

“Marco Polo describe un puente,
piedra por piedra.

-¿Pero cuál es la piedra que sostiene
el puente? -pregunta Kublai Kan.

-El puente no está sostenido por
esta o aquella piedra -responde
Marco-, sino por la línea del arco
que ellas forman.

Kublai permanece silencioso,
reflexionando. Después añade:

-¿Por qué me hablas de las piedras?
Es sólo el arco lo que me importa.

Polo responde:

-Sin piedras no hay arco.



Juhani Pallasmaa

FUNCIONALISME ECOLÒGIC DE L'ARQUITECTURA ANIMAL

MERAVELLES ARQUITECTÒNIQUES I EL FENOTIPUS AMPLIAT

El tema de l'arquitectura animal pot semblar una curiositat encisadora, que per altra banda no mereix un apropament i investigació seriosa. Però un estudi del comportament animal en l'habitatge revela estructures sorprenentment refinades i principis arquitectònics complexos. És evident que les estructures que diverses espècies d'animals construeixen per ells mateixos i per els seus descendents són tant essencials per la seva supervivència com l'arquitectura ho és per a la existència i cultura humana. Les estructures i la organització de la comunitat animal són com a mínim igual d'elaborades que les estructures de l'habitatge humà.

La noció recent de fenotipus ampliat uneix les espècies animals zoològiques, el seu patró de conducta, les seves estratègies de supervivència i construcció en un sol model de vida. Per tant, el castor d'embassament i el seu niu, per exemple, són parts inseparables del fenotipus ampliat del castor. De la mateixa forma que l'arquitectura i la tecnologia, així com la societat i les institucions culturals, són ingredients del fenotipus ampliat de l'home.

Les construccions animals tenen els mateixos propòsits fonamentals que les construccions humanes; alteren el món immediat per el benefici de les espècies augmentant l'ordre i la previsibilitat de l'habitat. " Build a Nest and Change the World" (Construeix un niu i canvia el món) és el títol apropiat d'una conferència del Dr. Michael Hansell, un dels millors experts del comportament animal en la construcció.

Les construccions animals són sorprenentment variades. Es practica un cert grau de comportament constructiu en gairebé tot el regne animal, i les habilitats constructives de les espècies estan escampades a través del filum des del protozous fins els primats. Es poden trobar mostres d'una habilitat especial arquitectònica en els ocells, insectes i aranyes.

És provocador pensar que les construccions dels animals superiors estan entre les menys enginyoses dins del regne animal. Per exemple, els simis només construeixen per atzar i busquen refugi temporalment per les nits, comparats amb la metròpoli de les termites formada per milions d'habitants i que pot ser utilitzada durant segles.

Els animals van ser constructors durant centenars de milers d'anys abans que el nostre concepte d'arquitectura evolucionés. Les aranyes i les seves habilitats per construir teranyines han evolucionat a través de centenars de milions d'anys; s'han trobat fòssils d'aranyes de fa gairebé 400 milions d'anys, i formigues estenent els seus ramats d'afíddids s'han preservat en ambre des de dates que van fins el període terciari fa 40 milions d'anys. Quan es comparen aquests períodes d'evolució amb els escassos pocs milions d'anys del desenvolupament humà des que l'Homo erectus es va aixecar utilitzant les dues cames, podem considerar que les habilitats de les construccions animals excedeixen les nostres en molts aspectes.

JUHANI PALLASMAA

es uno de los personajes más destacados en el panorama arquitectónico finlandés actual, comprometido tanto con la práctica arquitectónica, el diseño gráfico, y el urbanismo, cómo en la enseñanza, la escritura y el diseño de exposiciones.

Desde 1992 hasta 1997 el profesor Pallasmaa ejerció de decano en el departamento de arquitectura de la Universidad Tecnológica de Helsinki, y también de profesor de proyectos arquitectónicos. A lo largo de las dos últimas décadas, además de llevar su propio despacho, mantuvo el título de profesor nacional de artes de Finlandia, dio clases en la Yale University como profesor invitado, y fue director del museo de arquitectura finlandesa. En 1999 obtuvo el reconocimiento de la UIA de crítica arquitectónica.

Pallasmaa ha escrito numerosos libros y artículos y ha dado conferencias en varios países sobre filosofía cultural, psicología del medio ambiente y teoría de arquitectura. De entre sus libros destacan; "The Eyes of the Skin: Architecture and the Senses", " The architecture of Image: Existential Space in Cinema" y "Architecture in Miniature: Juhani Pallasmaa Finland"

Recientemente expuso en Barcelona una muestra sobre arquitectura animal, e impartió una conferencia en la ETSAB.

“Els animals fan els neus nius amb una empenta i habilitat tan eficient que és impossible fer-ho millor, sobrepasant completament tots els paletes, fusters i constructors; no hi ha cap home que fos capaç de fer una casa més ben adequada per a ell i els seus fills que la que els petits animals construeixen per ells. Això és tant cert, de fet, que tenim un proverbi que diu que l'home pot fer-ho tot a excepció d'un niu d'ocell”.

De fet, hi van haver animals arquitectes sobre la terra durant milions d'anys abans de que l'Homo sapiens ajuntés les seves primeres maldestres estructures, i per tant molt sovint les construccions animals sobrepassen l'arquitectura humana.

És ben significatiu que el filòsof francès Gaston Bachelard dedicà un capítol als de nius en el seu llibre seminal La poética del espacio. Bachelard fa referència al punt de vista d'Ambroise Paré:

"Els animals fan els neus nius amb una empenta i habilitat tan eficient que és impossible fer-ho millor, sobrepasant completament tots els paletes, fusters i constructors; no hi ha cap home que fos capaç de fer una casa més ben adequada per a ell i els seus fills que la que els petits animals construeixen per ells. Això és tant cert, de fet, que tenim un proverbi que diu que l'home pot fer-ho tot a excepció d'un niu d'ocell".

Els nostres conceptes convencionals de l'arquitectura es limiten a la construcció que ha tingut lloc més o menys durant cinc mil anys de cultura occidental avançada. En las passades dècades, tanmateix, els arquitectes han dirigit la seva atenció envers la saviesa i la bellesa de les tradicions constructives indatables de les moltes diferents comunitats indígenes més enllà de la cultura occidental.

Fa 2000 anys que les vespes van ensenyar als xinesos com fabricar paper i es creu que les cambres de ceràmica dels nius de les vespes han servit de model per les gerres de guix dels indis americans. Podríem potser avui en dia aprendre alguna cosa del funcionalisme ecològic de l'arquitectura animal?

SIGNIFICAT DE L'ARQUITECTURA

El grau de sofisticació de l'arquitectura en les construccions animals sembla tenir una relació gairebé inversa amb la mida de l'animal; és evident que un niu ofereix relativament menys protecció a un animal gran que a un de petit. La forma en que la descendència neix i és alimentada té un efecte en el relatiu avantatge ofert per un artefacte arquitectònic. Per altra banda, les propietats estructurals dels materials defineixen l'escala òptima d'un material en particular i del tipus de l'estructura sense tenir en compte al constructor. Els animals constructors estan també obligats a seguir les lleis de la física.

Les construccions incrementen l'esperança de vida dels animals i de la seva descendència i milloren les seves oportunitats de procrear. La importància de la construcció dels nius és evident, per exemple, en la quantitat d'ous que han de pondre diverses espècies de peixos i granotes a fi d'assegurar la procreació. Les carpes i el bacallà que ponen els ous dins l'aigua, necessiten produir

entre un milió i nou milions d'ous respectivament per assegurar la supervivència de l'espècie, mentre que al salmó només li fan falta quinze mil ous dipositats en un forat poc profund en la sorra del fons del riu.

Certes espècies d'esquals, peixos amb mandíbula que viuen en llacs tropicals, guarden els seus ous i les seves cries joves dins de les seves boques, que fan la funció de nius vius. El fet de criar les seves cries dins la boca redueix les pèrdues d'ous fins el punt que algunes d'aquestes espècies produeixen només de quatre a vuit ous.

La granota voladora de Java (Rhacophorus reinwardti), que construeix un magnífic niu d'escuma pneumàtica suspès d'una branca per damunt de l'aigua, pon de seixanta a noranta ous, mentre que la granota verda comestible (Rana esculenta) ha de pondre aproximadament deu mil ous, ja que no té cap més preocupació per la seva progènie més enllà de la fresa i la fertilització.

L'ESCALA I LA PRECISIÓ EN LES CONSTRUCCIONS ANIMALS

Moltes de les construccions animals excedeixen l'escala de les construccions humanes, en relació a la mida dels seus constructors. D'altres són construïdes amb una precisió inimaginable en una construcció humana normal.

La construcció simple més gran en termes de mides absolutes és la del castor; l'embasament més gran conegut fa 1200 metres de llarg. La xarxa de captura additiva continuada de certes aranyes teixidores d'esferes (Araneus sermoniferus, Uloborus republicanus), construïda per milers d'individus, pot arribar a fer cent metres, els quals transferits a la escala humana serien gairebé vint quilòmetres. El niu del sociable ocell teixidor semblant a un pardal pot arribar a tenir dos metres de gruix i una amplada de nou metres.

Els nius de termites més alts tenen vuit metres d'alçària, el que equival a l'alçària de gairebé tres quilòmetres en l'escala humana. El pes d'un niu de termites gran pot arribar a pesar 12.000 quilos.

En la vessant microscòpica de l'escala de les estructures animals, el gruix normal d'un fil d'una aranya esfèrica adulta gran és de 0.010-0.012 mm. Però les aranyes crivellades produeixen teranyines de captura fetes amb 50.000 fils individuals de només 0.0002 m de diàmetre. La cel·la de l'abella ha estat matemàticament mostrada com la forma més eficient d'emmagatzemar mel en estructures de cera. La cel·lula hexagonal de l'abella té dos angles de 70°34' i quatre angles de 109°26', que és exactament l'òptim matemàtic. L'espessor de la cel·la de la bresca de l'abella standard és de 0.073 mm i és produeix amb la sorprenent tolerància de 0.002 mm, que sobrepassa de llarg la precisió dels constructors humans (a principis del segle XVIII el molt conegut científic de Réamur va fins i tot proposar que la cel·la de l'abella es prengué com a mesura standard bàsica).

La larva de les frigànies Helicopsyche construeix una caixa portable d'aproximadament 4 mm de diàmetre que té una semblança amb la closca d'un cargol. Però, una ampliació en el microscopi revela la seva estructura tubular en espiral feta de diminuts grans de sorra enganxats els uns amb els altres amb seda. Les aranyes petites fan fins i tot petits capells i amb una d'aquestes espè-

cies aquests capells suspesos tenen una forma perfectament cúbica.

CONSTRUCTORS ANIMALS EXPERTS

La aparició de constructors en el phylum no es pot predir; trobem concentracions de talent arquitectònic, com succeeix en els mol·luscs gastròpodes i en els ocells. Les espècies no han de ser especialment intel·ligents o avançades per ser constructors experts; es realitzen construccions impressionants en el protozous i d'altres espècies molt capaces de construir apareixen en el metazous inferior.

Els animals constructors d'artefactes ens ensenyen que la organització de l'animal més simple és admirablement complexa i subtil. Estudis molt acurats fets amb microscòpic d'escàner electrònic revelen refinaments al·lucinants, en estructures d'una escala invisible per l'ull humà i inimaginables en les capacitats dels constructors humans.

L'evolució de l'home ha depès tant del desenvolupament de les seves mans com de la seva capacitat per pensar. De fet, el desenvolupament del cervell està directament relacionat amb el desenvolupament de les mans. No sorprèn que Martin Heidegger relacioni les mans amb el pensament en el seu assaig "El que denominem pensar". " (...) la essència de les mans no pot ser mai determinada o explicada dient que és un òrgan que pot agafar una cosa. (...) Cada moviment de la mà, en cadascuna de les seves accions passa a través de l'element del pensament, cada gest de la mà porta aquest element", Heidegger escriu.

La majoria de les espècies animals que construeixen tenen una alta habilitat manipuladora. Aquest fet és cert per les tres classes més importants de constructors. Les aranyes i els insectes la tenen gràcies a les seves cames unides de forma múltiple i de les seves subtils parts de la boca, mentre que els ocells tenen un bec estret enganxat als seus caps mòbils que els hi permet realitzar moviments precisos. Aquesta habilitat manipuladora i constructiva està exemplifica-

“els arquitectes han dirigit la seva atenció envers la saviesa i la bellesa de les tradicions constructives indatables de les moltes diferents comunitats indígenes més enllà de la cultura occidental”.

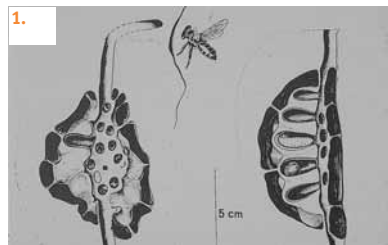
da per a la gairebé humana forma de teixir, entretenir i la pràctica de fer nusos dels ocells teixidors.

ANIMALS COM ARQUITECTURA

A una gran quantitat d'animals se'ls hi formen unes estructures externes complicades i maques, com és el cas dels esquelets amagats del protozous radiolaris, els pòlips del coral, les sponges, petxines o cargols i els mol·luscs gastròpodes, i l'admirable eficiència i bellesa dels ous dels ocells. Però, aquestes, no són construccions externes ja que són secrecions metabòliques passives.

Deixant a part la seva bellesa encisadora, malauradament no poden ser inclosos en el tema que ens ocupa sobre l'arquitectura animal.

Diverses espècies animals han desenvolupat adaptacions fisiològiques que són útils per funcions similars a les que altres espècies han respost a través de construccions externes; els mateixos animals o parts del seu cos s'han tornat amb una mena d'arquitectura viva..



1. LES ESTRUCTURES ARQUITECTÒNIQUES D'ANIMAL RELATIVAMENT SIMPLES PODEN SER IMPRESSIONANTMENT REFINADES. LA BRESCA DE L'ABELLA MINERA (*HALICTUS QUADRACINCTUS*) EXCAVADA DINS UNA PARET DE GUIX TÉ UN D'UN TUB DE VENTILACIÓ PER TOT EL NIU. L'ESTRUCTURA ESTÀ REFORÇADA AMB SECRECIÓNS ENDURIDES DEL INSECTE. (TURID HÖLLDOBLER-FORSYTH)



2. UN NIU DE SIS METRES D'ALÇÀRIA D'UNA ESPÈCIE DE TERMITA AUSTRALIANA. CONVERTIDA A L'ESCALA HUMANA, L'ESTRUCTURA TINDRIA GAIREBÉ DOS QUILOMETRES D'ALÇÀRIA. (BRUCE COLEMAN LTD. /FRITZ PRENZEL)

Algunes espècies de formigues, per exemple, no construeixen mai un niu com a tal, ja que es mouen d'un lloc a l'altre com nòmades. En el gènere d'Amèrica del Sud *Eciton*, tota la colònia s'aplega durant la nit en una pila esfèrica per tal de rodejar i protegir la reina i les seves cries en el centre; la pròpia colònia forma el seu niu protector. Un aplegament de formigues soldats pot arribar a mesurar un metre cúbic.

Les formigues teixidores (*Oecophylla*) s'ajunten unes amb les altres i formen ponts vius a fi d'arrossegar trossos de fulles des de molt lluny per omplir els forats dels seus nius de fulles. Les formigues teixidores utilitzen una eina extraordinària en la construcció dels seus nius: les formigues adultes no tenen la capacitat d'extruir fil de seda, mentre que les seves larves produeixen una línia de seda molt delicada. La formiga agafa la seva pròpia larva entre les mandíbules i utilitza el seu fill com a llançadora i teler.

En algunes espècies de formigues una curiosa especialització de casta converteix a formigues individuals amb elements arquitectònics. Algunes espècies del gènere *Colobopsis* construeixen el seu niu dins de troncs d'arbre i el petit forat que té el niu es tapa amb el cap

d'un dels membres de la casta que s'especialitza en fer de portera. Aquesta casta desenvolupa caps plans molt llargs que encaixen exactament amb el forat i la part més plana del cap s'adapta a la textura i color de l'escorça del arbre. La portera només admet membres de la seva comunitat que pot reconèixer per l'olor. En cas de que faci falta tapar un forat més gran, les formigues utilitzen un material molt semblant al paper-mâché per ajustar el forat a les mides del cap de la portera, o bé diverses formigues porteres poden col·laborar tancant el forat.

En el desert americà la formiga *Mymecocystus* té alguns treballadors especialitzats en convertir-se en gerres vives. Els seus cossos estan plens de mel i queden immòbils i penjats del sostre del niu a fi de proveir suc als altres membres de la colònia de formigues.

Una altra forma d'adaptació a la situació especial del medi ambient sense construir un niu, és el de l'ou en forma de pera dels araos (gènere *Uria*). La femella d'aquest ocell pon els ous directament en una concavitat estreta d'una roca i la forma peculiar de l'ou no permet que caigui; l'ou rodola enrera fent una corba tancada degut a la seva forma. La femella del petit falcillot *Cypsiurus* té un altre mètode per prevenir que els ous caiguin

a baix; construeix un niu profund en forma de cullera dins d'una fulla de palmera i enganxa els ous al fons del niu amb saliva. La metamorfosis dels insectes és una estratègia remarcable d'especialització i divisió de la feina entre etapes de desenvolupament. L'adult volador es fa càrrec de la reproducció i de robar menjar per les larves. La tasca de les larves és menjar i créixer; de fet, la larva molt sovint menja pels dos, ja que l'adult de vegades només té parts rudimentàries dins la boca. L'ou i la crisàlide són estadis immòbils, el primer dispositiu per l'adult i el darrer construït per la larva.

LES FUNCIONS DE LES CONSTRUCCIONS ANIMALS

Moltes de les estructures i dels sistemes funcionals de les construccions animals són exemples imponents de la causalitat funcional i de la perfecció.

"A través dels milions d'anys de desenvolupament i adaptació, la lluita sense pietat per la supervivència ha desenvolupat les construccions animals com respostes perfectes a les seves condicions de vida. Aquestes estructures segueixen lleis estrictes d'economia i eficiència minimitzant la feina i l'ús dels materials."

Les construccions animals tenen multitud de funcions. Les funcions de moltes

“Algunes espècies del gènere *Colobopsis* construeixen el seu niu dins de troncs d'arbre i el petit forat que té el niu es tapa amb el cap d'un dels membres de la casta que s'especialitza en fer de portera”.

construccions, o de les seves parts poden semblar obvies, però les causalitats funcionals són freqüentment molt difícils de demostrar de forma experimental. Les diverses funcions de l'arquitectura animal es poden resumir així:

1 Protecció de l'entorn físic mediambiental control de la temperatura

- gestió de l'aigua
- control de la humitat
- intercanvi de ventilació i de gasos
- gestió de les deixalles

2 Protecció dels depredadors

- evitar la detecció o reconeixement
- protecció mecànica
- associació protectora del niu

3 Recollida de menjar cultiu

- alimentació
- captura de preses
- enrotllar fulles
- emmagatzemat de menjar

4 Comunicació

- estructures que ajuden a la transmissió
- estructures que són senyals / selecció d'aparellament i reproducció

5 Decoració

No és possible cobrir totes les categories funcionals de l'arquitectura animal en aquest context. Només presentaré uns quants temes de la llista mencionada per demostrar les estratègies utilitzades pels animals.

PROTECCIÓ DE L'ENTORN MEDIAMBIENTAL FÍSIC

Els artefactes animals molt sovint estan construïts principalment per protegir la seva descendència, en particular entre els vertebrats i els ocells. La majoria de vegades els seus nius no tenen cap altre propòsit que aquest, encara que els nius

vells algunes espècies els utilitzen com llocs on poden anar a dormir. Algunes poques espècies construeixen nius per dormir i aquests són clarament diferents dels que construeixen per criar.

Entre els insectes, només les espècies menys socials construeixen estructures només per criar. Gairebé en tots els insectes avançats socialment les estructures dels nius acomoden i protegeixen a tota la colònia durant la totalitat de fases del seu cicle vital.

Control de la temperatura El control de la temperatura està ben demostrat en nombrosos tipus de nius d'ocells, els quals utilitzen capes de molsa, líquens, material vegetal, plomes, etc. per crear tant l'estructura com l'aïllament tèrmic de la construcció feta amb capes.

En el desert de Kalahari a Sud Àfrica, on les temperatures de la nit a l'hivern poden baixar fins a -10°C, els nius ocupats del sociable ocell teixidor (*Philetairus socius*) han estat mesurats per mantenir una temperatura interna més de 20°C que la temperatura externa.

Els refugis a la neu de la perdiu blanca (*Lagopus lagopus*) a Lapònia i el del pardillo sizerín (*Acanthis flamme*) són exemples de refugis animals amb reminiscències dels iglús esquimals. Una cavitat buida del refugi a la neu de la perdiu blanca s'ha mesurat per tal de mantenir una temperatura de 7-8°C més alta que les temperatures externes i aquesta temperatura més alta és decisiva durant la nit àrtica quan la temperatura poden baixar fins a -50°C.

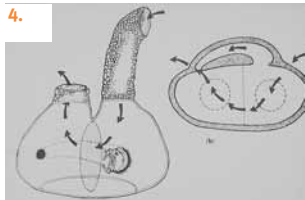
Els ocells *Megapode* construeixen nius veritablement monumentals per controlar la temperatura. És el cas de les aus *Mallee* (*Leipoa ocellata*) a Austràlia. Aquesta espècie d'ocell construeix una pila amb fertilitzant que produeix la calor necessària per al desenvolupament dels ous durant la fermentació; el niu pot arribar a tenir una alçària de cinc metres i dotze de diàmetre. El gall comprova constantment la temperatura amb el seu bec, seguidament ventila la pila o bé amuntega més fertilitzant al damunt per mantenir la temperatura precisa de 34°C. L'exactitud de les mesures de temperatura preses pels ocells és menor a un grau C. A finals de l'estiu quan el sol està baix, l'ocell desenterra els ous per tal que el sol els escalfi directament.

Les termites *Amitermes meridionalis* a Austràlia orienten els seus nius en forma de llosa que poden arribar a tenir una alçària de 3,7 metres, 3 metres d'amplada i gairebé 1 metre d'espessor, exactament en direcció nord sud a fi de minimitzar la calor del migdia i maximitzar l'escalfor de primera hora del matí i d'última hora de la tarda utilitzant la forma i la orientació dels nius. Les termites es mouen d'un costat a l'altre del niu per poder mantenir la temperatura òptima en el seu voltant immediat. S'ha suggerit que la forma de falca del niu de la termita pot de fet tenir la funció primària d'ajudar a l'intercanvi de gas, augmentant l'àrea de la superfície en la proporció adequada. Les termites són capaces de sentir el camp magnètic de la terra i orienten els seus edificis segons aquest camp. La orientació paral·lela de les lloses de les termites recorda els esquemes de les àrees residencials funcionals.

Els nius de les vespes en forma de capes de paper inclouen capes d'aire immòbil com un eficient aïllament tèrmic. Però les vespes també han inventat un sistema de calefacció adequat; en l'àrea de la bresca de les cries la temperatura està constantment a aproximadament 30°C gràcies a un grup especial de treballadores, les



3. MOSAIC MICROSCÒPIC DEL TUB DEL ERIÇÓ MARÍ PECTANARIA HORENI (NATURAL HISTORY PHOTOGRAPHIC AGENCY/ MICHAEL TWEEDIE)



4. LA COMBINACIÓ D'HABITATGE I DISPOSITIU DE CAPTURA CONSTRUÏT PER LA LARVA FRIGÀNIA MACRONEMA TRANSVERSUM. L'AIGUA CIRCULA CAP A DINS O CAP A FORA DE LA CAMBRA MITJANÇANT DOS TÚNELS. LA LARVA ESPERA LA SEVA PRESA EN UNA ALTRA CAMBRA AL COSTAT D'UNA XARXA FINA COL·LOCADA VERTICALMENT QUE POT CONTENIR GAIREBÉ 200.000 MALLS. (MICHAEL H. HANSELL)



5. L'INSTRUMENT DE CONSTRUCCIÓ MÉS SORPRENENT INVENTANT PELS ANIMALS ÉS EL DE LES FORMIGUES TEIXIDORES (DECOPHYLLA), LES QUALS UTILITZEN LA SEVA PRÒPIA LARVA, AGUANTADA PER LES SEVES MANDÍBULES, COM FUS I LLANÇADORA PER TEIXIR I UNIR LES FULLES DEL SEU NIU. (BERT HÖLLDOBLER)

quals es dediquen a una activitat muscular intensa, contraent i expandint els abdòmens ràpidament i funcionant com a estufes vivents. Però quan fa massa calor en els dies càlids, les vespes ventilen els nius aletejant les ales o portant aigua per humitejar les cel·les i refredar-les amb la evaporació.

Les abelles han de crear i mantenir una temperatura de 35°C per la secreció de la cera. Quan les abelles comencen a construir les seves bresques de cera, es lliuen unes amb les altres amb una cadena a fi de formar una pinya esfèrica dins de la qual poden obtenir la temperatura de 35°C necessària per la secreció de la cera. Les bresques de mel estan inclinades en un angle exacte de 13° per tal de prevenir que la mel gotegi si no es té la temperatura estàndard dins del niu.

Gestió de l'aigua

Els nius de les formigues i de les teixidores sociables, els nius coberts de les teixidores i altres ocells, així com els nius de termites tenen una forma cònica que efectivament fa que l'aigua de pluja no entri dins el niu. Els nius de certes espècies de termites estan aixecats per damunt de la terra en columnes curtes i

coberts d'un sostre projectat, o una sèrie de sostres uns damunt dels altres, semblant a una construcció de pagoda humana. L'objectiu és eliminar els danys causats per les pluges torrencials tropicals. La vespa afinis dona als seus nius una forma de con molt esvelt per tal de que l'aigua de pluja no es quedi a dalt del niu; la forma i les estries de la superfície dels nius s'assemblen sorprenentment a les cases còniques de fang de la tribu Mousgum del Chad.

L'escassetat d'aigua pot ser un problema igualment essencial. Tres espècies d'escarabats tenebrionids, que viuen a les regions de la costa àrida del desert de Namíbia, construeixen trinxeres molt estretes per recollir la rosada. Les trinxeres, orientades paral·lelament a la direcció del vent i proveïdes de marges elevats, es construeixen quan hi ha boira; aquest procediment sembla que ajuda a la precipitació de l'humitat. Aquest invent de l'escarabat s'assembla sorprenentment als forats cònics dels ceps excavats pels grangers en la terra volcànica negra de l'illa espanyola de Lanzarote.

El ratolí australià Leggadina hermannsburgensis, que viu en un habitat sec i amb sorra, cobreix una gran àrea de la terra al

voltant del seu cau amb pedres que recull, aparentment amb el propòsit de millorar la formació de rosada com un subministrament d'aigua. Les aranyes Cyrtophora utilitzen les deixalles de les seves preses com contenidors que enganyen els possibles enemics, però també els fan servir com cisternes per recollir aigua quan plou.

Les termites tenen una pell molt tendre i han de mantenir una temperatura constant i uns nivells d'humitat dins dels seus nius; en els nius de les Macrotermes el nivell d'humitat està entre 89 i 99 per cent. Les termites necessiten també l'aigua pels seus jardins de fongs i per fer morters. En les regions seques, les termites excaven fins a profunditats increïbles per tal d'arribar al nivell d'aigua de la terra; algunes termites del desert han arribat a fer pous de quaranta metres de profunditat, el que equival a gairebé deu quilòmetres en l'escala humana.

Ventilació i intercanvi de gas

Els animals que viuen en espais tancats es troben amb la necessitat d'intercanviar gasos. Per exemple, pels ous de la tortuga de mar que els diposita dins un forat fet a la sorra, l'intercanvi

de gas a través de la difusió és essencial, i l'animal sap com omplir el forat pels seus ous deixant espais d'aire en la sorra al voltant dels ous.

El cranc soldat Malai (Mictyris longicarpus) viu la costa entre en bancs de sorra plans entre les mareas. Quan la marea puja, l'animal s'enterra dins la sorra per protegir-se de la brusquedat de l'aigua i dels depredadors. Construeix una cúpula de sorra humida que conté un cert volum d'aire. Aleshores, el cranc excava més endins, traient sorra del terra i posant-la al sostre, transportant l'aire més endins de la massa protectora de sorra.

El gos de la praderia de cua negra (Cynomys ludovicianus) construeix dues sortides diferents en el seu cau sota terra; una cúpula en forma de turó rodó a dalt i un cràter amb un vorell punxegut el doble d'alt que la cúpula. La diferència de forma i alçària fa que el vent circuli més de pressa per damunt del cràter i això causa que la pressió de l'aire sigui més baixa a dalt del cràter i, per consegüent, un corrent d'aire que treu l'aire viciat de dins del cau. Aquest és un sistema natural de circulació de l'aire utilitzat molt sovint en l'arquitectura ecològica d'avui en dia.

El castor ha inventat un sistema de ventilació; les branques a la part superior de la teulada de l'habitatge del castor estan col·locades soltes per tal de permetre la ventilació de les parts inferiors habitades.

Però els sistemes de ventilació més sorprenents han estat desenvolupats per les diverses espècies de termites. El niu turó de les Macrotermes bellicosus, que pot arribar a tenir una alçada de quatre metres, conté varis milions de termites que viuen, treballen i respiren dins del volum tancat del niu. El consum d'oxigen és considerable i sense un sistema apropiat d'aire condicionat les termites quedarien sufocades ràpidament dins els seus gratacels de pedra dura.

El niu adequat d'aquestes termites és un receptacle rodó que conté la cel·la real en

el centre. Aquesta part ocupada és una estructura interior separada que està aguantada per columnes còniques dins de l'espessa closca exterior aixecada.

“Les aranyes Cyrtophora utilitzen les deixalles de les seves preses com contenidors que enganyen els possibles enemics, però també els fan servir com cisternes per recollir aigua quan plou”.

Aquesta estructura doble crea un gran espai "celler" d'aire; el niu està apuntalat lateralment al turó exterior. Un altre espai d'aire a sobre del niu es desenvolupa cap avall com una xemeneia fins arribar al centre del niu. En l'exterior del niu, trobem crestes verticals o contraforts que s'extenen de dalt a baix. Aquesta construcció complexa crea un sistema de ventilació completament automàtic que funciona de la següent manera. L'aire de dins de les cambres on es cultiva el fong, s'escalfa gràcies al procés de fermentació i també per l'escalfor produïda pels mateixos animals. L'aire calent puja i és forçat a circular pels amples conductors horitzontals, situats a la part de dalt i connectats amb les crestes verticals i els conductors d'aire. Les parets interiors i exteriors de les crestes són poroses i permeten l'intercanvi continu de gasos; el diòxid de carboni surt i és reemplaçat per l'oxigen. Les crestes funcionen com a pulmons artificials per la colònia. Al refredar-se l'aire al anar cap avall, l'aire regenerat

cau dins del buit d'aire situat en el fons. Des d'aquest espai, l'aire retorna al niu i reemplaça l'aire calent i viciat que puja. Aquest invent d'aire condicionat automàtic opera sense cap energia externa.

PROTECCIÓ DELS DEPRADADORS

Associació protectora de nius
L'associació protectora de nius es basa en una protecció estratègica mitjançant l'astuta col·locació del niu al costat d'altres espècies d'animals. Moltes espècies d'ocells, particularment en regions tropicals, construeixen els seus nius a prop de nius d'animals agressius com grans ocells de presa, abelles, vespes, formigues i termites, o al costat d'habitatges humans. Per exemple, alguns ocells teixidors poden col·locar els seus nius a prop de grans ocells de presa, com les àguiles, els voltors o els marabús.

Els nius de les termites donen un refugi protegit per un gran nombre d'animals coneguts col·lectivament com termitòfils. Moltes espècies de rèptils, ocells i mamífers aprofiten els avantatges dels castells de les termites. Aquestes no ataquen els nius dels termitòfils.

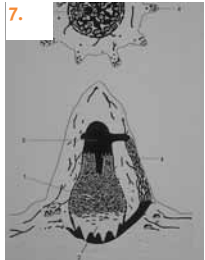
Alguns ocells tropicals, en particular les espècies passeriformes que construeixen els seus nius amb coberta, molt freqüentment fan els nius en arbres a prop de nius de formigues, abelles o vespes. Els teixidors d'Heuglin (Ploceus heuglini) construeixen les seves colònies en arbres amb nius de la formiga teixidora vermella (Oecophylla longinoda). Les formigues no ataquen mai els nius dels arbres, tot i que ataquen immediatament els nius que cauen al terra. Una treva similar, curiosa i a la vegada inexplicable, té lloc entre les formigues i les vespes quan comparteixen un arbre pels seus nius.

L'extrema relació de nius entre ocells i insectes és la construcció de nius d'ocells dins dels nius d'insectes socials, en particular en colònies de formigues i termites; els insectes tanquen els canals que porten al niu de l'ocell i no l'ataquen, però sí que ataquen els ocells fora dels



6.

6. LES TERMITES COMPÀS (AMITERMES MERIODIONALIS) ORIENTEN ELS SEUS NIUS EN FORMA DE LLOSA, QUE POT TENIR 3,5 METRES D'ALÇÀRIA, 3 METRES D'AMPLE I 1 METRE D'ESPESSOR, EXACTAMENT CAP AL NORD-SUD A FI DE MAXIMITZAR L'ENERGIA DEL SOL DEL MATÍ I DE LA TARDA I MINIMITZAR LA CALOR EXCESSIVA DEL MIGDIA. LA FORMA PLANA TAMBÉ ÉS UTILITZADA PER AJUDAR L'INTERCANVI D'AIRE; LA FORMA AUGMENTA LA PROPORCIÓ DE SUPERFÍCIE DE L'ÀREA DEL VOLUM. (FONTS NO IDENTIFICADES)



7.

7. SECCIONS HORIZONTALS I VERTICALS D'UN NIU DE TERMITA MACROTREMES BELlicosus. L'AIRE CALENT PUJA CAP A L'ESPai D'AIRE DE DALT I DES D'ALLÀ VA CAP A CANALS HORIZON-TALS. LA PRESSIÓ FA CIRCULAR L'AIRE DINS DELS ESTRETS TUBS EXTERNS I EL BIÒXID DE CARBÓ ES REEMPLAÇAT PEL OXIGEN. L'AIRE ES REFREDA A MIDA QUE CAU DINS L'ESPai DE LA PART INFERIOR DEL NIU I PUJA CAP A LES CAMBRES DEL NIU PER CONTINUAR LA SEVA CIRCULACIÓ AUTOMÀTICA.

seus nius.

RECOL-LECCIÓ DE MENJAR

Captura de preses

Les estructures construïdes per capturar preses són molt comuns en les xarxes de les larves de les frígànies, de les aranyes i dels forats de sorra de les larves de la formiga lleó.

La xarxa de pescar en forma d'embut feta a base de fils de seda per les larves frígània *Neureclipsis bimaculata*, pot competir amb qualsevol invent humà per pescar . La xarxa es fixa a les plantes aquàtiques amb l'entrada oberta cap el corrent d'aigua i la larva espera la seva presa a l'estret fons del túnel del seu invent de pescar de 6-8 cm de llarg.

Una combinació impressionant d'habitatge i construcció per capturar preses és la que construeixen els *Macronema transversum*. L'estructura exterior, feta d'un mosaic de grans de sorra molt fins té dos canals, un contra el corrent per tal que entri l'aigua i l'altre en la direcció contrària per l'aigua que hagi passat a través de la casa. L'animal espera la seva presa en una cambra lateral al costat d'una xarxa de seda col·locada verticalment. La xarxa és miraculosament

precisa; en l'enreixat de fils, els fils gruixuts estan espaiats 25-30 mil·límetres, mentre que les línies més primes estan espaiades 3 mil·límetres i, per tant, la xarxa conté 206.000 malles.

Però l'obra mestra de la filatura és la bossa de seda de 6 cm del *Dolophilodes* distintus que té 100 milions o més de malles formades per fils gruixuts col·locats 6 mil·límetres a part i els més petit 0,5 mil·límetres.

Els fils de les aranyes i els seus nius són una altra meravella d'arquitectura animal. Diferents espècies d'aranyes han desenvolupat diferents estratègies de captura de preses i geometries pels seus nius; hi ha gairebé 35000 espècies d'aranyes i totes elles tenen filadors que produeixen seda, tres parells en totes les espècies a excepció de les més primitives. L'aranya amb cara d'ogre (*Dinopelma longipes*) teixeix una xarxa elàstica de fil de pèl amb les seves potes del davant. L'aranya espera la seva presa i tant aviat com un insecte vola cap a la xarxa o es mou per terra, l'aranya separa les seves potes i la xarxa elàstica cau sobre la seva presa; la xarxa pot arribar a estendre's el doble de la seva mida original.

LA DECORACIÓ

Les construccions animals són impressionantment boniques, encara que la bellesa és, per suposat, una categoria de la ment i l'ull humà. La extraordinària bellesa de les construccions animals deriva de les mateixes característiques similars a la més convincent bellesa en les construccions dels humans; les seves formes i estructures han nascut de respostes contextuals i del que és inevitable en la lògica funcional i estructural. La bellesa real de l'arquitectura animal està en la seva total integració en el model de vida dels seus constructors i en els sistemes dinàmicament equilibrats de la natura.

Suggerir que els arquitectes animals puguin posar decoració a les seves construccions és provocador. Alguns comportaments animals relacionats amb la construcció de nius, però, apareixen com a decoració supèrflua, sense cap altra funció evident en l'actuació de l'estructura.

Els ocells d'emparat demostren gairebé un comportament decoratiu en el que l'etòleg Karl von Frisch, guanyador d'un premi Nobel ha reconegut una llavor d'esteticisme.

Les avingudes, plataformes, emparats i maigs dels ocells d'emparat posseeixen

qualitats decoratives diverses. Aquests ocells decoren els seus patis i emparats amb fruites de colors, baies i flors, objectes brillants com esquelets d'insectes i una varietat d'altres materials - plomes, fulles, molsa, líquens, pedres, ossos, petxines i trossos de carbó. Fins i tot pinten els seus emparats utilitzant baies aixafades com a pintura i un tros d'escorça com pinzell.

Hi ha proves que els materials del niu i la recol·lecció dels materials és estimulants sexualment per certs ocells. Durant el festeig, el mascle africà *Waxbill* (*Estrilda astrild*) aguanta una ploma amb el seu bec. En altres espècies, el mascle aguanta un bri d'herba o utilitza moviments com si construís un niu de manera simbòlica.

Les decoracions florals són utilitzades freqüentment per festejar les femelles en el cas del mascle teixidor de coll negre (*Ploceus benghalensis*) i els teixidors *Striatae striatae* (P. Manyar) que viuen a l'Índia; el mascle posa una mica de fang humit dins la cambra del niu i hi planta flors o pètals de flors de colors brillants - com el vermell, el carbassa, el groc, el blau, o el blanc. L'ocell estriat del Paradís (*Ptiloris paradiseus*) que viu a Austràlia decora molt sovint els seus nius amb una pell de serp rebutjada, mentre que l'ocell campana amb cresta (*Oreocitta gutturalis*), una altre espècie australiana, posa erugues peludes als vorells dels seus nius.

Diferents espècies d'ocells d'emparats prefereixen colors diferents; els constructors d'avingudes *Ptilonorhynchus* prefereix el blau, mentre que el *Chlamydera* prefereix el blanc, el verd o blau, mentre que els constructors *Maypole amblyornis* prefereixen els objectes vermells i grocs. Els objectes blaus brillants seleccionats per l'ocell mascle d'emparat *Setinatus* (*Ptilonorhynchus violaceus*) s'assemblen al color dels seus ulls d'un blau lila i al seu plomatge brillant d'un blau negre.

La presentació ritual d'un capoll de seda buit o una simple pedra com a regal per

una femella, per part de mascles d'una certa espècie d'insectes, com la mosca pilota o les aranyes, és primerament un exemple de comportament estètic, però una més acurada inspecció revela l'estratègia evolucionista darrera aquests gests; el regal millora la visibilitat del mascle i el protegeix de ser menjat per la femella. El principi que governa la seva vida es basa en escampar els propis gens tan eficientment com sigui possible. Aquests objectius poden portar a que els mascles de certes espècies d'aranyes permetin que la femella se'l mengi durant la còpula, a fi d'assegurar que cap altre mascle interfereixi en el procés de la reproducció.

Es va observar un grup de ximpanzès que vivien a la selva després d'haver matat i menjat un mico colobus. Aquests portaven peces rodones de la pell del mico mort. Una femella anomenada *Ako* portava un tros de la pell penjada al coll amb una espècie de nus en forma de cèrcol. Quin és el significat del collaret de l'*Ako*? Indica el començament de la decoració?

MÈTODES DE CONSTRUCCIÓ

Els mètodes que els animals utilitzen en les seves construccions poden ser classificats en set tipus:

1. Esculpir, emparar
2. Apilar
3. Motlures
- modelar
- extrusió de motlures i filats
4. Enrotllar i plegar
5. Enganxar
6. Teixir
7. Cosir

Tot artefacte manufacturat és el resultat de dos opcions interrelacionades, els dels materials i els dels mètodes de manufactura. La majoria dels materials utilitzats pels animals també són utilitzats per l'home, i degut a les restriccions imposades per aquests materials, els mètodes de construcció dels animals arquitectes tenen un paral·lel ben estret amb les nostres pròpies construccions.

L'Institut d'Estructures de Poca Resistèn-

cia (Light Tensile Structures) de la Universitat de Stuttgart, dirigit per Frei Otto, ha portat a terme durant dècades estudis microscòpics extensos sobre els principis refinats de les estructures i detalls de les construccions de les aranyes, com a base pel disseny de les estructures humanes. Les teranyines de les aranyes tenen nombroses estructures sub-arrendades, com els acabats així com artefactes d'absorció d'impactes que tot just comencem a aplicar als dissenys d'estructures en tensió.

L'ARQUITECTURA ANIMAL EN EL PAISATGE

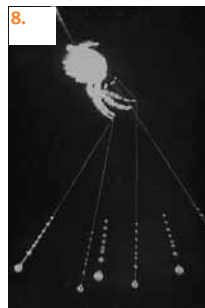
Les estructures animals estan adaptades ecològicament, però les activitats constructores dels animals no són insignificants o invisibles fins i tot en l'escala del paisatge. Certs animals han creat paisatges a una escala que té equivalència amb els esforços humans.

Per exemple, les formigues alteren el seu entorn físic profundament movent terra i transportant plantes i restes d'animals dins els seus nius, barrejant aquests materials amb terra excavada, carregant així l'àrea dels seus nius amb alts nivells de diòxid de carboni, nitrogen i fòsfor. A Finlàndia s'ha observat que les formigues han facilitat la propagació dels boscos en àrees cobertes de roques.

Els animals arriben a canviar el paisatge a escales sorprenents. El Dr. Hansell informa que en el nord d'Austràlia hi ha àrees amb centenars de piles de terra de gairebé deu metres d'alçada. Avui en dia encara es discuteix sobre l'origen d'aquestes formacions. Es dubta si són piles fetes pels aborígens australians o per aus (*Megapodius reinwardti*)?

En la província de Cape a l'Àfrica del Sud, grans extensions de terra estan cobertes per piles de forma aproximadament circulars, algunes d'elles de 30 metres d'ample i dos metres d'alçada. Les piles semblen ser el resultat de la cooperació entre termites (*Microhogotermes viator*) i talps (*Bathyerigidae*).

La termita *Odontotermes* a Sud Àfrica és



8. MÀXIMA ECONOMIA DE RECURSOS EN ESTRUCTURES ANIMALS.
L'ARANYA POLAR CREA UNA TERANYINA DE CAPTURA VIRTUAL BALANCEJANT UNA SOLA LÍNIA EQUIPADA AMB GOTES ENGANXOSES.
(FONTS NO IDENTIFICADES)



9. ENGINYERIA ENGINYOSA I EFICIÈNCIA ESTRUCTURAL. UN DISC ACCESSORI D'UNA LÍNIA D'ARROSSEGAMENT DE L'ARANYA LATRODECATUS TREDECIMGUTTAIS.
(IL·L. XARXES EN LA NATURA I TÈCNiques, KLAUS BACH, ET AL., EDITORS, INSTITUTE FOR LIGHT-WEIGHT STRUCTURES, UNIVERSITAT DE STUTTGART).

segurament la constructora de formes de terra regular, que s'assemblen a ones, formant rengleres de dos metres d'alçada i d'onze quilòmetres de llargada i situades a intervals de 50 metres de distància. A Anglaterra, els conills i les ovelles han conservat les plantes comunitàries en les Downs. Segons el punt de vista dels científics, les extensions d'herba en el món són artefactes manufacturats pels homes en col·laboració amb els animals.

Els castors, amb les seves construccions que regulen l'aigua dels rius, creen un impacte en el paisatge que tots coneixem. Els castors transformen les vores dels rius en àrees amb herba, modificant d'aquesta manera la part de bosc més pròxima a les seves construccions. No obstant, una altra forma de vida utilitza aquest biòtop acabat de fer i gradualment es pot convertir de nou en bosc.

Als Estats Units consideraven els castors perillosos per l'enginyeria forestal, Avui en dia però els llencen amb paracaigudes al bosc des dels avions ja que els seus discs ajuden a prevenir l'erosió del terra en àrees amb cotes elevades. Els llacs i àrees de maresmes fetes pels castors creen un medi propici per moltes espècies semiaquàtiques, afegint-se aquestes a la diversitat de l'ecosistema.

REFINAMENTS ESTRUCTURALS, ECONÒMICS I ECOLÒGICS

Les construccions animals estan estructurades eficientment i la selecció natural ha

millorat gradualment les formes de les estructures i la utilització dels materials. La paret de la cel·la suspesa verticalment de l'abella, per exemple, té dues capes de cel·les, construïdes recolzant-se unes amb les altres amb la meitat d'una part de la cel·la col·locada a la paret (de la cel·la), per tal de crear una estructura continua tridimensional i doblegada, feta amb unitats piramidals al perímetre de la superfície. L'estructura és increïblement forta: un panell de cel·les fet amb 40 grams de cera d'abella pot contenir fins a 1800 grams de mel.

La extraordinària resistència del fil després de l'aranya és un altre exemple miraculós del procés d'evolució. Cap dels metalls fets per l'home o les fibres d'alta resistència de la tecnologia d'avui en dia poden competir amb la força i la elasticitat d'absorció d'energia del fil de l'aranya. La resistència del fil teixit per l'aranya és tres vegades més alta que l'acer. La elasticitat del fil de seda és encara més sorprenent; la capacitat d'estendre's abans de trencar-se és de 229% comparada amb el magre 8% de l'acer. El fil de seda de l'aranya és fins i tot més resistent que la polyamida, el material utilitzat en les armilles a prova de bales i de les màscares facials; pot absorbir cinc vegades l'impacte de la força del Kevlar sense trencar-se. Segons un article a Science News (Gener 21, 1995), una teranyina simulant una xarxa de pescar en el que fa el gruix del fil i l'escala de la malla, podria atrapar un

avió de passatgers volant. El fil de l'aranya es fa amb poca energia a una temperatura baixa del cos, mentre que en la producció de les molècules del Kevlar, derivades del petroli, s'aboquen dins una tina tancada a pressió amb àcid sulfúric concentrat i es bullen a diversos centenars de graus a fi de convertir-les en una forma de cristall líquid. L'energia d'entrada és molt alta i això fa que hi hagin sub-productes extremadament tòxics.

Les construccions animals segueixen pressupostos estrictes i satisfan rigorosament el criteri de cost-efectivitat. El cost de l'arquitectura animal es mesura en terminis d'energia i temps utilitzat en el procés de la construcció. L'arquitectura animal ha de considerar la disponibilitat i l'adequació dels materials, així com factors que afecten el cost de la manufactura, com el transport i l'efectivitat funcional del producte. També en la construcció animal el cost serà més baix si el procés es pot mantenir simple.

Els animals tenen tendència a planificar les seves construccions quan el cost és més baix. L'hornero vermell (Furnarius rufus), per exemple, construeix un niu molt elaborat de fang amb un cost molt alt. Però l'activitat de la construcció es fa durant els mesos d'hivern i té lloc en tantes que coincideixen amb un clima més suau i en època de pluges quan és més fàcil aconseguir el fang.

“El propòsit i el refinament de l'arquitectura animal fa preguntar-se: qui és l'arquitecte i com es passa el coneixement a la generació següent. El comportament constructor té una base clarament genètica i el canvi genètic pot per tant donar com a resultat una novetat fenotípica en l'artefacte complet”.

La utilització perllongada i la reutilització són consideracions econòmiques importants. Els nius de les termites poden ser utilitzats durant dècades i els trossos de fusta grans dels nius d'ocells, i els nius de les orenetes de penya-segats són molt sovint reutilitzats moltes temporades. El reciclatge dels materials dels nius és també molt comú entre les abelles, les vespes i les formigues. Per exemple les abelles de mel nanes (Apis florea), rossegueuen la cera de les seves cases abandonades i les transporten amb les seves cames cistell per fer-ne una de nova amb el mateix material i estalviar energia en la producció de cera. Les vespes cardadores (Bombus agrorum) utilitzen els capolls buits com gerres per emmagatzemar nèctar i pol·len. La formiga ntibe? (Veure correcció Muntaner) (Prionopelta amabilis) utilitza els fragments de poncelles de seda per fer nius amb crisàlides a fi de controlar la humitat, mentre que molts ocells petits utilitzen la seda de les aranyes o de les erugues per construir els seus nius.

L'aranya BOLAS ha dissenyat una xarxa virtual a fi de minimitzar la utilització de material. Quan una presa insecte s'acosta, l'aranya desentortolliga un sol fil de captura, amb gotes enganxoses, creant un instrument de captura mòbil. Ja que el material de construcció que utilitzen - la proteïna del fil - és cara metabòlicament, moltes espècies d'aranyes han desenvolupat una forma parsimoniosa: es mengen el fil, i d'una forma descon-

guda, la proteïna passa a través del sistema digestiu i al cap de poc temps està disponible en els mugrons per crear una nova xarxa. L'arquitectura animal forma un equilibri dinàmic perfecte amb el seu context ecològic; els animals constructors normalment no acaben els recursos naturals o causen problemes de deixalles o pol·lució ja que les seves activitats guarden un equilibri amb les altres espècies.

ANIMALS COMPOSTOS

Eugene Marais en el seu llibre de gran influència The Soul of the White Ant, concep el termiter com un organisme comparable amb l'entitat carnal d'organismes més elevats.

La cambra real dirigida per la reina funciona com a cervell processant informació i iniciant intencions, els fongs dels jardins funcionant com un òrgan metabòlic (les termites només poden utilitzar menjar líquid), les termites soldats i treballadores fan la tasca dels glòbuls blancs i vermells respectivament. L'arquitectura del niu compleix la funció de pulmó artificial.

La parella real viu dins una cambra feta de parets dures i espesses, d'unes mides suficients per què hi càpiguen la parella i les treballadores que tenen cura d'ella. Aquesta cambra es refà unes sis vegades segons el creixement de la reina. La reina inflada monstruosament és el centre reproductor de la comunitat i pon uns 50.000 ous per dia. Cada individu de la

comunitat de milions d'individus deriva d'aquesta sola mare. Els milions d'individus semblen tenir un grup psicològic col·lectiu. La reina ajusta el nombre relatiu de treballadores i de soldats en funció de les condicions externes comunicades químicament per les treballadores. La reina emana un poder misteriós sobre els seus súbdits a través de senyals que nosaltres no coneixem. Quan es disecciona experimentalment tot un niu en dos parts separades amb una placa espessa d'acer, els habitants de les dues meitats disseccionades continuen construint el niu simètricament com si la separació no existís. Poc després de la mort de la reina, tota la comunitat mor i el niu es comença a desintegrar. La superfície de la paret del termiter sempre es repara des de dins cap a fora, de la mateixa forma que la pell humana es recomposa. L'estructura del niu sembla tenir la cohesió i la flexibilitat de la pell humana mentre la reina i la comunitat viuen, però comença a convertir-se en terra quan s'extingeix la vida comunal. Les ferides de la reina afluixen la seva influència en proporció a la ferida. La comunicació de la reina sembla completament mística en relació a la capacitat humana, però potser no és única en el regne animal. Per exemple, la TOKTOKKIE, una llagosta d'Àfrica del Sud, transmet onades en l'èter que poden ser sentides per una altra llagosta a una distància de gairebé quinze quilòmetres. En Marais diu que les termites posseeixen uns poders perceptius que són milions de vegades



10. "COLLARET AKO", UNA DECORACIÓ FETA AMB PELL I NUSOS D'UNA FEMELLA XIMPAZÉ . (FOTOGRAFIA: MICHAEL KUZMAK/ THE ANIMAL CONSTRUCTION COMPANY, THE HUNTERIAN MUSEUM AND ART GALLERY, GLASGOW)



11. MÀXIMA ECONOMIA DE RECURSOS EN ESTRUCTURES ANIMALS. L'ARANYA POLAR CREA UNA TERANYINA DE CAPTURA VIRTUAL BALANÇEJANT UNA SOLA LÍNIA EQUIPADA AMB GOTES ENGANXOSES. (FONTS NO IDENTIFICADES)

més aguts que els nostres sentits.

Existeixen animals compostos dins del món animal. En el mar, a prop de les costes africanes hi ha centenars d'espècies de criatures marines anomenades Hydro-meduda i Siphonophora, unes espècies relacionades entre sí. La peculiaritat d'aquests animals és que un exemplar adult és un animal compost per centenars d'individus. Els animals neixen com criatures completament independents amb boca, estómac, aparells per nedar i òrgans sexuals. Més tard un grup d'individus creen una unió orgànica; un grup esdevé un complex aparell per nedar, un altre l'estómac i el sistema digestiu i un tercer desenvolupa els òrgans sexuals de l'animal compost. Un grup fins i tot agafa les funcions hepàtiques i esdevé el fetge.

QUI ÉS L'ARQUITECTE?

El propòsit i el refinament de l'arquitectura animal fa preguntar-se: qui és l'arquitecte i com es passa el coneixement a la generació següent.

El comportament constructor té una base clarament genètica i el canvi genètic pot per tant donar com a resultat una novetat fenotípica en l'artefacte complet. Aquesta novetat estaria aleshores exposada a les forces de la selecció natural. Si aquesta evolució és un avantatge,

s'utilitzarà més ampliament i, potser pugui reemplaçar l'estil d'arquitectura anterior.

Segons un recent llibre, The Animal Mind: "A graus elevats d'activitat mental se'ls hi diu cognició, la qual és definida... com l'acte o procés de conèixer. La cognició pot ser un coneixement innat-passiu inclòs dins dels gens dels animals i utilitzat com instruccions per instal·lar un sistema nerviós que generi habilitats i especialitats particulars des del néixer".

La major part del comportament animal està dirigit per reaccions instintives activades per certs estímuls externs. Les reaccions formen una cadena tancada que progressa a través de seqüències pre-codificades. Per exemple, les termites actives sexualment copulen només després d'haver fet el seu vol nupcial i després d'haver-se després de les ales; no treuen les seves ales abans d'haver-se després de les seves ales. La formiga lleó (mymeleon) excava el seu forat de sorra cònic mitjançant un instint motor derivat genèticament que fa que l'animal tiri grans de sorra a l'aire a mida que va empenyent el seu cos dins la sorra. Però l'animal ha adquirit un coneixement addicional. Durant el procés d'excavació escampa grans de sorra a un angle de

45° maximitzant així la distància en la que cauen a terra, però cap al final del procés els comença a llençar a un angle de 60°. Els grans petits de sorra cauen a la superfície del forat cònic el que fa que la seva presa rellisqui.

Les meravelles microscòpiques de l'arquitectura dels insectes estan guiades per canvis hormonals. Quan un insecte arriba a una certa edat, les seves hormones endocrines el preparen per una certa acció, per exemple, enrotllar una fulla. Dins el seu sistema nerviós porten un model per fer-ho. més endavant canvis hormonals els preparen per criar i teixir un capoll. La eclosió adulta del capoll té el seu model de comportament propi, el qual fa que marxi per buscar menjar i un company sexual.

Un detall interessant és que la larva pot fer certes preparacions pel seu següent estadi de desenvolupament. A causa de que la papallona adulta o arna només té parts xucladores dins la boca, la larva ha d'assegurar-se que l'adult pugui sortir de la seva closca. Per això preparen una àrea més feble dins el capoll, o creen una sortida rodona suficientment feble dins del capoll.

Però les construccions més complexes dels animals semblen reflectir un com-

portament amb un objectiu determinat, és a dir, saben el propòsit del comportament o de la construcció arquitectònica. Al ponderar la complexa tasca de la construcció de termiters amb aire condicionat, els autors de The Animal Mind diuen: " Sembla senzill descriure aquesta proesa suposant que les termites individuals tenen una imatge funcional del resultat final i que, fent servir diversos programes motor innats, escullen el comportament més apropiat segons cada circumstància a fi de dur a terme el treball que han de fer".

comencen a practicar la construcció de nius molt aviat i aquest "aprenentatge" pot durar fins a dos anys. Els mascles tilonorrines joves visiten freqüentment els adults i observen els seus processos de construcció i també el subsegüent festeig. El mascle propietari d'un emparat està constantment mantenint i reparant la seva estructura. També experimenta en el seu emparat optimitzant els efectes col·locant elements ornamentals i canviant les flors pansides per rams nous.

Els autors de The Animal Mind remarquen

pot implicar un element d'imprevisió molt semblant al caos. Tal i com ha demostrat la teoria complexa, aquests sistemes col·lectius poden ser "creatius", és a dir, poden sorgir noves estructures a través d'un procés d'organització espontani. Les anomenades "súper colònies", que es troben ocasionalment en moltes espècies de formigues, pot ser el resultat d'aquest procés organitzatiu. Una súper colònia consisteix en diversos nius que intercanvien cries, treballadores joves i fonts de nutrients a través dels seus camins de comunicació. Una súper colònia és un

“les termites actives sexualment copulen només després d'haver fet el seu vol nupcial i després d'haver-se després de les ales; no treuen les seves ales abans d'haver volat i no copulen abans d'haver-se després de les seves ales”.

La espècie de termita africana *Macrotermes bellicosus* és capaç de construir dos sistemes diferents d'aire condicionat depenent de si construeixen en el clima de costa de la Costa d'Ivori o en les àrees més seques i amb menys arbres d'Uganda. És increïble pensar en com les termites són capaces d'escollir entre dos principis físics diferents pel seus sistemes.

Un altre exemple de la capacitat de les termites, que sembla excedir el simple comportament instintiu de la derivació genètica, és el fet que quan un niu es cobreix experimentalment amb un plàstic, a fi de prevenir que l'aire normal s'escapi per motius de refrigeració i de disposició del Co₂, els insectes són capaços d'inventar un sistema d'emergència de xemeneies en forma cònica per salvar la comunitat.

ASSAIG I ORGANITZACIÓ

L'assaig i l'aprenentatge són una part essencial del comportament dels ocells teixidors i tilonorrines. Els mascles joves

que la història natural dels castors fa difícil de creure que el comportament de la construcció de discs no sigui de cap de les maneres orientat com un objectiu més si no una tasca dirigida". La capacitat dels castors per resoldre problemes flexiblement s'expressa en la capacitat de l'animal per apropiat-se d'estructures existents i resoldre situacions adverses que difícilment podria afrontar en el seu habitat natural. Quan fan reparacions en els seus discs, molt sovint projecten una comprensió de la hidro-dinàmica que els humans ni podrien imaginar.

El procés d'evolució en moltes espècies de formigues sembla haver afavorit una estratègia flexible de fer nius adaptats tant a la utilització de material de construcció, com al disseny arquitectònic per fer front a les variacions del medi ambient en l'espai i en el temps. La flexibilitat del comportament de les formigues es deu a dues causes. Primer, les formigues es poden adaptar mitjançant experiències individuals. Segon, el comportament col·lectiu resultant de les interaccions entre milers de treballadores individuals

exemple del ressorgiment d'un sistema de fer nius de molt alt nivell a través d'una organització espontània més que el resultat determinat d'una evolució genètica.

LLIÇONS D'ARQUITECTURA ANIMAL

La lenta evolució dels artefactes animals pot ser comparada amb els processos de tradició a les societats humanes tradicionals. La tradició és una força de cohesió, que disminueix el ritme del canvi, i s'assegura de lligar la invenció natural als seus models establerts a través del temps i a les proves de la vida. És aquesta interacció, el canvi i la comprovació rigorosa de les forces de la selecció que s'ha perdut en l'arquitectura humana a l'era industrial. L'arquitectura humana tendeix a evolucionar més sota les forces dels valors socials i culturals que sota les del món natural.

Seria erroni assumir que els canvis en l'arquitectura animal poden portar al ressorgiment d'altres canvis en la evolució.

Després del fracàs de la Gran Utopia, nosaltres també hem perdut la nostra fe en el paper redemptor de l'arquitectura. Així i tot, Hansell creu que els canvis en l'arquitectura poden venir acompanyats d'altres canvis en l'estil de vida animal. La mateixa interdependència sembla poder-se aplicar també a l'home. És del tot essencial que també les nostres pròpies construccions siguin estudiades dins dels seus marcs antropològics, soci-econòmics i ecològics, a més de l'esfera estètica tradicional de la creativitat arquitectònica.

M'agradaria suggerir que podríem aprendre estudiant el gradual i lent desenvolupament d'adaptació de les construccions animals durant milions d'anys, ja que nosaltres, arquitectes humans de l'era electrònica, tenim tendència a inventar nous estils per cada nova estació de moda arquitectònica. Les construccions animals ens obren una finestra important cap al procés de la evolució, la tradició i l'adaptació ecològica. Les formigues són les que tenen la bio-massa més gran, les més nombroses i les més esteses de tots els animals, l'home inclòs, com una conseqüència de la seva magnífica habilitat d'adaptació a la varietat de les condicions medi ambientals. Formen part de les criatures més sociables i l'estudi de les formigues ha donat fins i tot una visió dels orígens del comportament altruista.

Sembla ser que la racionalitat ecològica i la funcionalitat de la construcció humana està compromesa, ja que la nostra arquitectura és també un mitjà per intentar comprendre i simbolitzar el món, i un intent d'aconseguir la immortalitat. L'arquitectura humana està sempre més dictada per objectius metafísics i estètics que per la pura funcionalitat i la raó.

"L'arquitectura no tracta només sobre domesticar l'espai", escriu el filòsof Karsten Harries, " és també una aferrissada defensa en contra del terror del temps. El llenguatge de la bellesa és essencialment el llenguatge de la realitat sense temps". O, com el jove Alvar Aalto va dir : "La

forma no és res més que un desig de vida eterna en la terra".

L'arquitectura, per nosaltres, és més un mediador mental entre el món i nosaltres, que un mediador entre els models de vida humana i el context ecològic. Aquest sembla ser el preu ecològic de la consciència humana. La funcionalitat en l'arquitectura humana està sempre compromesa per factors culturals, físics i estètics.

Conseqüentment, hi ha una tendència inherent allunyada de l'equilibri ecològic: el comportament i les construccions humanes s'han tornat perilloses i desarrrelades del seu context ecològic i per tant destructives.

La eficiència i la sofisticació són clarament les estratègies dels processos d'evolució de l'arquitectura animal. L'arquitectura animal ens ensenya que el camí adequat cap a una arquitectura humana segura ecològicament, una crida urgent per avui, passa per no tornar a les formes primitives de la construcció, si no per la sofisticació progressiva tecnològica. La evolució va cap a un refinament subtil, no al revés. L'arquitectura animal també ens dóna suport en el pensament funcional de la interdependència entre la raó i la bellesa. Però el que és més important és que les meravelles inimitables de la construcció animal ens haurien d'ensenyar a tots nosaltres un benvingut sentit d'humilitat.

En els darrers quatre-cents cinquanta anys des de Copèrnic, hem abandonat la creença de la terra com a centre de l'Univers. Continuem mirant a la natura i al món animal des de l'aspecte avantatjós de la humanitat. Això està exemplificat innocentment pels contes de fades dels nens, en els que vesteixen els animals amb vestits humans i els posen a viure en cases que són miniatures de la nostra pròpia arquitectura. Davant la demanda urgent de formes de vida i arquitectura adaptada ecològicament , hauríem de donar la volta a la imatge;

hauríem de començar a imaginar-nos habitant cases inspirades pels mestres constructors del món animal.

“L'arquitectura no tracta només sobre domesticar l'espai", escriu el filòsof Karsten Harries, " és també una aferrissada defensa en contra del terror del temps. El llenguatge de la bellesa és essencialment el llenguatge de la realitat sense temps". O, com el jove Alvar Aalto va dir: "La forma no és res més que un desig de vida eterna en la terra”.

AQUEST ASSAIG ÉS UNA VERSIÓ REVISADA D'UN ASSAIG ANTERIOR DE JUHANI PALLASMAA, EDITOR, ELÄINTEN ARKKITEHTUURI- ARQUITECTURA ANIMAL, MUSEU D'ARQUITECTURA FINESA, HÈLSINKI, 1995.	-Ellis, Malcolm (ed), Animal Specialists: Builders, J.M. Dent and Sons Ltd., Londres, 1979. -Howard E. Evans i West Ebenhard, Mary Jane, The Wasps, The University of Michigan Press, Ann Arbor, 1970. -Fabre, J.H., Muistelmia hyönteismaailmasta, WSOY, Porvoo, 1965. -Von Frisch, Karl, Animal Architecture, Harcourt Brace Jovanovich, Nova York i Londres, 1974. -Gould, James L. i Gould, Carol Grant, The Animal Mind, Scientific American Library, Nova York (1994), 1999. -Guidoni, Enrico, Primitive Architecture, Electa/Rizzoli, Nova York, 1987. -Hancocks, David, Animals and Architecture, Hugh Evelyn, Londres, 1971. -Hansell, Michael H., Animal Architecture & Building Behaviour, Longman , Londres i Nova York, 1984. -Hansell, Michael H., The Animal Construction Company, Hunterian Museum and Art gallery, Glasgow, 1999. -Hansell, Michael H., "The ecological impact of animal nests and burrows" a Functional Ecology, 1993. -Hansell, Michael H.- "What's so special about using tools?" in New Scientist 8, gener 1978. -Havas, Paavo i Sulkava, Seppo, Suomen luonnon talvi, Kirjayhtymä, 1987 -Hölldobler, Bert i Wilson, Edward O., The Ants, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1990 -Kajja Kangasniemi (ed), Kodin suuri eläinkirja, osat 1-110 Weilin & Göös, Espoo, 1981. -Leakey, Ricard E. i Lewin, Roger, Origins, Macdonald i Jane's, London, 1979.	-Lee, K.E. i Wood, T.G., Termites and Soils, Academic Press, Londres, 1971 -Morgan, Lewis, The American beaver, Dover Publications, Nova York, 1986 (edició original 1868) -Morris, Desmond, Miksi seepralla on raidat. WSOY, Porvoo, 1991 -Mitchell, James and Stein, Jess (eds), The Random House Encyclopedia, Random House, Nova York, 1990 -Reuter, O.M., De lägre djurens själslif, Samson & Wallin, Estocolm, 1886 -Rudofsky, Bernard, The Prodigious Builders, Harcourt Brace Jovanovich, Nova York i Londres, 1977 -Sire, Marcel, The Social Life of Animals, Studi Vista. Londres, 1965. -Spoczynska, Joy O.I., The World of the Wasp, Frederick Muller Limited, Londres, 1975. -Tinbergen, Niko, Animal Behaviour, Life Nature Library. Time-Life International, 1966 -Vander Wall, Stephen B., Food Hoarding in Animals, The University of Chicago Press, Chicago, 1990 -Lightweight Structures in Architecture and Nature (Catàleg d'exposició dirigit per Frei Otto) (IL 32), Institute for Lightweight Structures, Universitat de Stuttgart, 1983. -Nets in Nature and Technics (IL 8), editors; Kklaus Bach et al. Dirigit per J.G. Helmcke i Frei Otto, Institute for Lightweight Structures, Universitat de Stuttgart, 1975. -Pneus in Nature and Technics (IL9), editors: Klaus Back et al. Dirigit per Eda Schauer et al.), Institute for Lightweight Structures, Universitat de Stuttgart, 1976.
--	---	--