral auxiliar, que le servirían de andamio para tejer las fibras centrales de la espiral de captura. Estos hilos centrales de captura presentan en ocasiones un revestimiento acuoso que le da la flexibilidad así como una adherencia otorgándole mayor resistencia a movimientos bruscos de las víctimas cuando caen en ellos. Hilos que funcionan como cemento para realizar uniones y fijaciones a diversas superficies. Hilos que conforman la seda para envolver a las presas atrapadas, formando un pequeño capullo. Hilos de seda dura para capa exterior con que forman el saco ovígeno o saco de sus huevos. Y finalmente los hilos de seda blanda para contener internamente los huevos en ese mismo saco.

Independientemente de en dónde lo utilicen, las arañas demuestran una excelente capacidad para controlar su producción de seda, donde algunas pueden variar el filamento que están tejiendo, modificando el diámetro, su elasticidad o incluso su resistencia. Se piensa que estos cambios se hacen al controlar las válvulas de sus glándulas y no la composición química de los hilos. Cuando precisan algún tipo de seda para otra cuestión, recurren a otra glándula para presentar otra opción. Rainer F. Foelix⁹³ enriquece este aspecto al decir que muchas garras de arañas presentan tres partes compuestas por dos peines y un gancho con el que sujeta el hilo de seda empujándolo hacia las cerdas cerradas. Si bien ahora sabemos que la capacidad de la araña de sostenerse en superficies empinadas e incluso en el techo es el resultado de utilizar pequeñas ventosas que están localizadas en los extremos de los pelos de sus patas, con lo que le permite afianzarse con mayor seguridad por superficies no horizontales (fig. 8.69).

8.8.4.2. Araña de nido en espiral (*Achaeareanea globispira*) / Espiral

La araña de nido en espiral *Achaeareanea globispira* fue descubierta por J.R. Henschel y R. Jocqué en 1994 en las montañas Cedarberg de Sudáfrica. Este arácnido mide entre 2 y 3 mm de largo. Probablemente una de las peculiaridades que más han impresionado a los científicos sobre esta especie, sea el tipo de nido que construye, el cual se basa en una especie de túnel en espiral dentro de una burbuja de 13 mm de largo, formada con su seda recubierta con granitos de arena, que se suspende en general por un sólo hilo de la saliente de las rocas (fig. 8.70), donde se manifiesta un similar concepto de espiral utilizado en el museo Guggenheim de Nueva York, proyectado por el arq. Frank Lloyd Wright.

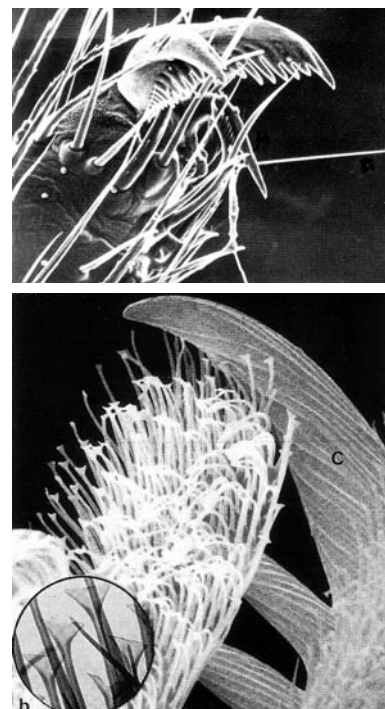


Fig. 8.69. Detalle de la pata de la araña *Araneus diadematus*, donde se aprecian las 3 garras (arriba), así como una serie de pelos que constituyen una especie de cepillo que presentan en sus extremos, pequeñas ventosas para sujetarse mejor en superficies de distinto tipo (abajo).
Fotos: Chu-Wang y Foelix.

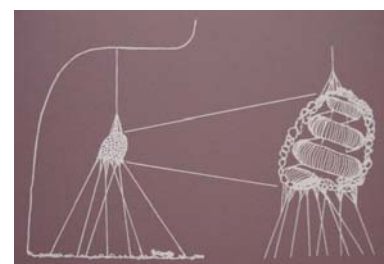


Fig. 8.70. Nido de la araña *Achaeareanea globispira* con un pasadizo central en forma de espiral dentro de una burbuja de arena.
Gráfico: Museo de Zoo. BCN.

⁹² Vollrath, Fritz. *Op. Cit.*, p. 57.

⁹³ Rainer F. Foelix, *Biology of Spiders*. Oxford University Press, New York, 1996, p. 20.

8.8.4.3. Araña de tela de escalera (*Scoloderus*) / Escalera

Muchas veces se presentan en la naturaleza coincidencias asombrosas en el diseño de telarañas en especies diferentes. Un ejemplo de esto es mencionado por Richard Dawkins⁹⁴, al referir que el director del zoológico nacional de Washington y su esposa descubrieron en Nueva Guinea una araña que teje una telaraña con forma de escalera, de una altura de un metro de longitud por 15-20 cm de ancho, quien ha generado esta solución para atrapar polillas en la noche. Éstas al chocar con la red, pueden indirectamente avisar a la inquilina de su presencia como sabrosas huéspedes, dirigiéndose de inmediato la anfitriona hacia ellas, al caer poco a poco sobre la red al perder el polvo escamoso o revestimiento protector de sus alas que las defendería de los hilos pegajosos. Poco tiempo después William Eberhard descubrió en las selvas de Colombia una especie similar a ésta, aunque con la peculiaridad de haber generado su tela de escalera en sentido opuesto, encontrándose su centro en la parte de abajo y no en la de arriba. Sin embargo, el tipo de funcionamiento de este diseño es exactamente igual y aparentemente por la misma razón: alimentarse de polillas (fig. 8.71).

Es innegable que las arañas hayan aportado para el ser humano, muchas soluciones de gran valor con sus sedas. El desarrollo de investigaciones científicas en el ámbito de los hilos y telas de araña no es reciente. Si bien es probable que hayan estado estudiándose desde hace ya bastante tiempo, en las primeras décadas del siglo XX era ya común encontrar estudios sobre ello. Tanto el libro de Pelegrín Franganillo⁹⁵, como el de Kurt Floeridke⁹⁶, hacían ya alusión a las características de los hilos de las arañas, presentando incluso gráficos muy similares a los que ahora se han logrado con microfotografías. Floeridke presenta una interesante propuesta para industrializar sus hilos⁹⁷, aún cuando para algunos estén fuera de la realidad por las mismas condiciones que presentan estos animales (fig. 8.72). El resolver este problema no es tan sencillo, pues la industrialización de la seda de araña original implica grandes retos y resolver profundos problemas en la investigación y control sobre la naturaleza de la seda y la conducta de estos animales. No obstante permite reflexionar hasta qué punto pudiera aprovecharse las cualidades de la seda de los arácnidos, independientemente de que como idea y diseño de maquinaria tengan cierto grado de valor, pues no habrá que olvidar que la esencia de una telaraña es por así decirlo, una excelente trampa que cubre el mayor espacio posible con la menor cantidad de material.

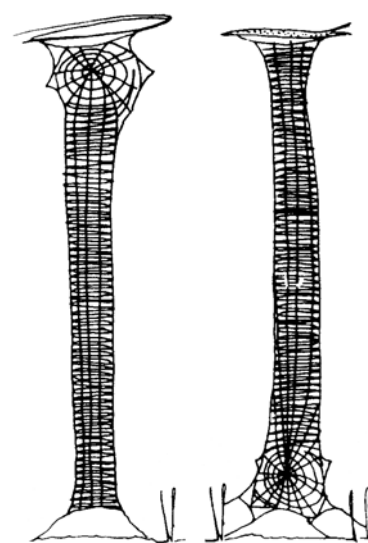


Fig. 8.71. Similitud de telarañas de escalera en dos especies diferentes. Izquierda: De Nueva Guinea; Derecha: De Colombia (*Scoloderus*). Gráfico según R. Dawkins.

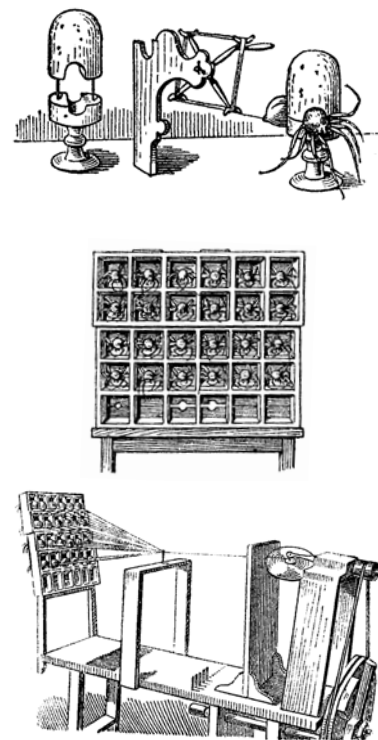


Fig. 8.72. Propuestas hipotéticas de diseño de maquinaria, para industrializar la seda de la araña, presentada por Kurt Floeridke en 1919. Gráficos según Kurt Floeridke.

⁹⁴ Dawkins, Richard. *Escalando el monte improbable*. Metatemas 53. Tusquets editores. Barcelona, 1998, pp. 64-66.

⁹⁵ Franganillo Balboa, Pelegrín. *Las Arañas. Manual de araneología*, Compañía asturiana de artes gráficas, Gijón, 1917, pp. 105-118.

⁹⁶ Floeridke, Kurt. *Spinnen und Spinnenleben*. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart, 1919.

⁹⁷ Floeridke, K. *Ibidem*. pp. 74- 76.

8.8.5. Termitas (*Macrotermes*) / Monumentalidad

Es probable que las termitas sean los insectos sociales que más problemas de diseño resuelvan en el desarrollo de sus nidos. Para ello deben aportar una gran cantidad de soluciones para atender los sistemas estructurales, de humedad, de seguridad, de vialidad, de alimentación, de restauración y la renovación de sus partes, pero sobre todo de ventilación, por ser ellas muy sensibles a los cambios bruscos de temperatura. Para ello ponen gran atención en mantener una temperatura más o menos estable (dependiendo de la especie), que hace que estas soluciones sean consideradas como verdaderas obras de arte en el diseño del habitáculos en general, lo cual constituye sólo algunas de las muchas partes interesantes que ameritan estudiarlas con mayor profundidad.

De acuerdo a los especialistas, existen más de 2000 especies de termitas, de las cuales alrededor de 150 especies son las que consumen como alimento grandes cantidades de madera en su etapa de larva. Si bien cada especie posee su propia propuesta de termitero, en general podemos destacar varios conspicuos diseños que difieren desde nuestro punto de vista, en forma, tamaño, proporción, funcionalidad y estética, variando en cada uno de ellos sus atributos relacionados con la resistencia del material y las técnicas de construcción con que están hechos, entre los que estarían los que tienen forma de cebolla⁹⁸ (fig. 8.73), montaña⁹⁹ (fig. 8.74), seta¹⁰⁰ (fig. 8.75), pagoda (fig. 8.76), paraguas (fig. 8.77), pared (fig. 8.78), hongo, chimenea, esfera, bolsa, cerebro, entre otras. El Dr. Mark Olson, profesor de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, considera que las formas peculiares del termitero con forma de cebolla, permiten una mejor circulación de aire y enfría un poco el aire caliente del noreste de África, aunque reconoce que no existen muchos estudios sobre esta especie en particular.¹⁰¹

Las termitas africanas *Macrotermes bellicosus* de Costa de Marfil, se caracterizan por construir termiteros de gran magnitud y volumen, llegando a encontrarse termiteros de hasta 7 m de altura, semejando con frecuencia montañas escarpadas, que aún cuando son muy características en su forma, están lejos de ser uniforme.¹⁰² Éstas han sido estudiadas por el Prof. Martín Lüscher¹⁰³, en cuanto a las variaciones de su temperaturas y las características del sistema de aire acondicionado que emplean en el interior de estos montículos. En algunas es-



Fig. 8.73. Concepto *Monumentalidad*. Enorme montículo de termitas africanas con forma de cebolla que está en Somalia. Foto: Frank Horwood

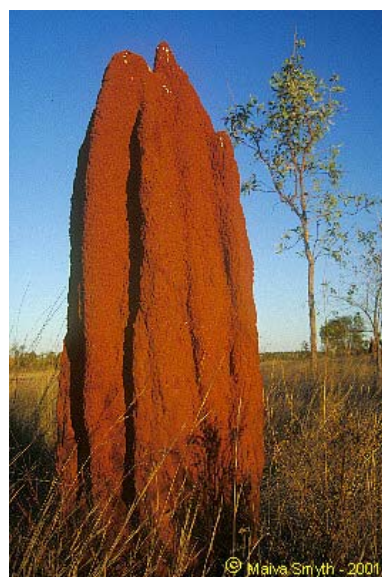


Fig. 8.74. Montículo de termitas *Macrotermes*. Muchos de estos montículos de hormigón duro, se encuentran en el extremo final de Australia, y pueden sobrevivir a la furia de ciclones y a los estragos de los incendios de arbustos. Foto: Maiva Smyth.



Fig. 8.75. Termitero *Cubiforme*, con forma de "seta" en Senegal.

⁹⁸ Foto de montículo "cebolla", en: <http://www.explorelifeonearth.org/somalia.html>

⁹⁹ Foto de montículo "montaña", en: http://www.australianlandscapes.com/The_Photographers/Maiva/Maiva_s_Page/T_Mound/t_mound.html

¹⁰⁰ Foto de termitero "seta" de Senegal, en: <http://pbil.univ-lyon1.fr/ADE-4/senegal/TermChamp.jpg>

¹⁰¹ Entrevista por Internet con este investigador, 20 abril, 2003.

¹⁰² Birkhead, Tim, et al, *Op. cit.*, p. 89.

¹⁰³ Lüscher, Martín, "Air-Conditioned Termite Nests", en *The Insects, Readings from Scientific American*, W.H. Freeman and Company, San Francisco, 1972, (1961), pp. 271 a 278.

pecias, la fortaleza del termitero es tal, que se requiere de un hacha o un martillo para romperlo. Este cemento está hecho con su excremento, siendo además muy resistente e impermeable. La parte interna de los termiteros, presenta un aspecto similar a una esponja¹⁰⁴, compuesto por muchas celdas, cada una de ellas de 2 cm de diámetro, las cuales se conectan entre sí, dejando sólo el paso a pequeñas galerías y pasillos.

Otro sorprendente montículo es el construido por la termitas *Cubitermes*. Éstas viven en las selvas tropicales donde son constantes las grandes lluvias. Esta especie va construyendo los tejados sobresalientes de sus montículos con formas cónicas, con el fin de proteger la estructura principal de las fuertes precipitaciones que son frecuentes en esos lugares. Son claros en esta especie como lo hemos mencionado, los conceptos de semejanza formal de los termiteros con forma de "seta", de "pagoda"¹⁰⁵, así como de "paraguas". Uno de los montículos fotografiados se presenta cortado y abierto para percibir el lado interior de las cámaras similares a esponjas (fig. 8.77). Entre las conclusiones a las que han llegado los investigadores de estos termiteros, es que su forma obedece más como respuesta a los problemas de exceso de agua tan comunes en esas zonas (funcionando por tanto más como paraguas), y no al exceso de sol (sombrias), pues en las zonas desérticas, no se han encontrado dichas propuestas.

Las termitas australianas *Amitermes meridionalis*¹⁰⁶ (fig. 8.78), conocidas también como "termitas brújula", hacen sus termiteros con material vegetal masticado recubierto de arcilla. Al igual que otras especies, forman grandes montículos de hasta 5 m de altura por 3 m de ancho. Estos poseen la peculiaridad de tener la forma de un muro plano aislado, con lados en forma de cuña, orientados exactamente todos ellos por su cara mayor hacia la dirección norte-sur, con el propósito de obtener la mayor cantidad de sol durante las mañanas y las tardes. Por tanto, cuando es medio día, los otros lados del montículo, que son mucho más estrechos, no calentarán el nido más de lo necesario.¹⁰⁷ De acuerdo a investigaciones de la Dra. Barbara Maher¹⁰⁸ de la Universidad de East Anglia, (Reino Unido), existen evidencias que comprueban la presencia de concentraciones muy pequeñas del material magnético tanto en la región de tórax-abdomen como en la cabeza, lo cual ex-



Fig 8.76. Termitas *Cubitermes*. Este montículo con forma de "Pagoda" posee más de un metro de altura, y fue encontrado en los bosques de África occidental.
Foto: Dr. Paul Eggleton.

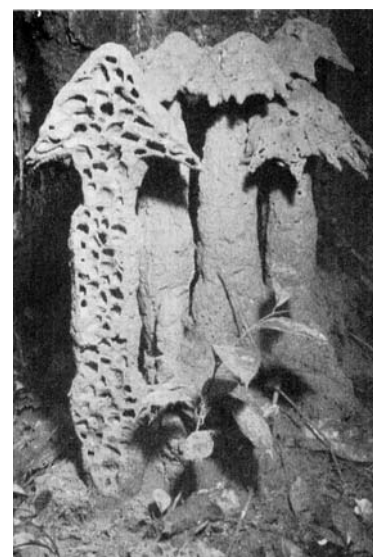


Fig. 8.77. Termitas *cubiformes* con nido con forma de paraguas. Se perciben sus celdas interiores con forma de esponja.



Fig. 8.78. Vista frontal de los nidos de las termitas *Amitermes meridionalis*. Tienen sus construcciones una forma de pared, dirigidos de norte a sur para aprovechar al máximo el calor del sol. Su forma lateral es similar a un cuña.
Foto: Catherine Gorge.

¹⁰⁴ *Enciclopedia de la Vida Animal*, Bruguera Mexicana de Ediciones, S.A., Tomo XVII, México, DF., 1979, p. 2227.

¹⁰⁵ Fotografía de Montículo de *Cubitermes glebae*, en: <http://www.nhm.ac.uk/entomology/projects/termites/>

¹⁰⁶ Fotografía de termitero magnético, en: http://images.google.com/imgres?imgurl=www.truk.com/art/sydney/20020716_topEnd/275/lf_termiteCathedralMoundKat.jpg&imgrefurl=http://www.truk.com/trips/sydney/20020716_darwinKatherine.php&h=367&w=275&prev=/images%3Fq%3Dgiant%2Btermite%2Bmounds%2Bsvnum%3D10%26hl%3Des%26lr%3D%26ie%3DUTF-8%26sa%3DN

¹⁰⁷ Frish, von Karl, *Animal Architecture*, Ed. Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York, 1974, p. 138 y 139.

¹⁰⁸ Texto de Termitas magnéticas en: <http://www.blueiceonline.org/blueweb/magsoil.html>

plica en parte, el comportamiento orientativo en la construcción de los montículos de estas termitas.

Los termiteros de la especie *Macrotermes* (fig. 8.79), son sin lugar a dudas, autosuficientes en las distintas necesidades que requieren. Para su subsistencia, se alimentan de hongos cultivados en "jardines" extendidos en lechos de su propio excremento y mezclados con astillas de madera, los cuales se encuentran almacenados en la parte superior de los nidos. La cámara real, es donde se ubica la reina quien pone alrededor de 1.000 huevos cada día. Estos huevecillos llegan a estar vigilados en guarderías que se encuentran a los lados de la cámara real, que a su vez está ubicada debajo del jardín. En la parte más baja del termitero está el sótano, y es de donde se extrae el material para la construcción y restauración del montículo. Del aliento que expiden los millones de termitas que comparten el mismo termitero, se obtiene el vapor de agua que al condensarse escurre por el suelo que permite mantener la humedad del sótano. La ventilación interna del nido está garantizada por una amplia red de conductos por donde circula el aire tan necesario en este espacio casi cerrado.

Todo el proceso de ventilación y fluidez del aire interno se inicia a partir de las cámaras donde se cultivan los hongos. Éstos al descomponerse, calientan el aire por los procesos de fermentación que junto con el calor producido por los propios animales, permite subir el aire caliente. La presión del flujo continuo ayuda a meterse por los conductos más estrechos al ser porosas las paredes de esta construcción. Para mantener la temperatura requerida en el termitero, el aire fresco entra por los espacios y poros laterales de las paredes, refrescándose en el sótano al estar conectado mediante conductos que los unen con los mantos acuíferos del subsuelo, distribuyéndose en las distintas zonas y espacios que existen (fig. 8.80); conforme se calienta, el aire sube y sale por los orificios superiores así como por las aberturas o "chimeneas" en algunos otros nidos, reiniciándose nuevamente el ciclo de ventilación.¹⁰⁹

No en todos los diseños de termiteros, el funcionamiento y control de su temperatura interior es igualmente eficiente, según lo constata con sus pruebas el Dr. Lüscher¹¹⁰, pues en los nidos de las termitas *Amitermes evuncifer*, que presentan un habitáculo con forma semiesférica, se logró detectar cambios diacrónicos que evidencias con claridad, los problemas a los que se enfrentan dicha especie. A veces adentro del nido existe más "frío" o más "calor" que afuera, aunque también debemos de reconocer, que no todas las termitas poseen el mismo grado de sensibilidad a la temperatura, y mientras sigan manteniéndose con vida, los cambios internos de temperatura en esos nidos, no serán tan graves.

Si comparamos las obras impresionantes que ha hecho el ser humano, pudiera vanagloriarse por sus logros alcanzados, incluso pensar en su altanería, que ha dejado muy atrás a la



Fig. 8.79. Montículo de *Macrotermes*. El aire que ingresa al termitero, a través de los poros de las paredes, es enfriado en el sótano y sube fresco por todos los conductos, saliendo el aire caliente por los extremos superiores. Ilustración: Turid Hölldobler-Forsyth.

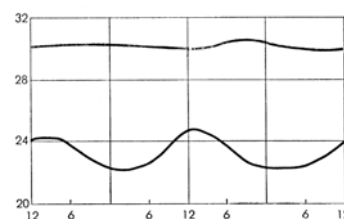


Fig. 8.80. Gráfica de temperatura interna del termitero *Macrotermes*. Debido al sistema de ventilación que se presenta en los termiteros de esta especie, se presenta una constante en su temperatura. La línea superior es la temperatura ambiental interna y la línea inferior es la temperatura externa del termitero, durante dos días. El promedio de la temperatura interna es de 30° C., mientras que afuera hay un promedio de 23° C. Gráfica: Martin Lüscher.

¹⁰⁹ Birkhead, Tim, et al. *Op. Cit.*, p. 103.

¹¹⁰ Lüscher, Martin. *Op. Cit.*, pp. 273 a 275.

misma naturaleza. La verdad es muy diferente. Si hablamos de proporcionalidad, son todavía cortas estas construcciones respecto a las logradas por los animales. Las termitas *Macrotermes*¹¹¹, han logrado construir con gran frecuencia, habitáculos monumentales que logran con mucho pasar las construcciones humanas. Incluso, si se deseara presumir de esto, se debería edificar (por lo menos) para empezar a igualarlas, una obra mayor que la Torre Milla de Illinois (de 1,609.34 m de altura), propuesta por Frank Lloyd Wright hacia 1956, y que pretendía realizarse en Illinois. Actualmente existen termiteros que tendrían en proporción, casi dos kilómetros de altura (fig. 8.81). Otros nidos incluso, rebasan con facilidad los 8 metros de altura, siendo por tanto, mucho más altos, y posiblemente las construcciones generadas por organismos vivos más altas del mundo (desde un punto de vista proporcional). Una de las causas que detuvieron el proyecto de Wright¹¹², fue que no se tenía del todo bien resuelto el problema de los ascensores, así como un temblor que hubo por esa época, modificando por tanto la decisión de los responsables del gobierno. El proyecto quedó archivado para la historia.

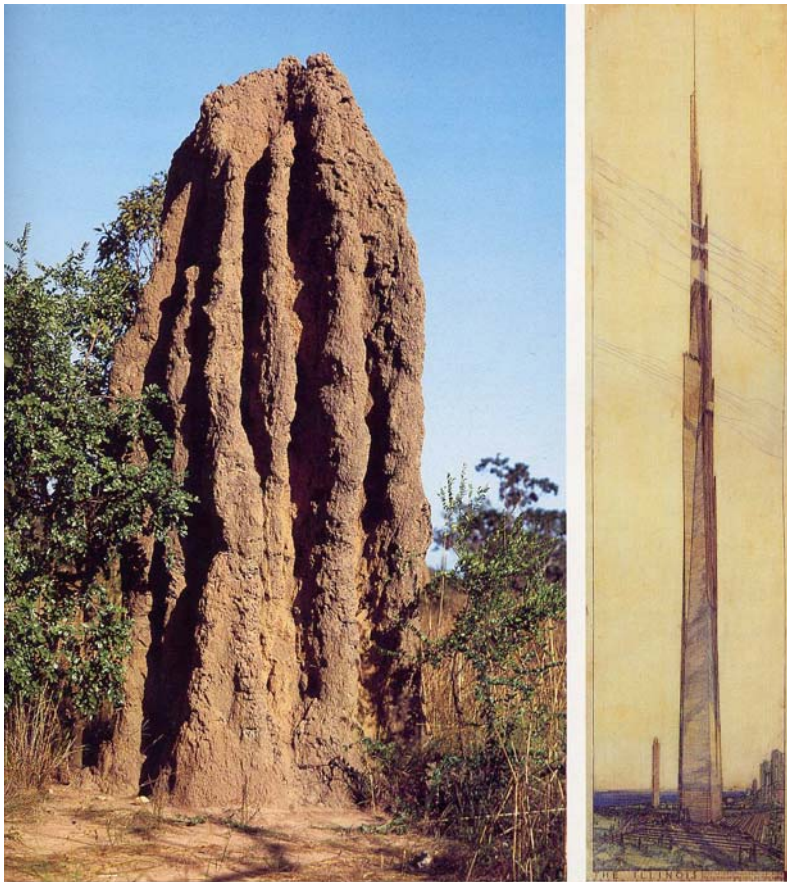


Fig. 8.81. Concepto *Monumentalidad*. Desde hace muchos miles de años, las termitas *Macrotermes* en Australia, construyen habitáculos más altos proporcionalmente que los construidos por el ser humano. Comparación de un termitero de *Macrotermes* con la propuesta del proyecto del rascacielos de Frank Lloyd Wright, "The Mile High Illinois" (La Torre Milla de Illinois), de 1956. Foto: Del libro *Architectural animal* de Karl von Frisch.

¹¹¹ Frisch, Karl von. *Op Cit*, pp. 12 y 13.

¹¹² Información de The Mile High Illinois, en: <http://www.fortunecity.com/lavender/atkinson/948/milehigh.html>

8.8.6. Pez mandíbula (*Opistognathidae*) / Tapiz

Menciona Eibl-Eibesfeldt¹¹³ que el Heterocógrido (*Xarifania hassi*), es un pez que vive en las superficies arenosas abiertas de los mares. Construye agujeros como habitáculos que no se derrumban con rapidez, debido a la adhesión de sustancias pegajosas que segregan su cuerpo, con el fin de preparar escondites especiales en caso de huida. Si bien llama la atención este pez, es de admirar igualmente el comportamiento del pez mandíbula, llamado también pez "Boca grande" o "Jawfish"¹¹⁴ (*Opistognathidae*), por construir su "casa" para proporcionar abrigo temporal a sus vástagos. Este pez cuyo nombre científico es también *Gnathypops rosenbergii*, habita en las aguas poco profundas de las costas meridionales y en los mares tropicales del sureste de Asia.

De acuerdo a la opinión de expertos en fauna marina, este pez llega a vivir en colonias grandes, donde cada individuo se concentra en construir su propia madriguera vertical, misma que le servirá de resguardo a la interpretación del menor peligro como amenaza. Al permanecer al asecho, espera pacientemente la llegada de cualquier pequeño organismo para digerirlo.¹¹⁵ El Dr. Frisch describe que "esta especie excava su vivienda en forma de tubo, para residir en la arena o en la partes internas arcillosa, pudiendo tener alrededor de un metro de profundidad"¹¹⁶. Si bien es cierto que es peculiar la acción constructiva de este habitáculo, llama más la atención encontrar a veces, algunas ramificaciones al final de este conducto submarino (fig. 8.82).

Tal parece que los orígenes del diseño como esencia, los podríamos encontrar al reflexionar sobre los atributos particulares de cada pez, pues las respuestas constructivas y formales de este habitáculo, hacen ver sus causas en acuerdo a sus peculiaridades físicas. Tener una boca y mandíbula grande, le ayuda a abrirla a una amplitud mayor, que le facilita recolectar material de un tamaño considerable que le servirá para generar la firmeza de su espacio de protección. Su comportamiento constructivo, es muy similar a las dragadoras o máquinas limpiadoras de fango submarino. Después de embutirse grandes bocados de arena, los expulsa hacia fuera de la cavidad insertando poco a poco conchas, pedruscos o pedazos de material sólido que le servirán como anclaje para consolidar el conducto (fig. 8.83). Karl von Frisch, confirma que: "la parte más baja del pozo se ensancha en una cavidad. Piedras y pedacitos pequeños de cáscaras o corales son presionados en las partes superiores de la pared, dando a la entrada la apariencia de un pozo alineado con albañilería. Protegido por su propia vivienda, el pez mandíbula exhibirá únicamente su ca-

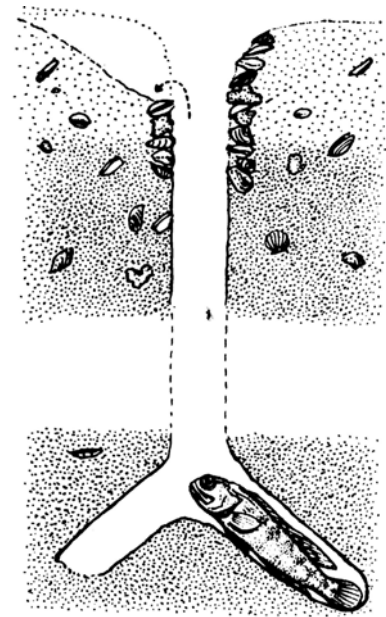


Fig. 8.82. Algunos de los habitáculos del Pez mandíbula (*Opistognathus*), poseen dos cámaras al final del conducto. Ilustración: W. Klausewitz.



Fig. 8.83. Concepto Tapiz de Cerámica. Las paredes del habitáculo del pez mandíbula, están tapiadas de conchas y pedazos de caracol, con el fin de proteger su habitáculo de desmoronamientos. Ilustración: Turid Hölldobler-Forsyth.

¹¹³ Eibl-Eibesfeldt, Irenäus, *Etología, Introducción al estudio comparado del comportamiento*, Ed. Omega, Barcelona, 1979, p. 338.

¹¹⁴ Frisch, Karl von, *Op. Cit.*, p. 164.

¹¹⁵ Información encontrada en:

<http://www.animalnetwork.com/aquafish/library/articleview.asp?Section=&RecordNo=2444>

¹¹⁶ Frisch Karl von. *Ibidem*, p. 164.

beza¹¹⁷ cuando se sienta seguro (fig. 8.84), y defenderá con firmeza su propia vivienda contra todos los intrusos de similar tamaño que llegaran a estar cerca de ella, incluyendo miembros de su propia especie, aun cuando a veces, invada la madriguera de algún vecino y lo bombardee con guijarros y pedruscos seleccionados desde afuera, con el fin de apoderarse de este lugar y evitar así la “competencia”.



Fig. 8.84. El pez mandíbula espera pacientemente la llegada de una víctima en la entrada de su habitáculo con forma de tubo vertical.
Foto: Bryan Harry.

¹¹⁷ Fotografía del pez mandíbula,, en:
<http://www.nps.gov/npsa/NPSAfish/opispag.htm>

8.8.7. Aves

Las aves son los animales que tienen plumas. Esta característica particular permite que los científicos puedan distinguir las con facilidad de otras especies. Se piensa que hay aproximadamente unas 8,700 especies de aves en este momento, dividiéndose en dos grandes grupos: las que pueden volar denominadas carenadas¹¹⁸ y las que han perdido esta facultad, llamadas corredoras o rátidas. Al llegar la temporada de reproducción, la gran mayoría de las aves construyen sus nidos con el fin de resguardar en ellos a sus huevos. Los nidos varían de una especie a otra, tanto en forma, tamaño, técnica y material utilizado. Básicamente los objetivos en la construcción de un nido es evitar que los huevos caigan al vacío durante el periodo de incubación, ayudar a que los aves padres puedan proteger con comodidad a los huevos con sus propios cuerpos manteniendo la temperatura requerida, así como hacer inaccesibles los huevos y los polluelos a los depredadores cuando los padres han dejado el nido en busca de comida, yendo el tamaño de los nidos desde tres centímetros como sería el caso del colibrí, hasta los 3 metros de diámetro como sería por su parte el nido del águila calva.¹¹⁹

Lestel¹²⁰ menciona que las aves utilizan muchas técnicas de desarrollo para elaborar sus nidos, mediante distintos procedimientos en el uso de los materiales. Entre las técnicas de desarrollo, estarían las de tejer, pegar, superponer, entrecruzar, clavar, anudar, excavar, embalar, enrollar, colocar, coser, tapizar así como amontonar y rascar. Dichas prácticas se organizan comúnmente a través de cuatro procedimientos como el arrancamiento y el traslado, por ejemplo al desprender el musgo de un tronco; la adición y la combinación, por ejemplo al tejer o al pegar paulatinamente partes a la totalidad; la modificación y el remodelaje, por ejemplo al sacar hojas de un lugar; y la sustracción o eliminación, por ejemplo el quitar algunas partes de un árbol o quitando algo a un conjunto dado (fig. 8.85). Estas técnicas y procedimientos son llevados a cabo por medio del empleo de distintos materiales que utilizan para elaborar con gran variedad sus nidos, como son las hojas, ramas, musgo, tierra, excremento, saliva, pelos, sedas de araña, fibras de algodón, trocillos de ramas, ramitas espinosas, granos, entre otros.

El Dr. Juan José Soler Cruz¹²¹, investigador de la Estación Experimental de Zonas Áridas del Consejo Superior de Investigación Científica en España, menciona que pueden encontrarse distintos nidos generados por las aves, como son los nidos de copa del flamenco (*Phoenicopterus ruber*), o del jilguero

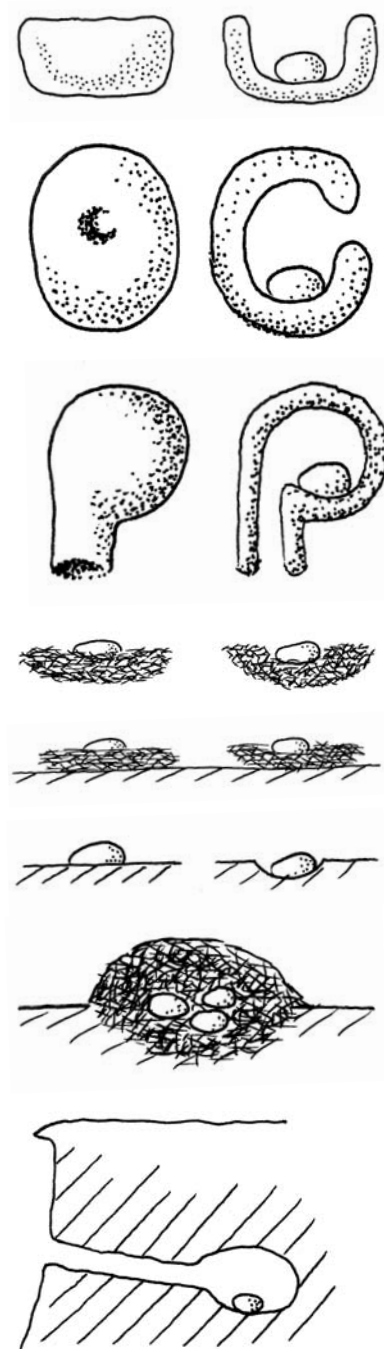


Fig. 8.85. Representación conceptual de los tipos de nidos en cuanto a su forma: Los nidos de copa, los nidos de bóveda, los nidos de bóveda con tubo, los nidos de plato, los nidos de cama, los nidos rascados, los nidos amontonados, y los nidos excavados. Los tamaños de los huevos y los nidos no están proporcionados. Bocetos: Fernando García

¹¹⁸ A este grupo pertenece igualmente el pingüino, que aún cuando no puede volar, podría decirse que "vuela" debajo del mar, al desplazarse con la misma agilidad que las que vuelan en el aire.

¹¹⁹ Katzman, Israel. *Cultura, Diseño y Arquitectura*. Tomo I, CONACULTA; México DF., 1999, pp. 94-95.

¹²⁰ Lestel, Dominique. *Les origines animales de la culture*. Flammarion, París, 2003, p. 70.

¹²¹ Comentarios expuestos en la conferencia sobre los nidos de las aves en el Museo de Zoología de Barcelona, 2003.

común (*Myadestes obscurus*); los nidos de bóveda, como los del pájaro hornero (*Furnarius rufus*), o el del pájaro trepador terrestre (*Sitta neumayer*); los nidos de bóveda con tubo, como el del pájaro tejedor republicano (*Ploceus intermedius*) o el del moscón (*Remis pendulinus*); los nidos de plato, como los del gaviotín o charrán blanco (*Gygis alba*), o los de la grulla común (*Grus grus*); así como los nidos de cama, donde estarían los del cisne vulgar (*Cygnus olor*) o los del ganso (*Anserinas semipalmata*) (fig. 8.86), donde en esta última especie llega a coincidir con la solución generada por el Gorila (*Gorilla gorilla*) (fig. 108 f); los nidos rascados, como los del calao pico rojo (*Tockus erythrorhynchus*), o los del pájaro picamadero bellotero (*Melanerpes formicivorus*); los nidos amontonados, como los del megapodio ocelado de Australia (*Leipoa ocellata*), o los pavos de matorral de Australia (*Alectura lathamii*); y los nidos excavados, que realizan los pájaros frailecillos del Atlántico (*Fratercula arctica*) o el pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), localizados todos estos nidos de diferentes especies en distintos lugares del entorno, como por ejemplo, en la cima de los árboles, así como dentro del follaje de los mismos o colgados de los extremos de sus ramas, entre los cañaverales de los pantanos, en las bases de los arbustos, en la parte interna de los troncos, o también en el interior de las laderas de las montañas, bajo la cubierta de algún tejado, o sobre la extremos de una pendiente, en los declives de los precipicios, así como sobre la superficie de la tierra o del agua en un lago, presentando en cada uno de ellos, una solución singular al problema enfrentado: cómo generar un habitáculo.

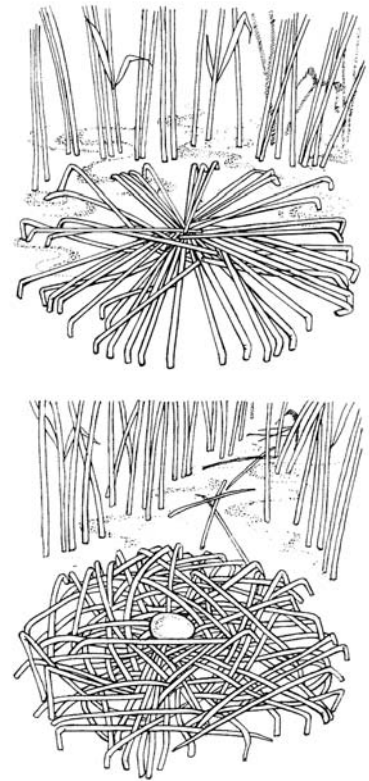


Fig. 8.86. Nido de cama tejido por el ganso (*Anserinas semipalmata*), donde dobla hacia el centro los juncos y carrizos de las orillas de los lagos y ríos. Arriba de toda esta estructura, añadirá pedazos de hojas y plantas con que completará su nido. En el centro de todo ubicará sus huevos.
Ilustración según Michael Hansell.

8.8.7.1. Mirlo acuático castaño (*Cinclus pallasii*) / Cascada

La base de la naturaleza de prodigar vida se manifiesta de manera evidente en el agua. Este elemento esencial provee a muchos animales no sólo de su sustento habitual, sino también del alimento para su prole. Existe una gran cantidad de aves que están relacionadas directamente con el agua. Una de ellas es el mirlo acuático (*Cinclus pallasii*), también llamado *cinclus* o *mirlos de agua*, de color pardo oscuro y con plumaje blanco en el pecho¹²² (fig. 8.87). Con su robusto y pequeño cuerpo, construye con frecuencia sus nidos sólidos y cerrados en espacios existentes ya sean entre las cornisas de las rocas cercanas a los ríos, sobre puentes, o incluso en lugares especiales como las cavidades existentes detrás de las cascadas¹²³ (fig. 8.88), donde tanto el macho como la hembra participan en su construcción, revistiéndolos con musgo y hojas secas. Es una estructura con forma de copa cubierta de hierba así como de musgo. Ésta está tapizada igualmente con hojas secas, sobresaliendo en ocasiones la marquesina de la cubierta que sobrepasa los extremos del nido, para formar una entrada con una pendiente.¹²⁴ Entre los meses de marzo y mayo, suele criar de cuatro a cinco polluelos en sus nidos escondidos teniendo las ventajas de estar alejados de los depredadores y cercanos a la comida¹²⁵.

Es claro que su cuerpo está acondicionado para desenvolverse óptimamente debajo del agua (fig. 8.89), pues tanto sus ojos planos similares a los protectores de los nadadores, así como sus oídos y fosas nasales que pueden cerrarse con facilidad al entrar en contacto con el agua, le permiten desenvolverse con gran facilidad como un verdadero buceador experimentado. Llama la atención igualmente, verlo salir del agua con muy poca humedad en su denso plumaje, pues para esto pasa mucho tiempo expandiéndose un aceite que expide una glándula que tiene en la base de su corta cola, permitiendo con esto tener sus plumas secas¹²⁶.

Mencionan los ornitólogos, que entusiasma ver a estas pequeñas aves de aproximadamente entre 14 a 20 cm de longitud¹²⁷, zambullirse en los ríos después de volar como flechas al ras de la superficie del agua, con el fin de atrapar su alimento consistente en insectos acuáticos, renacuajos y peces peque-



Fig. 8.87. Mirlo Acuático Castaño (*Cinclus pallasii*).



Fig. 8.88. Concepto *Cascada*. El mirlo acuático castaño, tiene su nido detrás de la cascada. Foto: Masahiro Maruyama



Fig. 8.89. Mirlo de agua debajo del río. Con ojos planos similares a los protectores de buceo, así como con la capacidad para cerrar sus oídos y fosas nasales, esta ave es experta en la pesca debajo del agua.

¹²² Ilustración del Mirlo Acuático, en: <http://www.geocities.com/RainForest/Watershed/7506/manifiesto/fauna/MIRLO.htm>

¹²³ Fotografía de Mirlo Acuático Castaño, en: www.kumagaya.or.jp/~aichokai/bird%20photo4.htm

¹²⁴ Harrison, Colin. *Guía de campo de los nidos, huevos y polluelos de las aves de España y de Europa*. Ed. Omega. Barcelona, 1991, p. 339.

¹²⁵ Birkhead, Tim, et al, *Secretos del Mundo Animal*, Ed. Reader's Digest, Milan, 1996, p. 119.

¹²⁶ Información de Mirlo Acuático Castaño en: <http://www.geocities.com/RainForest/Watershed/7506/manifiesto/fauna/MIRLO.htm>

¹²⁷ Información de Mirlo Acuático Castaño, en: <http://vivelanaturaleza.iespana.es/vivelanaturaleza/naturalista/MedioAcuatico.htm>

ños, los cuales digieren después de nadar y bucear por el fondo de los ríos¹²⁸. Varios ornitólogos han demostrado experimentalmente que cuando el ave se desplaza a contracorriente con la cabeza baja en buscar de su alimento, la fuerza de una corriente rápida ejercida sobre su inclinado dorso, permite mantenerlo en el fondo del río. Es igualmente común verlos perseguir en vuelos rápidos, atrapar a mariposas, libélulas y otros insectos (fig. 8.90). Sus movimientos espasmódicos son altamente característicos, pues les permiten realizar vuelos rápidos, cortos y directos con escasos batidos de sus alas. Si bien es cierto que en muy raras ocasiones se les ve lejos del agua, se les puede encontrar con frecuencia en lugares rocosos cercanos a ríos, en distintas partes de Asia, Europa, América y norte de África¹²⁹.



Fig. 8.90. El mirlo acuático castaño afuera de su nido, que se encuentra detrás de la cascada en una cascada en Japón.
Foto: Tadashi Shimada.

¹²⁸ Fotografía del mirlo acuático dentro del río, en:
<http://faunaiberica.org/especies.php3?esp=11>

¹²⁹ Información del Mirlo Acuático Castaño, en:
<http://www.damisela.com/zoo/ave/pajaros/passeri/cinclidae/index.htm>

8.8.7.2. Pájaro sastre (*Orthotomus sutorius*) / Costura

De similares características conceptuales y formales en el diseño de sus nidos que la hormiga *Oecophila*, se encuentra el pájaro asiático *Orthotomus sutorius*¹³⁰, quién utiliza su pico como aguja, así como fibras de algodón, de corteza de árbol o hilos de telaraña, como estambre, para coser y hacer su nido en las selvas (fig. 8.91). Después de haber hecho los pequeños agujeros con picotazos acentuados en los bordes de dos hojas grande, esta ave pasa y ata emborlando los extremos opuestos de las fibras (aunque no anudadas juntas como se ha sugerido en algunas investigaciones), rellenando posteriormente el espacio formado, con fibras y materiales suaves. Los extremos flojos de las puntadas, las refuerzan con pequeños terrones para asegurar la conexión. Es innegable las grandes ventajas que ofrece esta ubicación, donde pasa inadvertido este nido entre la vegetación.¹³¹

Aun cuando los dos padres incuban los huevecillos, los nidos son construidos por las hembras y hechos con hojas vivas, las cuales no llegan a ser arrancadas del árbol, pues las hojas vivas ayudan a formar un nido más fuerte que las hojas secas. Además de constituir un camuflaje excelente para los huevos, son igualmente un poco impermeables, por lo que constituyen un inmejorable refugio contra las fuertes tormentas tropicales que se presentan con frecuencia en ese ambiente¹³². El pájaro sastre tarda alrededor de cuatro días en terminar su construcción, debido a que la hoja y el hilo de telaraña que emplea para su propósito, a menudo se rompen. De acuerdo con Ria Tan¹³³, para construir la "bolsa" que le servirá como nido, inicialmente ondulan la hoja a la vez que la tuercen alrededor de ella con filamentos de telaraña. Algunos han descrito el método más como clavar los bordes de la hoja, que como costura. Al parecer prefieren usar una sola hoja grande, cosiendo juntas los bordes de la hoja (fig. 8.92). No obstante, pudieran también emplear hasta 3 pequeñas hojas para ser cosidas juntas. Ante esto, David Attenborough reitera y amplía estas peculiaridades al decir: "El pájaro sastre de la India también utiliza seda de araña pero de otra forma: la usa para coser. Fabrica una copa con hojas vivas, bien con dos que estén juntas o bien enroscando una. Con un trozo de seda en el pico, hace un agujero en la hoja y pasa seda por él, haciendo un nudo en el extremo para evitar que pase todo el hilo; luego hace lo mismo en el otro lado para que las dos superficies foliares queden bien juntas. Llamar a esto coser quizás sea algo exagerado, porque con el mismo trozo de hilo no se da más que un punto."¹³⁴



Fig. 8.91. Concepto *Costura*. Los hilos con que está cosido el nido del pájaro sastre, son a veces filamentos de telaraña, sirviendo su pico como aguja. Ilustración: Turid Hölldobler-Forsyth



Fig. 8.92. Concepto *Costura*. El pájaro sastre en ocasiones emplea una sola hoja para hacer su nido, utilizando hojas vivas para crear un excelente camuflaje con lo que evita ser percibido por sus depredadores. Foto: Vijay Cavale.

¹³⁰ Morris, Desmond, *Ibidem*, pp. 212 y 213.

¹³¹ Katzman, Israel. *Cultura, Diseño y Arquitectura*. Tomo I, CONACULTA; México DF., 1999, p. 85.

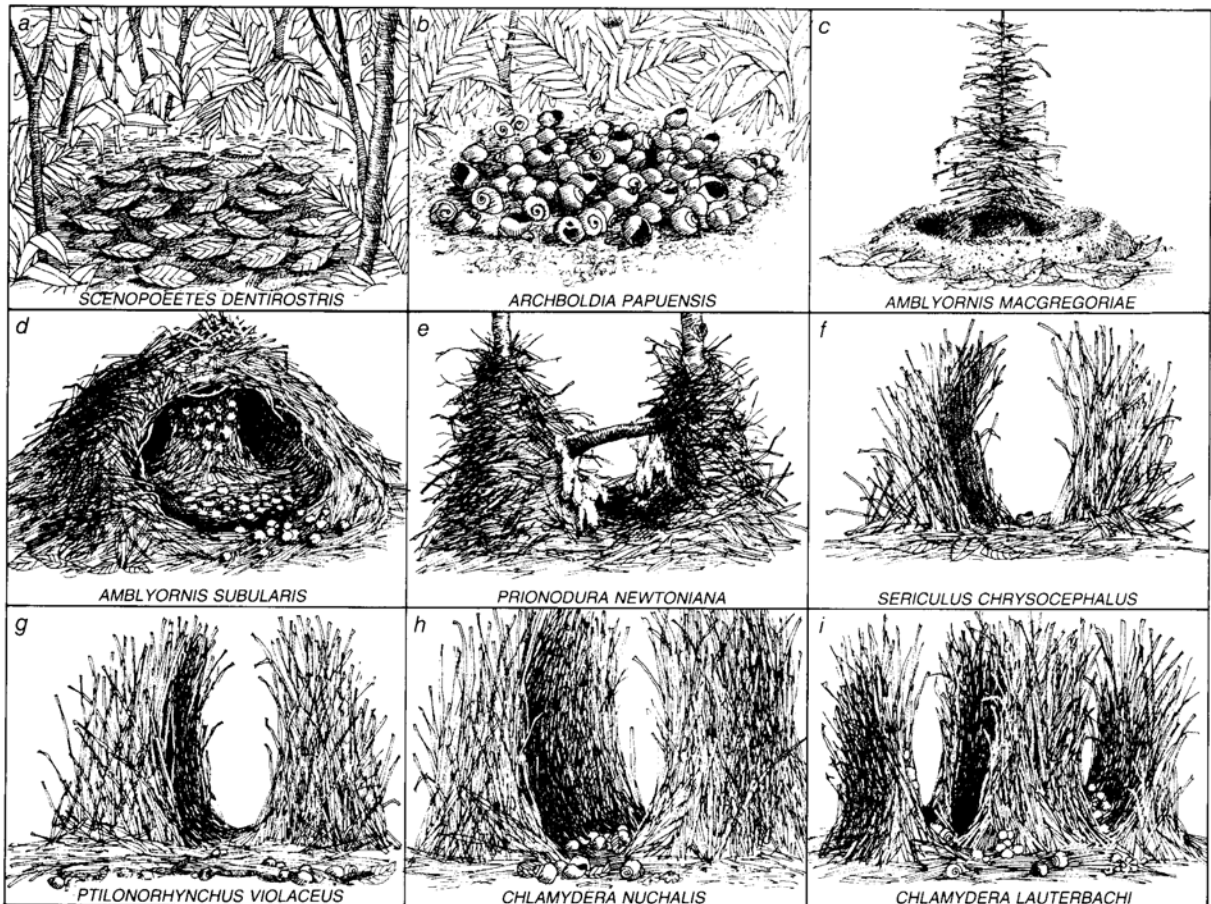
¹³² *Secretos del Mundo Animal*, Ed. Reader's Digest, Milan, 1996, p. 111.

¹³³ Ria Tan, "Tailorbirds", 2001, en: www.naturia.per.sg/buloh/birds/Orthotomus.htm

¹³⁴ Attenborough, David. *Ibidem*, p. 144.

8.8.7.3. Pájaro glorieta (*Ptilonorhynchus violaceus*) / Glorieta

Los pájaros glorieta, jardineros o pergoleros, son los nombres genéricos con que se les conoce a varios tipos de aves de Australia. De las 18 especies existentes, 14 de ellas sobresalen en la elaboración de singulares espacios construidos expresamente para cuestiones de seducción, de ahí que sean considerados probablemente, una de las más sorprendentes especies de aves que existan, al empezar los científicos a develar algunos de los enigmas que sustentan el desarrollo evolutivo de su comportamiento constructivo.



Desde las sencillas plataformas de hojas que el *Scenopoëetes dentiostri* construye en ciertos espacios abiertos seleccionados para interpretar sus cantos y giros, o la exhibición de la colección de caracoles blancos que colecciona el *Archboldia papuensis*, los cuales son dos de las más sencillas escenografías elaboradas, hasta las que son realizadas por el *Amblyornis macgregoriae* o por el *Amblyornis subularis*, consideradas verdaderas glorietas escultóricas por el grado de complejidad en su construcción, las cuales, como es el caso de la segunda especie (*A. subularis*), exhiben una maciza estructura a modo de cabaña de alrededor de un metro y medio de altura, fueron en un principio consideradas obras de un grupo autóctono humano, siendo sólo algunas de las más originales arenas de seducción del reino animal. Hay sin embargo, otras que han atraído más la atención de los científicos por su aspecto poco

Fig. 8 93. Las variadas construcciones de los pájaros glorieta, demuestran la gran versatilidad con que distintas especies similares, pueden resolver un mismo problema: Seducir para procrear. Ilustración: Barbara L. Gibson.

común, y que son los quioscos avenida de las especies *Sericulus chrysocephalus*, *Ptilonorhynchus violaceus*, o incluso del *Chlamydera nuchalis*, los cuales se parecen mucho, pero que presentan particularidades muy propias en cada una de estas especies. (fig. 8.93).

Si bien es cierto que no todas estas especies construyen de la misma manera, es probable que la gran mayoría de ellas presenten básicamente ciertas similitudes, como son las de limpiar el área donde se realizaría la edificación, la recolección de material natural (ya sean hoja, palitos, líquenes, helechos, bayas, caracoles, flores, etc.), junto con otros materiales con los cuales se generaría la estructura principal, así como una frecuente atención para observar los detalles que influyen a la hora de la selección con el fin de persuadir. Este hecho, que en un principio pudiera no creerse como importante, es la función básica de estas elaboradas construcciones. Son en pocas palabras los nidos de amor donde pretenden seducir a la pareja para el apareamiento, aunque no teniendo la intención de empollar en ellos, sino ser solamente el espacio de encuentro de estas aves.

Es de destacar la idea que Dominique Lestel refiere en su investigación¹³⁵, sobre las peculiaridades de estas aves, cuando dice que "estos nidos son particularmente interesantes porque son los únicos casos conocidos que en su construcción incorporan objetos que valen únicamente por su valor estético, esto es, que nos parecen bellos y que difícilmente podrían atribuírseles otra función." Si bien como llegan también a emplear material artificial producido por el ser humano (como papel aluminio brillante, anillas de lata de cerveza y fragmentos de parabrisas rotos), las pérgolas que construyen con forma de U de unos 35 cm de altura, son con frecuencia generadas de manera más imaginativa al exhibir piezas particularmente seductoras como pudieran ser ciertos cacharros, cachivaches y objetos de basura que han encontrado en algún basurero cercano o incluso dentro de alguna propiedad humana, tales como viejos casquillos de bala, vidrios rotos de distintos colores, como rojos, azules y morados de tonalidades intensas, aunado a ciertas piezas de cubiertos de plata que han añadido a su obra como parte de una organización global (fig. 8.94).

Las investigaciones realizadas por el ornitólogo Gerard Borgia¹³⁶ investigador desde hace más de 20 años en este tipo de aves, mencionan que incluso los hábitos de hurto por parte de *Chlamydera nuchalis* rayan en lo inaudito. Si llegan a vivir cerca de asentamientos humanos, los decorados de sus glorietas incluyen monedas, bisutería, papel, cucharitas, clavos, tornillos, trozos de vidrio, tapones de plástico, dedales, y otros objetos similares, los cuales pudieran combinar con los colores de sus plumas o del material natural que hubieran empleado, con el fin de enfatizar la ornamentación de su glorietta (fig. 8.95). Esto hace pensar que estas aves, a través de la presen-



Fig. 8.94. En la glorietta del *Ptilonorhynchus violaceus*, se pueden encontrar, tanto objetos naturales como artificiales con los que ornamentan y complementan su construcción.
Foto: Jean Paul Ferraro / Ardea London.



Fig. 8.95. El Pájaro *Chlamydera nuchalis* coloca objetos como flores, caracoles, huesos, palitos, etc., para ornamentar su glorietta.
Foto: Hans y Judy Beste.

¹³⁵ Lestel, Dominique. *Les origines animales de la culture. Op. Cit.*, p. 71.

¹³⁶ Borgia, Gerard. "Selección sexual en los pájaros jardineros", en *Investigación y Ciencia / Scientific American*, # 119. Barcelona, Agosto 1986, pp. 60-69.

tación de pequeños objetos de un vivo color azul (como sería en el caso del *Ptilonorhynchus violaceus*), tienen la intención de exhibir señales muy claras e inequívocas de la especie de ave que es (fig. 8.96). De igual modo, es común incluso comprobar que los machos roban los decorados y destruyen las glorietas de sus compañeros, con el fin de ornamentar mejor los suyos. Varios autores consideran que en estas especies, se encuentran indicios de apreciaciones estéticas para valorar objetos que no tendrían otra función más allá que la de alagar a la espectadora, encausándola a estar en un estado de excitación emotiva. Esto puede ser reconocido al darnos cuenta de la importancia de la iluminación ambiental sobre estos habitáculos, cuando Morell¹³⁷ cita que las aves han dispuesto sus tesoros teniendo en cuenta la luz pues, ¿qué aspecto tendrá esa pila de pequeños pedazos de material resplandeciente bajo el sol matinal?, donde al reflejarse los rayos de luz sobre la superficie de los pequeños vidrios de un centímetro de diámetro, relucen como diamantes. Asimismo la simetría evidente en la gran mayoría de este tipo de construcciones, manifiestan de manera enfática tal atributo a través del empleo de objetos añadidos, por ejemplo, argollas plateadas situadas a distancias iguales, que permite pensar que están dispuestas de una manera que iría más allá del azar.

Por su parte, Kart von Frisch en su estupenda investigación sobre la arquitectura animal¹³⁸ menciona que el *Ptilonorhynchus violaceus* macho, es un ave con un tamaño similar al de una paloma, y selecciona para la edificación de esta estructura, un área en el suelo del bosque que no esté muy sombrío. Después de limpiar todos los escombros de ese lugar, deja un espacio libre aproximadamente de un metro cuadrado. En seguida forma una especie de camino colocando muchas ramitas rectas sobre el suelo, para generar dos superficies paralelas que conforman posteriormente las paredes de entre veinte o treinta centímetros de largo. Es común encontrar este tipo de construcciones orientadas hacia el sureste, que es la dirección por donde entra la mayor cantidad de la luz solar en el día. Posteriormente coloca una alfombra de ramitas delgadas y pasto por donde al final entrará la hembra a verificar la calidad de esta construcción. Si bien descrito anteriormente en el capítulo VI de nuestra investigación, lo que más nos llama la atención en la conducta del *Ptilonorhynchus violaceus*, es que después de haber elaborado su glorieta, recubre parte de sus paredes con residuos de cierta pintura especial para transmitir a través de ella su perfume natural o feromonas y terminar de convencer a la hembra de que su obra o más bien él como individuo, es la mejor opción para la reproducción. Bajo este esquema, es muy probable que la evolución haya desviado la función de la exhibición de las plumas de ciertas especies de estas aves, hacia el comportamiento expositivo de sus glorietas, pues se han podido encontrar especies que al tener un llamativo colorido en sus plumas, no realizan edificaciones tan



Fig. 8.96. El tilonorinco violáceo elabora con mucha dedicación su quiosco de seducción. Con el fin de atraer a la hembra, en lugar de la belleza colorida de sus plumas, sobresale la calidad de su construcción.
Foto: Hans y Judy Beste / Animals Animals.



Fig. 8.97. El *Sericulus chrysocephalus* se caracteriza por exhibir plumas de gran colorido, aunque sus construcciones sean elaboradas de manera más discretas.
Foto: Hans y Judy Beste.

¹³⁷ Morell, Virginia. "Atracción Animal", en *Nacional Geographic magazine*. Vol. 13. Núm. 1. Julio 2003, España, pp. 34-35.

¹³⁸ von Frisch, Karl. *Animal Architecture*. Op. Cit., 306 pp.

espectaculares para atraer a la hembra en la temporada de celo. Ejemplo de esta idea es el macho de la especie *Sericulus chrysocephalus*, quien Gerard Borgia¹³⁹ ha observado que al poseer colores muy llamativos en su cuerpo, hace sus glorietas de manera similar al *Ptilonorhynchus violaceus*, aunque las del primero, sean elaboradas de manera más discretas (fig. 8.97), aún cuando el *P. violaceus* presenta un colorido azul oscuro más intenso y brillante. Por su parte, las hembras presentan un plumaje muy discreto y sencillo, cualidad indispensable para mimetizarse en su entorno. Es común que las hembras examinen las glorietas así como las exhibiciones de danza y cantos de varios machos, antes de elegir acoplarse con uno o dos machos en sus glorietas. Los machos recogen los objetos de decoración para sus glorietas, encontrándolos en el bosque o incluso robándolos de las glorietas de los otros machos. Un hecho es cierto, y es que pasan mucho tiempo arreglando su habitáculo para seducir a la hembra, pues con las continuas lluvias, éstos se destruyen con frecuencia.

Darwin concibió la idea de la selección sexual, como el proceso por el cual se podría comprender la esencia de la reproducción animal, teniendo en esencia dos etapas que la conforman: La participación en competencia entre los machos y la elección femenina del mejor candidato. Mientras que la primera ha sido aceptada evidentemente desde un principio, la segunda sigue siendo causa todavía de controversias entre los científicos, por implicar la capacidad de decisión por parte de las hembras en cuanto a ciertos criterios que se consideran reservados para los seres humanos, como resultado de una reflexión y discriminación que conlleva a un juicio. Borgia¹⁴⁰ menciona que de acuerdo a una hipótesis denominada modelo de los genes buenos, las hembras elegirían las construcciones que estén más presentables por demostrarles que el constructor habrá puesto en ella un mayor esmero y experiencia en su elaboración, reflejo de una mayor edad que permite garantizar la transmisión de sus genes a la siguiente generación en crías más fuertes y mejor preparadas ante ese ambiente.

Morell¹⁴¹ no duda en afirmar que en la temporada de celo, "las hembras jóvenes hacen múltiples visitas a varias pérgolas para estudiarlas y estudiar a los machos y aprender a *elegir*", donde los machos sin saberlo están compitiendo en el concurso más importante de la vida: el éxito reproductor, y para que ello resulte exitoso se requiere madurez, conocimiento (obtenido con la experiencia) e ímpetu, pues tal parece que directa o indirectamente, son estos atributos algunos de los que influyen en toda hembra para aceptar a alguna pareja (fig. 8.98). Sin embargo al igual que sucede en el diseño, también en ocasiones en este ámbito se dan algunos casos de piratería. No sólo en la obtención de algunos elementos como pequeños palillos u objetos decorativos complementarios que se emplean para ornamentar la glorieta, que pertenecieran algunos originalmente a los seres humanos, o incluso a las glorietas de otros



Fig. 8.98. Pájaro glorieta hembra inspeccionando una glorieta. Sin saberlo el macho, éste está compitiendo en el concurso más importante de la vida: el éxito reproductor; y para que resulte exitoso se requiere madurez, conocimiento, experiencia e ímpetu.

Foto: Ferry Ellis / Nature Photography

¹³⁹ Borgia, *Op. Cit.*, p. 67.

¹⁴⁰ Borgia, *Ibidem*, pp. 62 y ss.

¹⁴¹ Morell, V. *Ibidem*, p. 54.

machos, sino en ocasiones la pérgola completa. Tal ejemplo fue constatado por Borgia¹⁴², quien describe que en cierta ocasión un tilonorrinco ocupó una pérgola que por el tiempo de antigüedad que tenía, ya estaba muy destruida, pero aún exhibía muchos huesos o caracolas. Sin embargo, “¡El nuevo ocupante ni siquiera hacía el esfuerzo de trasladarlos a su pérgola!”. A su juicio, esta ave no tendría ninguna solicitud reproductiva ese año. Un macho puede construir una glorieta de paja en pocos días, pero se ha comprobado que tardará más en conseguir los elementos ornamentales y organizarlos en ese habitáculo. Algunas veces hasta años para que estén dispuestos en el lugar apropiado. Este investigador¹⁴³ refiere que, es innegable que cada uno de los adornos presentados y dispuestos en ese espacio, estén organizados en función a las preferencias de la hembra. Tal parece que, si hablásemos de la expresión de la “estética” entre estas aves, ésta estaría sustentada en un conjunto de información que conformaría una especie de cultura fundamentada en las apreciaciones significativas que refieran las aptitudes reproductivas del macho. De ahí el fuerte interés de éstos a través de los años, para disponer cada elemento en un lugar especial que a su parecer permitirá alcanzar con mayor seguridad el éxito buscado mediante la seducción.

¹⁴² Morell, V. *Ibidem*, p. 36.

¹⁴³ Morell, V. *Ibidem*, p. 50.

8.8.8. Palaeocastor (*Palaeocastor*) / Rampa en espiral

El *palaeocastor* (o castor antiguo) vivió al principio del Mioceno, hace aproximadamente 15 millones de años, no construyendo diques o presas en los bordes de los ríos como sería lo habitual en los castores actuales (*Castor fiber*), sino madrigueras especiales bajo tierra que resaltan por su singularidad. Desde que encontraron a estos nidos fosilizados, los científicos los han llamado *Daemonelix* (Sacacorchos o élices del diablo). Actualmente los científicos están interesados en conservar estos vestigios como prueba ineludible de la existencia de esta especie de animal. La primera vez que se encontraron con ellos, pensaron que se trataba de residuos de raíces de alguna planta desconocida, debido a los hoyos que se encontraban a sus lados. Sin embargo, hasta que encontraron esqueletos de esta especie en el fondo de la espiral, nadie pudo dudar de que se trataba de una madriguera.

El *palaeocastor* tenía preferencia por vivir en la tierra más que en el agua, y tenía un cuerpo relativamente pequeño, como si fuera un perrillo de las praderas (*Cynomys ludovicianus*), pudiendo ser similares a las construcciones que realiza esta especie, sin embargo no lo son en realidad pues las de este antiguo castor son un poco más grandes así como absolutamente extrañas si las comparamos con las madrigueras comunes que existen en la actualidad.¹⁴⁴ Es probable que al carecer de otras defensas, estos roedores hayan tenido que vivir en colonias, en el subsuelo de tierras húmedas de los llanos altos de América del Norte. De acuerdo a las investigaciones realizadas por el Northern Prairie Wildlife Research Center¹⁴⁵, medía cerca de 12 cm de altura por 30 cm de longitud aproximadamente (fig. 8.99). Poseía una poderosa quijada que le permitió alimentarse de hierbas y diversas plantas, un cuerpo fuerte y alargado, así como una cola que era parecida a la de una rata almizclera. Si bien se sabe que existieron otras tres especies de castores que vivieron en ese mismo tiempo, no se tiene idea de cómo eran sus respectivas madrigueras, pues no se han podido encontrar sus huesos en su interior.

Los primeros indicios de los fósiles *Daemonelix* fueron observados en 1891 por E.H. Barbour cerca de Harrison, Nebraska (fig. 8.100). Desde ese entonces se han generado una gran cantidad de interpretaciones sobre su posible origen y naturaleza, ya fuera sobre el tipo de animal responsable de tal

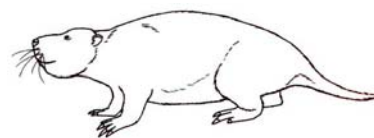


Fig. 8.99. El *palaeocastor* escarbaba su madriguera con sus dientes incisivos y sus patas

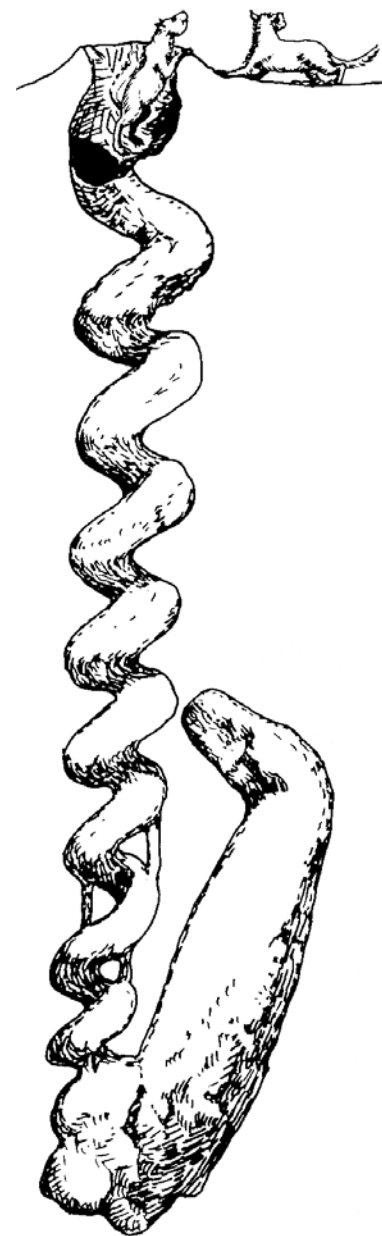


Fig. 8.100. Madriguera de *palaeocastor*. El espacio final ascendente sería propiamente su guarida. Se piensa que los pequeños conductos verticales que unen los giros de distinto nivel, pudieron haber sido hechos por un escarabajo. Ilustración: Según Barbour, (1897).

¹⁴⁴ Debemos decir que existen otras madrigueras similares a éstas, realizadas por un lado por la araña de nido en espiral *Achaeearanea globispira*, así como también por indicios de fósiles marinos, llamados *Gyrolithos*, *Graphoglyptidos*, *Spiroraphe*, y *Paleodictyon*, quienes han dejado propuestas altamente complejas en su conformación. Sobre este último punto, sugerimos consultar a Hansell, Michael. *Animal Architecture and building behaviour*. Longman, London, 1984, p. 175; así como también las interpretaciones sobre el desarrollo de su diseño en Seilacher, Adolf. "Evolution of behavior as expressed in marine trace fossils", pp. 62- 87, en Nitecki, Matthew H. y Jennifer A. Kitchell. *Evolution of animal behavior. Paleontological and field approaches*. Oxford University Press. New York, 1986, 184 pp.

¹⁴⁵ USGS / Northern Prairie Wildlife Research Center en: <http://www.npwrc.usgs.gov/resource/habitat/agate/evol.htm>

hecho, así como la orientación de la espiral en que fue excavada la madriguera, ya fuera en sentido *dextrorsum* como *sinixtrorsum*¹⁴⁶. Investigaciones realizadas sobre este tema, mencionan que estas madrigueras fueron excavadas en tierras bien drenadas a una profundidad promedio de 2 m y una anchura del conducto de 11.7 cm de diámetro con una abertura de 14.2 cm aproximadamente¹⁴⁷. El pasadizo que presenta generalmente una forma de sacacorchos gigante, llega hasta abajo conectando la entrada con un amplio espacio donde se ubica la guarida. Este espacio termina en forma ascendente para evitar que dicho espacio se inundara con el agua de las lluvias, por ser aparentemente el lugar de descanso de estos animales (fig. 8.101)

De acuerdo con Martin y Bennet¹⁴⁸, el *palaeocastor* excavaba su madriguera ayudándose de los dientes incisivos así como de sus patas, aunadas a una compleja musculatura. Desde su base, uno o dos brazos podrían conducir hacia arriba y afuera indirectamente en un sin fin. Los ejes atornillados tenían quizás, ventajas estructurales o eran más convenientes para entrar o salir de esta manera que hacerlo en forma perpendicular. Los pasos ocultos ascendentes que se presentan en ocasiones de manera oblicua desde las bases de algunas madrigueras, pudieron haber funcionado para llenarse de aire con el fin de evitar que se inundara toda la madriguera. Si bien tal explicación pudiera ser la más plausible para comprender la conducta de este animal, queda todavía por investigar cómo realmente se conducía esta especie, así como también cómo tomaban el aire hasta el fondo de la madriguera.

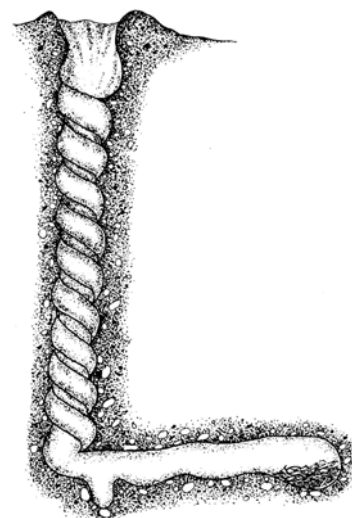


Fig. 8.101. Madriguera de *palaeocastor*. Hace 15 millones de años, este castor ya extinguido de Nebraska, excavaba el conducto a su madriguera en forma de espiral, terminando en un espacio alargado con una leve inclinación para evitar inundarlo con el agua de las lluvias.
Ilustración: R.J.G. Savage and M.R.Long, Mammal evolution, British Museum, London, 1986.

¹⁴⁶ Boucot, A.J. *Evolutionary paleobiology or behavior and coevolution*. Elsevier. Amsterdam, 1990. p. 342.

¹⁴⁷ Geoscience: <http://www.csc.edu/geoscience/abstracts.htm>

¹⁴⁸ Citado por Gobetz, K. E. and L. D. Martin, en "A new class of daimonelix burrows from the early Miocene of Nebraska". Abstracts of papers presented at the Fourth Annual Paleontology Symposium: at the 135th Annual Meeting of the The Kansas Academy of Science Pittsburg State University, Pittsburg, Kansas. April 12, 2003, en: <http://www.oceansofkansas.com/KAS2003.html>

8.8.9. Chimpancé (*Pan troglodytes*) y gorila (*Gorilla gorilla*) / Acolchonar

La facultad de construir nidos por parte de los chimpancés ha sido investigada desde hace tiempo. Este comportamiento en principio de carácter tanto genético como cultural, es adquirido como conocimiento por las crías a partir de los primeros meses en que poco a poco pueden desenvolverse con libertad. Los jóvenes simios, en opinión de Alison Jolly¹⁴⁹, son instruidos por sus madres de manera indirecta al estar conviviendo con ellas durante la primera etapa de su vida. Sin embargo, este comportamiento pudiera parecer innato si consideráramos también las conclusiones experimentales de Bernstein¹⁵⁰, quien en 1962 dio materiales para la elaboración de nidos tanto a chimpancés nacidos en cautiverio como también en estado salvaje, obteniendo resultados satisfactorios sin tutoría en el trabajo de los que nacieron en libertad, mientras que los que nacieron en cautiverio, su trabajo fue regular. No obstante, Jordi Sabater Pi¹⁵¹, sugiere que varios componentes de la misma actividad, como por ejemplo "el sentarse sobre montones de hojas, o ramas y el interés en ordenar, acercar y sujetar todo material alrededor del cuerpo estando, generalmente sentados, serían comportamientos innatos en estas especies", pero que el aprendizaje es, sin lugar a dudas, un elemento importante de la conducta para nidificar (fig. 8.102)

Es innegable que las sabias palabras que Darwin¹⁵² hiciera en su investigación sobre el origen del hombre, vayan poco a poco confirmándose, al citar que la conducta de estos compañeros evolutivos presentan similares desenvolvimientos a los nuestros: "Guiados probablemente los monos antropomorfos por su instinto, [estos] construyen para su estancia plataformas temporales; más como muchos instintos están regulados en el hombre por la razón, los más simples, como éste de construir un terraplén, pudieran muy bien convertirse en actos voluntarios y conscientes. Todo el mundo sabe que el orangután [se] cubre por la noche con las hojas del pandano [...]. En todas estas costumbres de los animales existe probablemente los primeros pasos hacia alguna de las artes más simples; como son los albores de la arquitectura y del vestido, tales como pudieron practicarse entre los primeros progenitores del hombre." (fig. 8.103).

Varios investigadores (Sabater Pi, Goodall, Berstein, etc.), mencionan que es en el tiempo en que la cría convive con su madre, cuando éste aprende la técnica para realizar tales construcciones. De ahí que, al igual que en otras actividades relacionadas con los aspectos culturales y constructivos de esta especie, es la madre la que pudiera ser denominada a nuestro



Fig. 8.102. Chimpancé joven practicando la construcción de su nido.
Foto: Dieter & Mary Plage



Fig. 8.103. Chimpancé descansando en su nido por la mañana en Gombe.
Foto: H. Van Lawick.

¹⁴⁹ Jolly, Allison. *The evolution of primate behavior*. Rockefeller University. Macmillan Publishing Co. New York, 1985, pp. 358-359.

¹⁵⁰ Bernstein, I.S. "Response to nesting materials of wild-born and captive chimpanzee". *Animal Behavior*. # 10, pp. 1-6. 1962.

¹⁵¹ Sabater Pi, Jordi. *Etología de la vivienda humana. De los nidos de gorilas y chimpancés a la vivienda humana*. Ed. Labor. Barcelona, 1985, p. 22.

¹⁵² Darwin, Charles. *El origen del hombre. Op. Cit.*, pp. 87-88.

parecer como la primera “maestra” que enseñaría a sus hijos estudiantes, los principios elementales del diseño animal (o por lo menos de esta especie). En el caso particular de los póngidos, este tipo de nidos son principalmente para dormir y para parir a sus crías. Durante los 5 o 6 años en que el hijo duerme conjuntamente con ella, abandonan el nido de cada noche teniendo la cría la oportunidad de observarla unas 2000 veces cómo hacer un nido, hasta que las crías empiezan a fabricarlos individualmente.¹⁵³ Dentro de una vida que pudiera extenderse alrededor de treinta y cinco años en los bonobos, estas especies (tanto machos como hembras, podrían construir cerca de diecinueve mil nidos en su vida. Tal conducta, en opinión de Sabater Pi, constituye una combinación de aprendizajes donde se mezclan la “imitación”, la “impronta”, e incluso el “ensayo y error” para que poco a poco cada individuo vaya adquiriendo y reafirmando tal capacidad.

Mientras que los nidos diurnos para la siesta de los chimpancés, en especial los de los Bonobús (*Pan paniscus*) son generalmente sencillos por requerir una durabilidad de algunas pocas horas, los nidos nocturnos, implican un mayor compromiso en su elaboración, pues en ellos pasarán entre unas 8 y 12 horas descansando, aunado a los imprevistos que pudieran presentarse por la noche (inclemencias del clima, la visita de algún depredador, condiciones no previstas como alguna enfermedad, etc.).

El general, el diseño de la nidificación de los gorilas y chimpancés es diferente. Lestel¹⁵⁴ menciona que la técnica con que los chimpancés ejecutan la elaboración de sus nidos, están de tal manera hechas que una vez que han sido ya dobladas no pueden volver a regresar a su posición original, contribuyendo tal hecho al confort durante la noche. Por los mismos atributos de su cuerpo pesado, los gorilas machos tienden a construirlo principalmente en el suelo, mientras que algunos jóvenes, hembras con críos, y los chimpancés lo hacen en las copas de los árboles. Tanto los gorilas como los chimpancés los elaboran a partir de un diseño formal que pudiera ser interpretado como simple, sin embargo desde la opinión de varios investigadores, y suponemos que desde el punto de vista de estos póngidos, su elaboración implica una capacidad que va más allá de la superficialidad, pues en ella deben prevalecer principalmente varios factores del que depende directa o indirectamente su bienestar, como son su seguridad para evitar a los depredadores, su comodidad para mantenerse descansando cómodamente sobre una superficie, su relativa facilidad en la construcción de ese soporte en cuanto a la técnica que produce un grado de muelleo, la obtención de los materiales al encontrarse por lo general todos cerca, las condiciones parti-



Fig. 8.104. Este inusual nido de chimpancé construido a pocos metros del suelo, fue encontrado en Assirik, Senegal.
Foto: McGrew.

¹⁵³ Sabater Pi, Jordi, “Las Camas de los Póngidos”, Manuscrito, Conferencia al Colegio de Médicos, [Lugar ?] 23 de Octubre de 1982, 12 pp., así como en Sabater Pi, Jordi, *Etología de la vivienda humana / De los nidos de los gorilas y chimpancés a la vivienda humana*, Op. Cit., 126 pp.

¹⁵⁴ Lestel, Dominique. *Les origines animales de la culture*. Op. Cit., p. 70.

culares del nido para cada usuario¹⁵⁵ al ser por lo general individuales¹⁵⁶; así como también en relación a las condiciones climatológicas. Los nidos se caracterizan por estar anudados e insertados por diversas ramas y hojas a una estructura que poco a poco iría tomando forma. Estos son elaborados principalmente con componentes de un sólo tipo de árbol, pero entre los chimpancés pigmeos o bonobos, sus nidos son con frecuencia hechos con materiales de dos o a veces hasta más especies de árboles.

Al igual que se alcanzan a apreciar en las estructuras de los nidos de copa de ciertas especies de aves, los nidos de los chimpancés presentan también tres elementos que los constituyen: A) Un sólido marco o base estructural, formada por las ramas y troncos más gruesos del árbol donde se haya elegido su ubicación. B) Un colchón central, que está determinado por las ramas adjuntas y cercanas que permiten anudar o enlazar las ramas más flexibles que se ubiquen cerca de ese espacio. C) Y un forro o revestimiento hecho de hojas y pequeñas ramitas añadidas, que conforman la parte suave donde reposaría el individuo, midiendo éstos desde 0.20 a 0.55 m de diámetro en su parte más amplia, ubicándose a una altura que va desde 4.0 a 20.0 m dependiendo del tipo de árbol y de la zona selvática.¹⁵⁷ Sin embargo en muy extrañas ocasiones pudieran encontrarse nidos a una altura menor, exponiéndose el usuario como es natural, al ataque de algún depredador¹⁵⁸ (fig. 8.104). Es evidente por tanto, que el tamaño será determinado por el tamaño del usuario, así como por el grado de experiencia que pudiera presentar el constructor, orientados por lo general, hacia un supuesto aprovechamiento de las condiciones térmicas, dependiendo de la temporada en que se encuentren tanto los chimpancés como los gorilas.

De igual modo, ciertas peculiaridades sobresalen al comparar la construcción de los nidos de los gorilas y de los chimpancés, al vincularse claramente con algunos criterios elementales de diseño que son mencionadas por el Dr. Sabater Pi¹⁵⁹, destacando: A) El tamaño: Los nidos o camas concebidos como plataformas funcionales son adaptados a una necesidad natural

¹⁵⁵ Donde pudiéramos encontrar también algunos indicios del origen de la ergonomía del diseño.

¹⁵⁶ Sean de carácter individual o compartido. Sabater Pi cita que Kuroda habla sobre el caso de la especie de chimpancé pigmeo (*Pan paniscus*), donde la cama es compartida en ocasiones por el macho y la hembra, conducta nunca observada en el chimpancé común (*Pan troglodytes*). Empero no se hacen referencias a las características formales. Kuroda, S. "Social Behaviour of the Pygmy chimpanzee", *Primates* [Japón], 21 (1980), 181, 197; en Sabater, *Etología de la vivienda humana / De los nidos de los gorilas y chimpancés a la vivienda humana*, p. 60.

¹⁵⁷ Fruth, Barbara and Gottfried Omán. "Comparative analyzes of nest building behavior in Bonobus and Chimpanzees", pp. 109-128. En Wranghan, Richard W., W.C. McGrew, Frans B.M. de Waal, y Paul G. Heltne. *Chimpanzee culture*. Harvard University press. Chicago, 1994. 424 pp.

¹⁵⁸ McGrew, W.C. *Chimpanzee material culture. Implications for human evolution*. Cambridge University Press. Cambridge, G.B. 1992, p. 142.

¹⁵⁹ Sabater Pi. *Etología de la vivienda humana / De los nidos de los gorilas y chimpancés a la vivienda humana. Op. Cit.*, pp. 65-67



Fig. 8.105. Gorila macho en su nido en el suelo, durmiendo cerca de un compañero. Debido al peso de esta especie, sus nidos son construidos generalmente en la superficie.

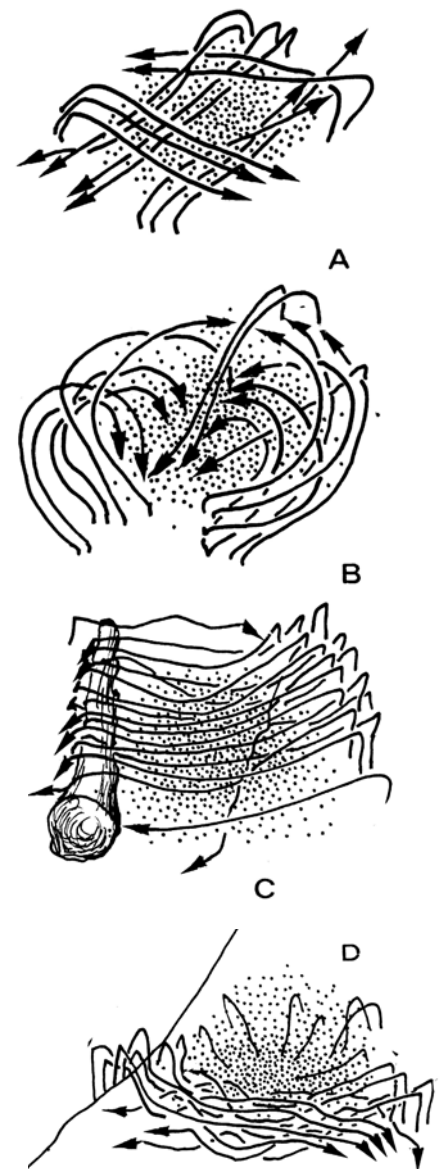
Foto: R. I. M. Campbell.



Fig. 8.106. Gorila en su nido sobre un árbol. Estos nidos son construidos diariamente por las gorilas hembras así como por los jóvenes, siendo abandonados después de usarse. Se construyen doblando ramas y troncos delgados de los árboles elegidos, llenándolos después con hojas para acolchonar su superficie. Foto: Jordi Sabater Pi.

de las dos especies, llegando a amoldarse a sus cuerpos con cierto grado de comodidad. Los nidos de los gorilas adultos, son más grandes que los nidos de los chimpancés mayores, por tener como es obvio suponer, distinta envergadura, peso y dimorfismo sexual, aún cuando son especies morfológicamente muy afines. En general, el nido de un gran gorila macho medirá de diámetro entre 1.30 m y 1.35 m, mientras que los nidos de los chimpancés medirán entre 0.62 m y 0.80 m, siendo ambos con forma ovalada (fig. 8.105). B) La estructura y la técnica: Si bien al confrontar los nidos de los chimpancés con los de los gorilas, las dos especies construyen con cierto grado de semejanza en cuanto a su técnica y estructura, los primeros pudieran patentizar un mayor nivel de inteligencia al elaborar con mayor cuidado estas plataformas. Los chimpancés exhiben una capacidad instintiva muy desarrollada para doblar ramas cercanas al espacio elegido. Diversos aspectos inciden directamente en la obtención de resultados más satisfactorios, seguros y confortables, donde implican la selección de su ubicación, el nivel de complejidad con que lo hayan elaborado (sea mediante anudamiento y entrelazamiento de las diversas ramas en donde se ubicaría), así como el material empleado, entre otros. C) Materiales: Los materiales que emplea por lo general el gorila, se concentran principalmente en plantas del género *Aframomum*, así como de la especie *Sarcophrynium* que presentan largos tallos y con cierto grado de flexibilidad, así como hojas grandes con las que hace el follaje (fig. 8.106). Por su parte, los chimpancés presentan una mayor variedad en la selección de ramas y hojas de árboles empleados, debido probablemente, entre otros factores, a contar con una mayor plasticidad ecológica o enriquecimiento de variedades de árboles que se materializa en una mayor libertad en su comportamiento para escoger otras especies. D) Ubicación vertical: De igual modo, llama la atención las distintas alturas de ubicación donde ambas especies han llegado a construir sus nidos. Para ello, Menciona el Dr. Sabater Pi¹⁶⁰ que "Mientras que el gorila nidifica, básicamente, en el suelo, el chimpancé lo hace a alturas que oscilan entre 3 y 16 metros, con máximos de hasta 39 m."

Al continuar analizando las interesantes conclusiones del Dr. Sabater Pi, se ha encontrado que los aspectos estructurales y formales generados para el desarrollo de los habitáculos o nidos de los gorilas, constituyen prácticamente diferentes propuestas compositivas de solución para el descanso de esta especie, al investigar cerca de 450 camas-nido. En principio, cuando los gorilas jóvenes empiezan a separarse de la madre, elaboran una especie de nido ameba unida a la cama de su progenitora. Con el paso del tiempo, esta cama va separándose paulatinamente hasta que la cría obtiene su propia individualidad. Si bien como hemos dicho anteriormente, las camas de los grandes gorilas machos de espalda plateada pueden ir desde 1.30 m extendiéndose incluso hasta 1.50 m, los nidos de los gorilas machos jóvenes de espalda negra así como de las hembras adultas, rondan de 0.70 y 0.80 m de diámetro.



Figs. 8.107. Las diversas opciones de nidos de los gorilas, son compuestos al doblar y ensamblar mediante cruces, varias ramas cubriendo su superficie con hojas. Las líneas con flechas indican la dirección en que se dirige la rama para conformar la estructura soportante. Los puntos son las hojas que dan la mullidez al nido. A) Nido tejido en trama. B) Nido tejido hacia el centro. C) Nido tejido prensado. D) Nido tejido inclinado. Ilustración: Jordi Sabater Pi.

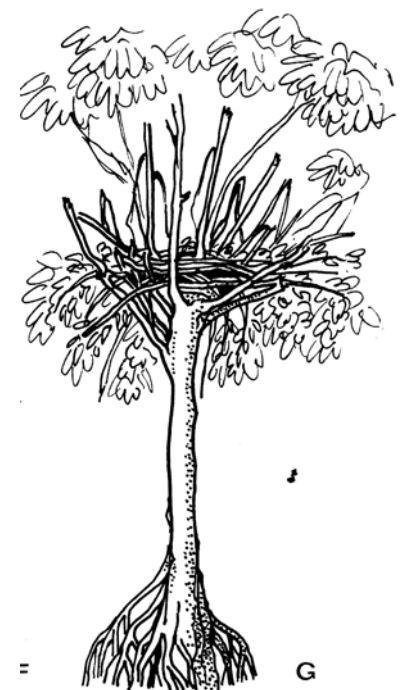
¹⁶⁰ Sabater Pi. *Op. Cit.*, p. 67.

Los nidos construidos por los gorilas, responden básicamente a cuatro modelos en función al entorno ecológico y de terreno. Para cuestiones de nuestro estudio, se ha denominado a estas propuestas conceptuales respectivamente como: A) Nido tejido en trama. B) Nido tejido hacia el centro. C) Nido tejido prensado, y D) Nido tejido inclinado. Los tres primeros modelos están formados principalmente en áreas planas cubiertas por lo general de distintos tipos de plantas del género *Aframomun*, sirviendo sus largos tallos como bases de la estructura, del tramado y el muelleo de la superficie generada. Asimismo, están cubiertos de muchas hojas que dan mullidez a la cama. El cuarto modelo está elaborado en superficies laterales que implican cierto grado de complejidad en su elaboración (figs. 8.107).



F

Ahora bien, ¿qué atributos elementales de diseño formal resaltan en principio en este tipo de habitáculos? El nido tejido en trama (A), se caracteriza por ser una estructura de base cuadrangular, al haber sido doblados los tallos sin arrancar, en cuatro direcciones en un sentido central. El nido tejido centrípeto (B), los tallos han sido doblados hacia el centro donde se encuentra sentado el usuario, otorgándole a los tallos una evidente curvatura. El nido tejido prensado (C), corresponde a una de las elaboraciones más originales de estos primates, pues al haber dirigido todas y cada una de las ramas hacia un sólo lugar, permite tal acción detener su retorno a su posición habitual, al ser detenido por un tronco o alguna raíz que sobresalga. El nido tejido inclinado (D), se diferencia de los demás por ser elaborado en una superficie con declive. Éste se hace mediante varios tallos doblado en la zona inferior más baja del nido, de tal manera que funcionan como una especie de retén que permite detener y soportar el cuerpo del animal para evitar deslizarse cuando esté dormido durante la noche.



=

G

Será importante igualmente hablar sobre los otros dos tipos de nidos mencionados por Sabater Pi, los cuales se manifiestan de manera común entre los gorilas, como son el nido tejido elevado, y el nido tejido sobre un árbol, aún cuando pudieran presentarse otras opciones entre estos primates (figs. 8.108). El nido tejido elevado (F) se presenta aparentemente como una excelente alternativa que otorga un confort más evidente en la frescura de la superficie de descanso, pues está elaborado a una altura promedio de 2 m del suelo a través del dobles de los tallos de las plantas *Harungana sp.*, y *Vernomia sp.*, entre otras, lo que hace que se evidencie el acolchonamiento en forma plena, así como la circulación del viento entre la base para otorgarle mayor frescor a su usuario. Esta propuesta es muy similar al nido tejido centrípeto (B), si bien presenta la diferencia de estar elevado. Finalmente el nido tejido sobre un árbol (G), es en general similar al que elaboran los chimpancés, salvo que estos nidos son construidos en las sólidas horquillas del árbol elegido, por ejemplo el *Musanga cecropioides*, ajustándolo con ramas auxiliares del mismo árbol u otros cercanos, así como con las hojas del mismo para aportarle la mullidez requerida a la superficie de descanso, donde independientemente del grado de sencillez que pudieran presentar, resalta con mayor facilidad, la variedad de opciones como muestra de

Figs. 8.108. Otras opciones de nidos de gorilas, son tanto en una superficie elevada (F), que proporcionan ventilación desde abajo, como en la construida en la horquilla de los árboles (G), que da mayor seguridad contra los depredadores.

Ilustración: Jordi Sabater Pi.

un enriquecimiento de aptitud para resolver un mismo problema vinculado con el bienestar de su vida.

8.9. Conclusiones sobre el diseño de habitáculos

Hemos visto que cada una de las propuestas de habitáculos generadas por los animales, han sido el resultado a claros problemas que han tenido que resolver de manera primordial, donde resalta un correcto enfrentamiento entre la verdadera necesidad, cierto grado de creatividad, así como la calidad de las mismas, todo ello conjuntado para protegerse de las condiciones de su entorno así como de sus depredadores. Aunado a ello, es importante destacar que los diversos ejemplos de nidos, madrigueras, guaridas, cuevas, refugios y escondrijos presentados en este campo del Biodiseño, tengan probablemente un fuerte origen de carácter genético aunado a los aspectos culturales que podrían encontrarse en algunas especies integrantes de una sociedad, principalmente entre algunos de los llamados animales superiores. Ante esto, bien pudiéramos formularnos las siguientes preguntas: ¿En qué medida influirán los aspectos genéticos en el ser humano para generar el diseño? ¿Somos los diseñadores realmente el resultado de nuestro propio esfuerzo y superación, o poseemos desde un principio los genes que nos encausan a dar las mejores soluciones después de haberse filtrado con nuestra formación cultural?

Mientras más vayamos profundizando en el estudio del medio ambiente, más nos impresionará ir confirmando la escasa aportación creativa del ser humano, comparada con la gestada por la Naturaleza, aunque por supuesto, todo visto desde un punto de vista proporcional. ¿Qué nos queda de todo esto? ¿qué opciones podrían entonces existir? Cuando tenemos en cuenta la gran variedad de respuestas que han aportado los animales, así como su importancia crítica para su futura existencia mediante este tipo de propuestas que entrarían propiamente en un ámbito de diseño, vemos que es posible considerar de manera cauta, la influencia de ciertas representaciones mentales relativas a dicha situación, y que son con frecuencia, abstraídas de ellos por personas que en su momento se han interesado (de manera humilde y respetuosa) a reconocer que no hay mayor lugar de aportación e influencia que la misma Naturaleza.

No obstante, ¿por qué después de conocer las obras de los animales podríamos considerarlas propiamente como obras de arte? ¿Porqué no hay obras mediocres entre ellas? Quizás porque ya es en sí una gran sorpresa para nosotros admirar que generen dichos trabajos, y como tales, no pueden entrar en una evaluación cualitativa, a excepción, claro está, de la misma que ellos hagan a su trabajo, sea para aceptarla o rechazarla. Finalmente lo que entraría en juego a partir de la calidad de ese habitáculo, no es sólo su misma vida, sino también (en algunos de ellos) la de sus vástagos. Sea como fuere, no olvidemos que si deseamos ser mejores en nuestra actividad profesional, no estaría mal considerar para aprender más, el pensamiento que cita: "Escucha a un hombre de experiencia: aprenderás más en los bosques que en los libros. Árboles y pie-

dras te enseñarán más de lo que puedas adquirir por boca de un maestro".¹⁶¹

Basándose en el interés por ser innovador, el ser humano ha pretendido con frecuencia alcanzar como meta, la innovación y lo insólito en su diseño, a través de la creatividad, (sacrificando a veces otros objetivos más importantes), olvidando que la creatividad es en sí, un medio y no un fin. Al no tener claro el límite de la creatividad humana en el desarrollo del diseño para su vivienda, la Naturaleza nos concede la oportunidad de conocerla si llegamos a expresar interés en ella, pero no nos regala la Sabiduría, ésta sólo se obtiene a partir de demostrar a la vida que somos dignos de ella. Por tanto, es muy probable que podamos aumentar la calidad de las propuestas de diseño que desarrolle el hombre, al comprender el orden que existe en su entorno, pues es evidente que algunas de las respuestas que existen, y que hemos expuesto a lo largo de esta investigación, estén centradas en estudiar con mayor ahínco a la Naturaleza, no sólo para comprenderla con mayor claridad o para ser mejores profesionistas, sino principalmente para ser mejores seres humanos, procurando evitar el autoengaño de "redescubrir o reinventar el hilo negro" en el diseño, pues quizás no podremos comprobar plenamente nuestro nivel de "originalidad", al quedar por descubrir muchos secretos guardados por la naturaleza (los cuales por supuesto, los reserva "escrupulosamente bajo llave" hasta que alguien la investigue con respeto), pero sí podremos comprobar con suma facilidad, que en el desarrollo del diseño, tanto en el generado por el ser humano así como por el animal, sigue siendo válida la expresión que cita: "Es mejor ser bueno, que ser original".

¹⁶¹ Cita atribuida a San Bernardo de Claraval (Clairvaux), Doctor francés de la Iglesia Cisterciense (1090-1153).

