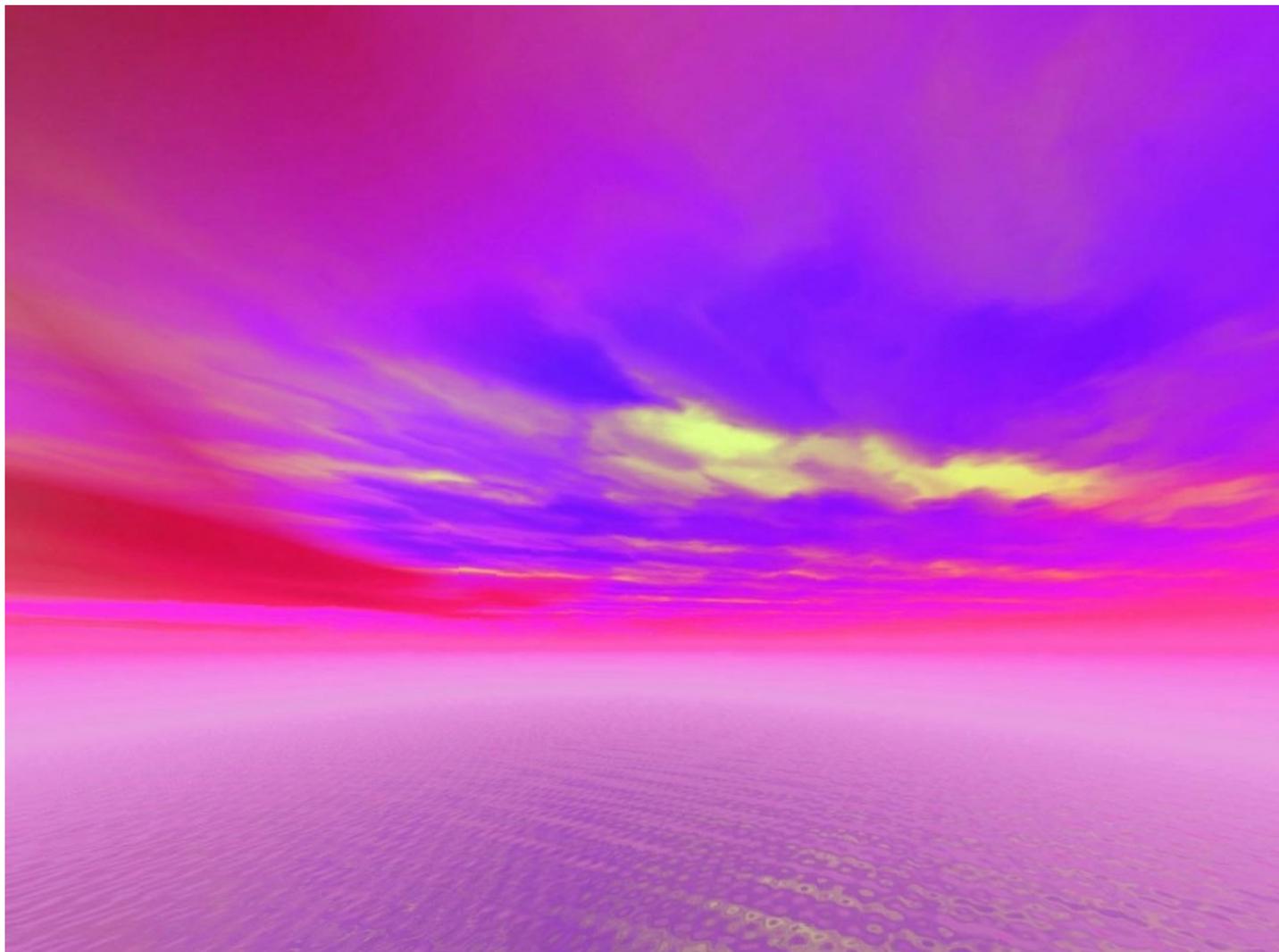


## El Dios emotivo.

El Dios del Génesis no es una deidad cualquiera, de entre las muchas que han sido aceptadas, confeccionadas, elaboradas, elucubradas, fabricadas, imaginadas, impuestas, intuitas, inventadas, manufacturadas, producidas o teorizadas por la criatura humana. Él es un Dios corporalmente indescriptible, pero con una personalidad muy asequible a nuestro propio entendimiento; pues el Génesis dice: "Jehová Dios, el Todopoderoso, hizo al ser humano a Su imagen y semejanza" (Génesis 1:26).



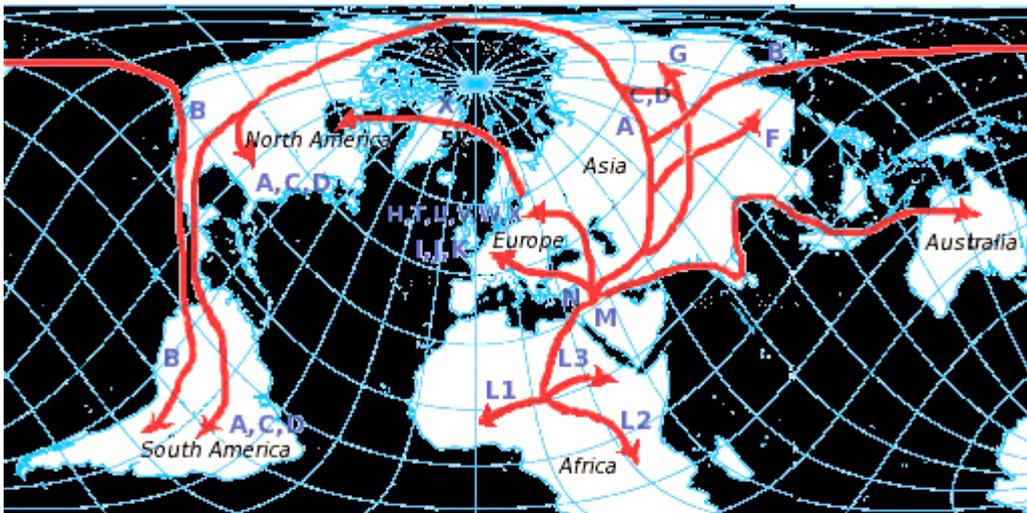
### La mitociencia.

Entre los expertos domina la idea de que la Ciencia nació como consecuencia de la inquietud de la mente humana por explicar los fenómenos que tenían lugar en la naturaleza, pero al principio de la historia humana las explicaciones al respecto eran pueriles y fantásticas, cargadas de misticismo y subjetividad. En realidad, parece que antes del surgimiento de la Ciencia se habría desarrollado lo que podríamos llamar Mitociencia (un intento fallido de hacer Ciencia, ya que no superaba los dominios de la Mitología). Dicha Mitociencia se podría concebir como una especie de teorización fantástica, que trataba de explicar los fenómenos a través de la fantasía y la emotividad desbordantes, tal como hacen los niños. Era, pues, una ciencia infantil o infantiloides.

### El despertar de la razón.

Según los estudiosos de la evolución del conocimiento humano, parece ser que desde el origen de la humanidad hasta el tiempo de la Grecia clásica la inmensa mayoría de las culturas recurrió al mito co-

mo elemento primordial para la explicación de las grandes incógnitas existenciales y el origen del universo. Sin embargo, en el lapso comprendido entre el siglo IV antes de la EC (era común o cristiana) y hasta el siglo II de la EC tuvo lugar, en una zona reducida del Mediterráneo, el nacimiento y desarrollo del pensamiento científico. No obstante, a tenor de lo que aporta el Génesis, los datos con los que cuentan los investigadores para recomponer el pasado histórico de la humanidad, en donde quedaría enmarcado el estudio del apareamiento y desarrollo del pensamiento racional, son extremadamente escasos y equívocos. Al parecer, no queda constancia alguna de la época prediluviana, salvo por lo que de ella se dice en el Génesis (ver G023, Creencias bioetiológicas prediluvianas, página 5 y siguientes). Tampoco hay casi nada sobre la franja temporal posdiluviana-prebabeliana (ver G025, Franja prebabeliana, página 2 y siguientes). Por lo tanto, los exiguos datos que emplean los investigadores para componer una interpretación de la evolución cognoscitiva de la humanidad son datos posbabelianos (ver G027, La dispersión posbabeliana).



**Migraciones humanas, partiendo de un punto inicial correspondiente a la antigua zona babeliana, según datos aportados por el ADN mitocondrial.**

Pero los datos de la época posbabeliana (después de la dispersión de Babel) pueden ser muy engañosos, puesto que dependen de los avatares del grupo lingüístico que se esté considerando. Hubo grupos que sufrieron una fuerte regresión cultural y tecnológica, en tanto que otros grupos conservaron su nivel intelectual ancestral (adquirido antes de la dispersión babeliana) o incluso tendieron a superarlo. Dicha heterogeneidad en la evolución cultural de los distintos grupos es malinterpretada por los evolucionistas materialistas afirmando que los restos antropológicos menos avanzados culturalmente precedieron a los más avanzados, descendiendo estos últimos de los primeros. Pero esa componenda teórica es simplista y forzada, razón por la cual la antropología evolutiva se enfrenta a tantas paradojas y presunciones inestables.

De aquí se desprende que la Mitociencia debió medrar entre algunos grupos lingüísticos posbabelianos que sufrieron un retroceso considerable en su primitivo acervo cultural, y esa merma se transmitió a la prole e incluso se acrecentó de generación en generación en determinados casos. De todas formas, bien es verdad que hacia el siglo IV antes de la EC se frenó el descenso intelectual en (al menos) algunos enclaves singulares del Mediterráneo. Para ese tiempo en particular ya existían, y habían existido, grandes imperios posbabelianos; pero parece que todos ellos solían imponer a sus súbditos una férrea dictadura mental y religiosa, de tal manera que el progreso venía empañado por dogmas y premisas cargadas de subjetivismo. Carl Sagan, en su libro *COSMOS*, editado en español en 1980, página 174 y siguientes, explica:

«Durante miles de años los hombres estuvieron oprimidos —como lo están todavía algunos de nosotros— por la idea de que el universo es una marioneta cuyos hilos [son manejados por] dioses [...] inescrutables. Luego, hace 2 500 años, hubo en Jonia un glorioso despertar [y dicho despertar] se produjo

en Samos y en las demás colonias griegas cercanas que crecieron entre las islas y ensenadas del activo mar Egeo oriental... Esta revolución creó el Cosmos del Caos. Los primitivos griegos habían creído que el primer ser fue el Caos, [y dicho] Caos creó una diosa llamada Noche y luego se unió con ella, y su descendencia produjo más tarde todos los dioses y los hombres. Un universo creado a partir [del] Caos concordaba perfectamente con la creencia griega en una naturaleza impredecible manejada por dioses caprichosos. Pero en el siglo sexto antes de Cristo, en Jonia, se desarrolló un nuevo concepto, una de las grandes ideas de la especie humana. El universo se puede conocer, afirmaban los antiguos jonios, porque presenta un orden interno: hay regularidades en la naturaleza que permiten revelar sus secretos. La naturaleza no es totalmente impredecible; hay reglas a las cuales ha de obedecer necesariamente. Este carácter ordenado y admirable del universo recibió el nombre de Cosmos.



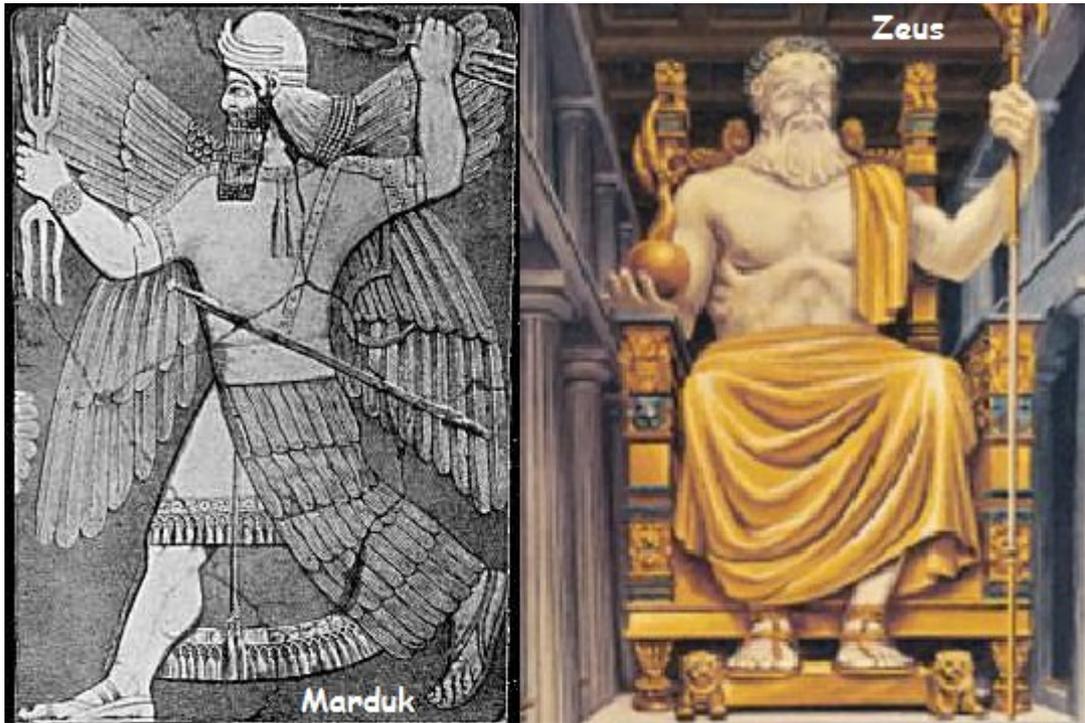
Pero, ¿por qué todo esto en Jonia, en estos paisajes sin pretensiones, pastorales, en estas islas y ensenadas remotas del Mediterráneo oriental? ¿Por qué no en las grandes ciudades de la India o de Egipto, de Babilonia, de China o de Centroamérica? China tenía una tradición astronómica vieja de milenios; inventó el papel y la imprenta, cohetes, relojes, seda, porcelana y flotas oceánicas. Sin embargo, algunos historiadores atinan que era una sociedad demasiado tradicionalista, poco dispuesta a adoptar innovaciones. ¿Por qué no la India, una cultura muy rica y con dotes matemáticas? Debido según dicen algunos historiadores a una fascinación rígida con la idea de un universo infinitamente viejo condenado a un ciclo sin fin de muertes y nuevos nacimientos, de almas y de universos, en el cual no podía suceder nunca nada fundamentalmente nuevo. ¿Por qué no las sociedades mayas y aztecas, que eran expertas en

astronomía y estaban fascinadas, como los indios, por los números grandes? Porque, declaran algunos historiadores, les faltaba la aptitud o el impulso para la invención mecánica. Los mayas y los aztecas no llegaron ni a inventar la rueda, excepto en juguetes infantiles.



Los jonios tenían varias ventajas. Jonia es un reino de islas. El aislamiento, aunque sea incompleto, genera la diversidad. En aquella multitud de islas diferentes había toda una variedad de sistemas políticos. Faltaba una única concentración de poder que pudiera imponer una conformidad social e intelectual en todas las islas. Aquello hizo posible el libre examen. La promoción de la superstición no se consideraba una necesidad política. Los jonios, al contrario que muchas otras culturas, estaban en una encrucijada de civilizaciones, y no en uno de los centros. Fue en Jonia donde se adaptó por primera vez el alfabeto fenicio al uso griego y donde fue posible una amplia alfabetización. La escritura dejó de ser un monopolio de sacerdotes y escribas. Los pensamientos de muchos quedaron a disposición de ser considerados y debatidos. El poder político estaba en manos de mercaderes, que promovían activamente la tecnología sobre la cual descansaba la prosperidad. Fue en el Mediterráneo oriental donde las civilizaciones africana, asiática y europea, incluyendo a las grandes culturas de Egipto y de Mesopotamia, se encontraron y se fertilizaron mutuamente en una confrontación vigorosa y tenaz de prejuicios, lenguajes, ideas y dioses. ¿Qué hace uno cuando se ve enfrentado con varios dioses distintos, cada uno de los cuales reclama el mismo territorio? El Marduk babilonio y el Zeus griego eran considerados, cada uno por su parte, señores del cielo y reyes de los dioses. Uno podía llegar a la conclusión de que Marduk y Zeus eran de hecho el mismo dios. Uno podía llegar también a la conclusión, puesto que ambos tenían atributos muy distintos, que uno de los dos había sido inventado por los sacerdotes. Pero si inventaron uno, ¿por qué no los dos?

Y así fue como nació la gran idea, la comprensión de que podía haber una manera de conocer el mundo sin la hipótesis de un dios; que podía haber principios, fuerzas, leyes de la naturaleza, que permitieran comprender el mundo sin atribuir la caída de cada gorrión a la intervención directa de Zeus».

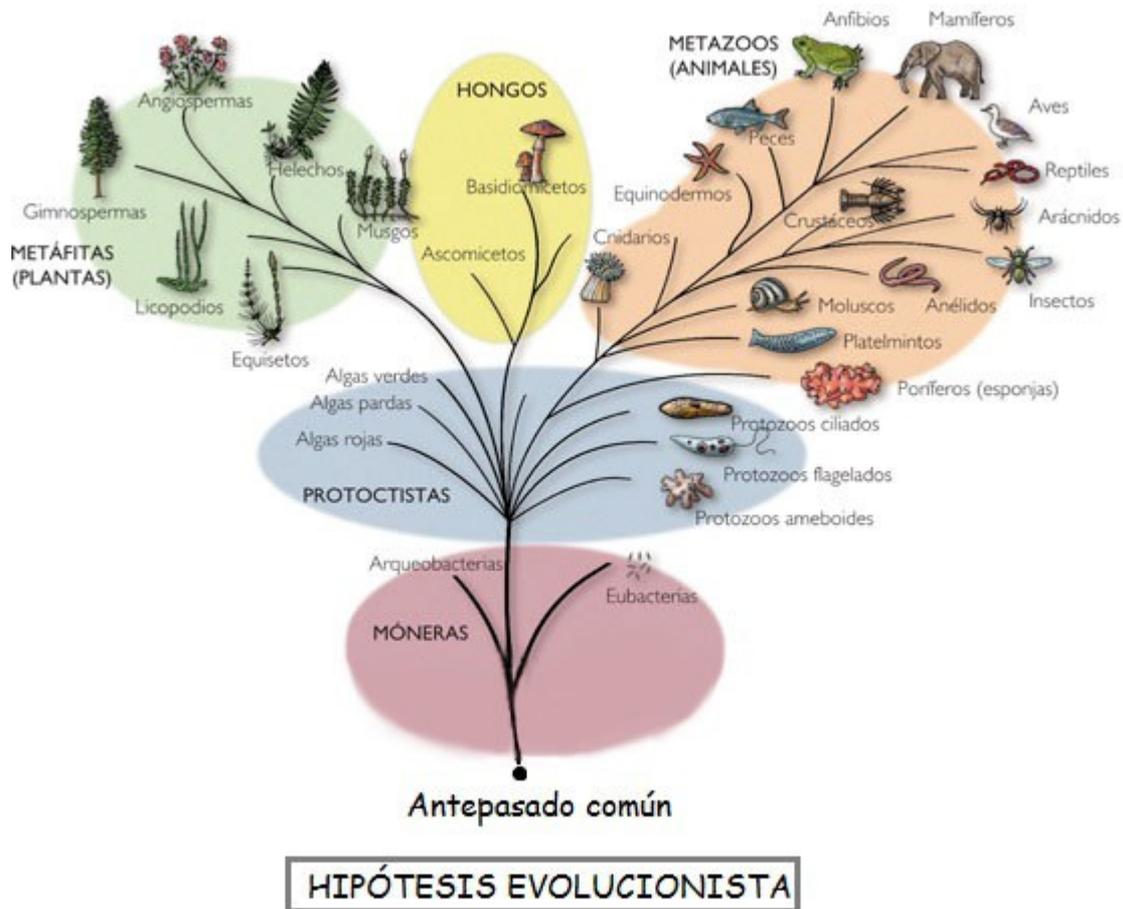


El alejamiento progresivo de la humanidad con respecto a su Creador, tras la dispersión posbabeiana, dio paso a una serie de dioses inventados y remotos para el hombre, caprichosos, de intenciones y personalidades desconocidas e imprevisibles, controladores en exceso y a la vez extremadamente distantes, frecuentemente terroríficos y crueles, intolerantes y exigentes, implacables y racionalmente incomprensibles. Desde el truncado registro histórico acerca del sentimiento religioso colectivo (un legado cuasi nulo, salvo el aporte del Génesis), parco con respecto a los verdaderos orígenes, han fantaseado la mayoría de los comentaristas y especuladores científicos, por lo que las conclusiones de estos investigadores, entre quienes figura el doctor Sagan, son obligadamente deficientes en muchos aspectos. Por ejemplo, la decadencia religiosa humana fue la que condujo a una saturación de mitología y a un empobrecimiento mayúsculo de la capacidad colectiva para mantener el buen juicio con relación a creencias y criterios existenciales. Sucedió algo parecido a lo acontecido en la Edad Media, en lo más crudo del Oscurantismo europeo, cuando se desarrolló una de las más abominables regresiones culturales de la que hay constancia: la pérdida del bagaje de elaborados conocimientos de la antigüedad y su reemplazo por las más absurdas supercherías concebibles y la más estúpida cretinización de la masa humana.

Una situación tan extrema como ésta provoca inevitablemente una reacción álgida por parte de algunos individuos preclaros de la sociedad afectada, y tal cosa sucedió precisamente incluso antes de que se extinguiera la Edad Media en Europa. Sobrevino como un impulso de cambio vehemente cuando soplaron los vientos del Renacimiento, los cuales demandaban con intensidad el uso de la razón y de la experimentación científica, para adaptar los conocimientos a la realidad objetiva y no la realidad a los conocimientos subjetivos. De manera parecida, los pensadores jonios de la antigüedad reaccionaron con un fuerte despliegue de racionalidad frente a las contradicciones e incoherencias de las creencias tradicionales e ilógicas de sus contemporáneos de otras naciones.

Pero el empeño racionalista jonio no estaba exento de riesgos, aunque diera la impresión primaria de contribuir a la emancipación liberadora de la mente humana. Un efecto negativo fue el apartar al investigador de su Creador, contribuyendo al desarrollo del materialismo científico, el cual, en su estadio histórico contemporáneo, ha dado a luz al paradigma evolutivo materialista y a la hipótesis criteriológica fundamental de la Metaevolución, que tienden a capturar dogmáticamente todo el pensamiento del hom-

bre del siglo XXI y a sumergirlo en un despropósito existencial contraproducente. El mismo libro, *COSMOS*, en su página 174, expone: «Hace 2 500 años, hubo en Jonia un glorioso despertar: se produjo en Samos y en las demás colonias griegas cercanas que crecieron entre las islas y ensenadas del activo mar Egeo oriental. Aparecieron de repente personas que creían que todo estaba hecho de átomos; que los seres humanos y los demás animales procedían de formas más simples; que las enfermedades no eran causadas por demonios o por dioses; que la Tierra no era más que un planeta que giraba alrededor del Sol. Y que las estrellas estaban muy lejos de nosotros» (Se ha subrayado la frase que insinúa cómo comenzó a fraguarse la doctrina que culminaría en el evolucionismo moderno).



Parece que la secuencia de acontecimientos que culminó en la decantación de los jonios hacia la ciencia materialista y racionalista comenzó por un alejamiento previo de la humanidad de la guía del Creador, allá en los comienzos. Posteriormente hubo un recrudecimiento considerable de dicho desapego, durante la dispersión posbabeliana. Esto supuso un descenso degradatorio del pensamiento colectivo, que condujo a la cretinización mitológica y al subjetivismo cognoscitivo. Semejante estado exasperó a las mentes más preclaras, especialmente aquéllas que vivían en el clima intelectual favorable de las islas del Egeo. En breve, éstas se plantearon un enfoque que pretendía liberar al ser humano de los atavismos a la mitología y a la Mitociencia. Semejante enfoque, obviamente, pasaba por depurar al conjunto de los conocimientos adquiridos de toda clase de contaminantes emotivos y subjetivos, de los cuales la mitología y la religión estaban abundantemente impregnadas. El resultado no podía ser otro que el establecimiento del materialismo científico. Ello nos trae a la memoria el siguiente texto salomónico: "Existe un camino que es recto ante el hombre, pero los caminos de la muerte son su fin después" (Proverbios 14:12).

Realmente, los jonios tomaron el aparente "camino recto" de eliminar de la nueva ciencia todo vestigio de mitología, religiosidad y subjetivismo; y podemos decir que desde el prisma puramente humano no les quedaba una mejor elección. Sin embargo, no les fue posible percatarse de que con tal acción echaban también a un lado un tipo de religiosidad singular, edificante y extremadamente deseable: la conexión con el Creador de la realidad, del universo, del cuerpo humano y de todo lo que existe. En aquellos días, tal conocimiento estaba disponible, de manera tímida, en la maltrecha tierra de Judá.

## La hegemonía de la razón.

El desmantelamiento del imperio romano de occidente trajo consigo el sepultamiento general de los conocimientos amasados por los griegos y el comienzo en Europa de una época de oscurantismo y devastación de la cultura, así como la imposición de un sistema social basado en la guerra y la rapiña, la superstición y el embrutecimiento, la ignorancia y el temor irracional. Éstas eran las características del feudalismo, cuyos estragos culturales fueron parcialmente contrarrestados por la laboriosidad de los monjes en los monasterios, lugares de retiro religioso que sirvieron además de escondite o refugio para innumerables obras y traducciones de documentos valiosos acerca del pensamiento académico de muchos autores clásicos de la antigüedad.

Esta mengua cultural se produjo en la Europa medieval como consecuencia de la pérdida del orden establecido por el imperio romano, a resultas de la desintegración de éste. Dicho menoscabo guarda interesantes similitudes con el embrutecimiento que determinados grupos humanos experimentaron después de la dispersión posbabeliana.

Al igual que los jonios de la antigüedad, quienes reaccionaron contra la incoherencia, la superficialidad y el dogmatismo de los conocimientos de su época, así también hubo una reacción álgida por parte de algunos pensadores europeos durante la segunda parte de la Edad Media, dando lugar al denominado Renacimiento, un movimiento de restauración y rescate del modo de pensar de los antiguos artistas, filósofos e investigadores de la Grecia Clásica. Entre las ideas que fueron desenterradas o re-descubiertas figuraban no pocos elementos intelectuales procedentes de los científicos jonios que, muchos siglos atrás, habitaron las racionalmente productivas islas del Egeo.



En la segunda mitad del siglo XVIII, pese a que más del 70% de los europeos eran analfabetos, la intelectualidad y los grupos sociales más relevantes descubrieron el papel que podría desempeñar la razón, íntimamente unida a las leyes sencillas y naturales, en la transformación y mejora de todos los aspectos de la vida humana. Se desarrolló entonces un movimiento cultural e intelectual conocido como la **ILUSTRACIÓN**. Según Kant "la Ilustración significa el movimiento del hombre al salir de una puerilidad mental de la que él mismo es culpable. Puerilidad es la incapacidad de usar la propia razón sin la guía de otra persona. Esta puerilidad es culpable cuando su causa no es la falta de inteligencia, sino la falta de decisión o de valor para pensar sin ayuda ajena".

Los ilustrados pensaban que estas leyes básicas y naturales que gobiernan todo el universo podían ser descubiertas por el método cartesiano y aplicadas universalmente al gobierno humano y a las sociedades antrópicas. Por ello, la élite de esa época sentía enormes deseos de aprender y de enseñar lo aprendido, siendo fundamental el uso del raciocinio y la búsqueda del rigor lógico. Como característica común hay que señalar una extraordinaria fe en el progreso y en las posibilidades de los hombres y mujeres para dominar y transformar el mundo.

Los ilustrados exaltaron la capacidad de la razón para descubrir las leyes naturales y la tomaron como guía en sus análisis e investigaciones científicas. Defendían la posesión de una serie de derechos naturales inviolables, así como la libertad frente al abuso del poder absoluto. Criticaron la intolerancia en materia de fe, las formas religiosas tradicionales y al supuesto "Dios castigador" de la Biblia que brotaba de la teología pseudocristiana, y finalmente rechazaron toda creencia que no estuviera fundamentada en una concepción antropocéntrica y naturalista de la religión. Estos planteamientos, relacionados íntimamente con las aspiraciones de una burguesía ascendente, penetraron en otras capas sociales poten-

ciendo un ánimo crítico hacia el sistema económico, social, político y religioso establecido, que culminó en la Revolución francesa. También, parece que la criteriología de la Ilustración potenció enormemente el desarrollo de la ALTA CRÍTICA BÍBLICA (ver Nota, a continuación).

NOTA:

La "Ilustración" fue una época histórica y un movimiento cultural e intelectual europeo —especialmente en Francia e Inglaterra— que se desarrolló desde fines del siglo XVII hasta el inicio de la Revolución Francesa, aunque en algunos países se prolongó durante los primeros años del siglo XIX. Fue denominado así por su declarada finalidad de disipar las tinieblas de la humanidad mediante las "luces" de la razón. El siglo XVIII es conocido, por este motivo, como el "Siglo de las Luces".



Los pensadores de la Ilustración sostenían que la razón humana podía combatir la ignorancia, la superstición y la tiranía, y construir un mundo mejor. La Ilustración tuvo una gran influencia en aspectos económicos, políticos, religiosos y sociales de la época. La expresión en las artes de este movimiento intelectual se denominó Neoclasicismo.

La época de la Ilustración impuso una nueva norma filosófica. Se aceptó el racionalismo, y con éste la insistencia en que la razón debía ser el árbitro final en cuanto a la verdad. El racionalismo combatió las creencias en los fenómenos sobrenaturales, lo cual llevó a muchos a negar que hubiera un canon bíblico divinamente inspirado. Personajes tales como el pastor luterano alemán H. B. Witter, el médico francés Jean Astruc, el erudito alemán J. G. Eichhorn, K. D. Ilgen, el sacerdote escocés Alexander Geddes, el alemán J. S. Vater, L. De Wette y otros, en conjunto, sirvieron a modo de máquina barrenadora contra la credibilidad del mensaje contenido en la sagrada escritura.

Los grandes pensadores ilustrados y racionalistas, incluidos los teólogos de la Alta Crítica, contribuyeron a la implantación de la creencia en que Dios, el Creador, es un ser impersonal, carente de emociones y sentimientos, distante del hombre y del mundo en el que éste vive. A tal punto de vista debió contribuir la importancia excesiva que los racionalistas concedían al uso del "raciocinio puro", al grado de cuasi idolatrarlo como si se tratara de la única tabla de salvación para la humanidad. En semejante clima intelectual encontró fácil eco el materialismo científico y filosófico, así como la resultante inmediata de éstos, emergida desde los dominios académicos de la historia natural: la doctrina evolucionista.

El evolucionismo afirmaba que el hombre procedía, no de la obra de un Diseñador Supremo, tal como declara el Génesis, sino de bestias simiescas que con el transcurso del tiempo transformaron su conducta animalesca y su cuadrupedia hasta conseguir un porte más humano, al tiempo que comenzaron a usar piedras, varas, lanzas rústicas y otros instrumentos, progresivamente más y más sofisticados, en el interés de la supervivencia. Entonces, según esta doctrina, el ser humano, en las cavernas o en primitivos asentamientos relativamente seguros, comenzó a mirar hacia el cielo y a intentar entender los fenómenos celestes. Poco a poco, por tanto, surgió el pensamiento racional y la bestia simiesca se transformó en un espécimen menos dominado por la tiranía de los instintos.

Estas nociones evolucionistas, aunadas al racionalismo materialista en auge, auspiciaron la idea de que en la lucha por la supervivencia fue determinante el uso la fuerza intelectual derivada de la razón, o la hegemonía del raciocinio humano, que elevó al hombre muy por encima de los animales. De ahí que las emociones se llegaran a considerar como un lastre, que tiende a ralentizar el desarrollo de la razón. La educación racionalista se impuso, y dominó casi todo el paisaje docente hasta la segunda mitad del siglo XX. El hombre del futuro, que saltaría al espacio interestelar y conseguiría poblar el universo con colonias de individuos de su propia especie, debería potenciar al máximo sus habilidades racionales y subyugar hasta el extremo, o extinguir totalmente, sus componentes emotivas residuales (reliquias, éstas, de su pasado animalesco). Así se pensaba, a nivel general, hasta hace relativamente poco tiempo.

No extraña que el concepto que el creyente promedio tenía de Dios (entre los escasos seres humanos que iban quedando con un sentimiento religioso genuino) se viera afectado por estos esquemas, especialmente si tal creyente estaba en posesión de una educación superior. Por lo tanto, esta influencia ra-

cionalista y materialista ha repercutido en el concepto que los creyentes tienen de Dios en el sentido de preconizar que el Todopoderoso no es más de una fuerza impersonal, distante e ignota, inasequible y absolutamente desprovista de emociones y sentimientos; y, por ende, completamente indiferente a las miserias y necesidades humanas. A esta sombría conclusión contribuyó, adicionalmente, una serie de interrogantes no resueltos (o mal respondidos) por los más conspicuos teólogos contemporáneos. Entre estos interrogantes, catalogados académicamente como focos de paradojas insuperables, figuran los siguientes: ¿Si el Creador es un Dios de amor: por qué permite el sufrimiento y la maldad que se observan en la sociedad humana? ¿Si el Creador desea que le conozcamos: por qué permite que proliferen tantas religiones y tantas creencias confusas, frecuentemente ilógicas, contradictorias y hostiles, unas para con otras? ¿Cómo es posible que un Dios de amor haya creado una biosfera en la que se atisba una competitividad atroz y una depredación inmisericorde entre especies vivientes distintas, y a veces hasta dentro de una misma especie? (Nota: en futuras monografías se abordarán convenientemente estas paradojas).



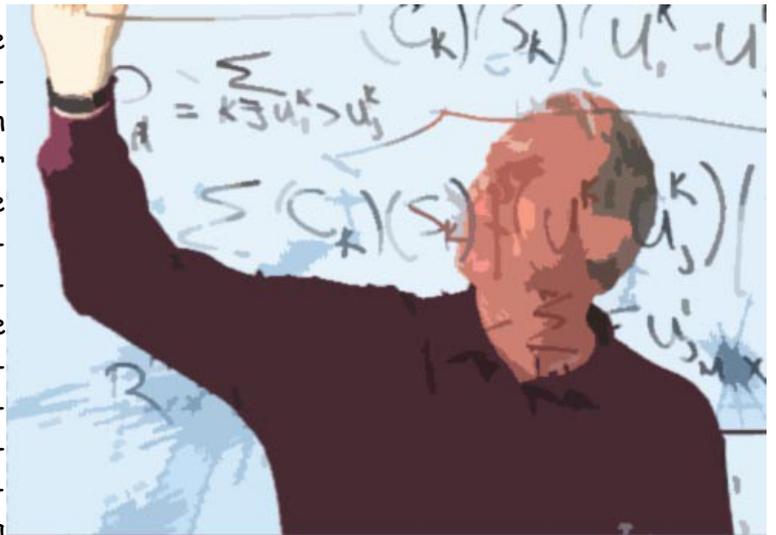
Si bien no parece haber respuestas humanas para esas cuestiones, tenemos que decir que la sagrada escritura contiene (explícita o implícitamente) las anheladas respuestas, por lo que para hallarlas es necesario esforzarse concienzudamente por adoptar el enfoque correcto. Tal enfoque no puede provenir de una imposición criteriológica humana, como casi siempre han hecho los teólogos (por ejemplo, intentando comprender los pasajes sagrados a través de elementos filosóficos tomados del pensamiento de Platón y de Aristóteles); sino que se debe buscar, ante todo, la guía interpretativa que emana del tema fundamental de la sagrada escritura, es decir, del conocimiento de "por qué" y "para qué" ha sido dada la Biblia (Nota: estos dos interrogantes son despejados por la propia Biblia, como también veremos en futuras monografías).

### Razón y emoción.

¿Qué criterio, lógica o razonamiento llevó a los pedagogos y pensadores occidentales a rechazar de plano las emociones y a elevar la "razón o raciocinio" por encima de toda otra cosa? Parece que la idea de ver a las emociones y sentimientos como si fueran un lastre intelectual fue la causa. Evolucionistamente hablando, se creía que el ascenso en la escala filogenética para órdenes de seres vivos superiores comportaba una obligatoria pérdida de las componentes emotivas en favor de una ganancia para las facultades intelectivas vinculadas al raciocinio. De hecho, buena parte de la cinematografía de ciencia ficción del siglo pasado, haciéndose eco de este paradigma racionalista, daba por sentada la hipótesis de que el progreso de las civilizaciones del futuro dependería básicamente del uso máximo del raciocinio y la re-

presión del "parasitismo" emocional. Es decir, la clave del éxito radicaría en eliminar la influencia que las emociones y los sentimientos ejercen sobre la mente racional, a la vez que se debía potenciar todo lo posible el desarrollo de dicha mente racional.

Sin embargo, hacia finales del siglo XX se produjeron una serie de avances y descubrimientos en las ciencias cognoscitivas que pulverizaron el paradigma racionalista y concedieron un lugar prominente a los fenómenos emocionales que se desarrollan en la mente humana. También, la tecnología computacional, al intentar emular el lenguaje humano para poder construir sistemas de traducción de alto nivel, así como estructuras informatizadas con capacidad de aprendizaje y redes neuronales simuladas que condujeran a la obtención de máquinas con comportamientos inteligentes (inteligencia artificial), se vio forzada a



dar a luz una especie de "biónica computacional" (ingeniería basada en la emulación de los circuitos neuronales del cerebro, de los mecanismos adaptativos inteligentes de animales y plantas, etc.), la cual, a su vez, requería vehementemente de una inversión no pequeña en investigaciones de carácter psicológico, neurológico, pedagógico, lingüístico y así por el estilo. Es posible que, a raíz de esta demanda, las ciencias cognitivas y neurológicas hayan visto elevada su reputación a unos niveles de categoría académica bastante honorables.

Al parecer, los estudiosos de los procesos mentales y los ingenieros informáticos que intentaban crear inteligencia artificial se percataron de que una pieza clave e ineludible para poder entender (y luego intentar emular) a los sistemas inteligentes naturales giraba en torno a la noción de "decisión", es decir, alrededor de la capacidad de un ser viviente para elegir entre varias opciones y lograr acierto o éxito en dicha elección. Dicho "éxito" podría referirse a una contribución en favor de la supervivencia, del ahorro de energía, del bienestar, etc. En consecuencia, el problema de la "decisión" había que analizarlo y estudiarlo a fondo, puesto que encerraba una complejidad no pequeña; por ejemplo, había que vincular la "toma de decisiones" a una criteriología de base que pudiera servir para puntuar el grado de acierto o desacierto en la elección de una decisión, o sea, la medida de su éxito. Una tal "criteriología básica" suponía, pues, un reto aparentemente infranqueable para una máquina informática: hasta la fecha todos los sistemas computacionales reciben dicha criteriología de la fuente humana que los ha producido, no de ellos mismos.

Se han difundido varios documentales científicos y se han publicado muchos artículos recientes que muestran, con cada vez más insistencia, que las decisiones son fundamentalmente emocionales; es decir, es la emoción la que mueve a tomar la decisión, y no la razón o el raciocinio. Por lo visto, el raciocinio puro actuaría como un grifo que sirve para llenar una enorme base de datos en donde se encuentran todas las posibles opciones, estudiadas hasta el más mínimo detalle, pero desde la más absoluta frialdad analítica, sin compromiso alguno con cualquiera de dichas alternativas. De ahí que el verdadero desafío que se presenta para la creación de inteligencia artificial es la elaboración de algún mecanismo eficaz que pueda dotar de emoción a la máquina, de tal manera que ésta sea capaz de tomar decisiones por sí misma. De otra manera, la inteligencia artificial se quedaría relegada a lo que pudiéramos llamar un "sistema experto", esto es, una enorme y sofisticada base de datos que contiene toda la experiencia de un grupo de individuos versados en determinado campo del saber y cuya criteriología de decisión no sería más que el reflejo informatizado de la toma de decisiones humana del equipo técnico que diseñó dicho sistema y/o el de los expertos que contribuyeron con sus conocimientos. Al presente, parece que toda tentativa de creación de inteligencia artificial no ha conseguido despegar de la plataforma tecnológica cuya vanguardia está nutrida por una avanzada camada de "sistemas expertos".

## Toma de decisiones bacteriana.

Se entiende por DECISIÓN al resultado de DECIDIR, siendo "Decidir" una palabra proveniente del verbo latino "Decidére", que significa "separar por medio de un corte, de una ruptura o de un talado". Es una fusión de los términos DE o DIS, que connotan "separación", y CAEDÉRE, que puede traducirse como "cortar, romper o talar".

Originalmente, el verbo latino CAEDÉRE pertenecía al argot de los leñadores y de las comunidades rurales, y se usaba para significar cortamiento o tala de árboles y de las ramas de éstos. Y cuando, como solía ser en la mayoría de los casos, dicha tala era selectiva se usaba el verbo DECIDÉRE: se elegía qué árboles y/o ramas talar y cuáles conservar, según cierto criterio de conveniencia. Es evidente, pues, que DECIDÉRE era un verbo que implicaba una CRITERIOLOGÍA de base, una capacidad de ELECCIÓN y una LIBERTAD de acción.



Posteriormente, DECIDÉRE pasó desde el campo rural al terreno moral, de una manera figurada. Todavía en latín, llegó a significar la eliminación selectiva de posibilidades, soluciones o vías morales salvo una de ellas, que era aquélla que interesaba conservar. DECIDIR llegó a ser sinónimo de ELEGIR, en determinados casos, pues ambos conceptos suponían optar por una de entre varias posibilidades (dos o más de ellas).

Hoy día, la facultad de un ente, individuo o colectividad para DECIDIR se estudia fundamentalmente en psicología bajo la denominación de TOMA DE DECISIONES, entendiéndose por DECIDIR como la capacidad de elegir entre una o más alternativas compatibles entre sí o que se presentan simultáneamente. Entonces surgen preguntas más o menos difíciles de abordar, las cuales ocupan muchos recursos académicos, clínicos y empresariales, figurando entre éstas: ¿Cuándo es mejor elegir una alternativa que otra u otras, en el proceso de toma de una decisión? ¿Por qué cuesta menos esfuerzo tomar una decisión en lugar de otra? ¿De qué manera produce mayor satisfacción la toma de una decisión determinada? ¿De qué factores depende el éxito futuro de una decisión?

La TOMA DE DECISIONES se define como el proceso que consiste en escoger una entre varias opciones. La forma en que los individuos toman decisiones en las organizaciones y la calidad de las opciones que eligen están influidas principalmente por sus percepciones, por sus creencias y por sus valores.

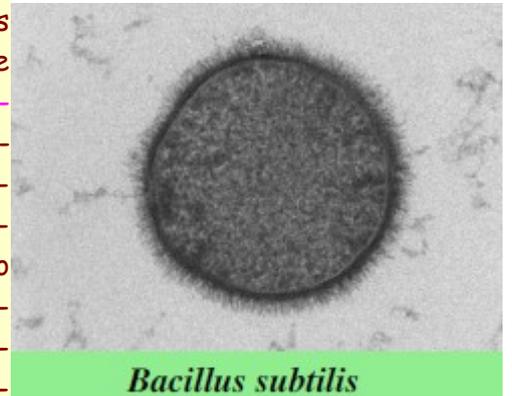
En los seres humanos, la toma de decisiones suele verse como una capacidad mental, más o menos consciente. Hasta es posible anticipar los resultados degradatorios que al respecto se producirían en un determinado individuo si a éste se le fuera restando poco a poco la funcionalidad cerebral, de manera que su lucidez mermara progresivamente. Así, si a una persona normal se le produce un menoscabo cerebral hasta convertirla en un "retrasado mental", es obvio que su capacidad decisoria se ve muy disminuida; y si ahora le añadimos una merma mayor, al grado de convertirla en un sujeto pasivo, en estado cuasi inconsciente, como le sucede al individuo que está en coma debido a un trauma cerebral, se hace patente que su capacidad decisoria será muy poca y estará gobernada mayormente por los mecanismos automáticos básicos (deglutir, respirar, reaccionar mecánicamente ante un estímulo táctil, etc.). En este último estadio parece que las decisiones, si es que se pueden llamar así, son actos reflejos gobernados por la porción del sistema nervioso de más bajo nivel, lo cual sugiere que tal vez se pueda rastrear la toma de decisiones en zoología (y hasta en botánica) con relación a especímenes vivientes muy bajos en la escala filogenética, incluso llegando a los seres unicelulares. ¿Ha sido posible esto? ¿Hay algún dato científico al respecto?

Existen evidencias recientes de que las bacterias, a nivel de individuo y a nivel de colectividad, toman decisiones. Estas decisiones tienen que ver con cuestiones simples que afectan a la vida individual y/o colectiva, de tal manera que, aun sin disponer de un sistema nervioso, estos pequeñísimos seres vivos pueden ejercer cierto grado de libertad decisoria, la cual está fuertemente determinada por la conveniencia o no conveniencia de tal o cual acción, de cara a la supervivencia de la especie o género de

vida. Y, debido a la escasa sofisticación de lo que pudiéramos llamar "mente bacteriana", las decisiones de estos microbios serían aparentemente básicas, pues su panel de posibilidades tiene pocas opciones.

Sin embargo, en la segunda mitad de la década de los años 2000 comenzaron a aparecer artículos científicos que condujeron a la idea de que las bacterias poseían una capacidad compleja en la toma de decisiones. Haciéndose eco de ello, un artículo publicado en la página de Internet "<http://www.cidipal.org>", y titulado "¿Pueden las bacterias enseñarnos a tomar decisiones vitales?", comenta lo siguiente:

«[Tenemos] mucho que aprender de las humildes bacterias cuando se toman decisiones (de vida o muerte) bajo condiciones de estrés (Nota: aquí la palabra **ESTRÉS** significa **CAUSA QUE PERTURBA LA VIDA BACTERIANA**), de acuerdo al médico de la Universidad de Tel Aviv [y profesor] Eshel Ben Jacob y varios biofísicos teóricos de la Universidad de California en San Diego, cuyo artículo de investigación sobre "Esporulación y Competencia del Bacilo SUBTILIS" fue publicado en el "Proceedings of the National Academy of Sciences". De acuerdo al profesor Eshel Ben Jacob de la Universidad de Tel Aviv, las bacterias como éstas tienen formas de ha-



*Bacillus subtilis*

cer frente al estrés y mucho podríamos aprender de ellas. Ben Jacob y sus colegas indicaron que la vida es complicada y apremiante, incluso para estas microscópicas criaturas (que viven en grandes colonias, cada una 100 veces más grande que el número de humanos en la Tierra). Los investigadores se preguntaban cómo la enfrentaban, y si sus estrategias para hacerlo podían ser descritas a un nivel molecular.

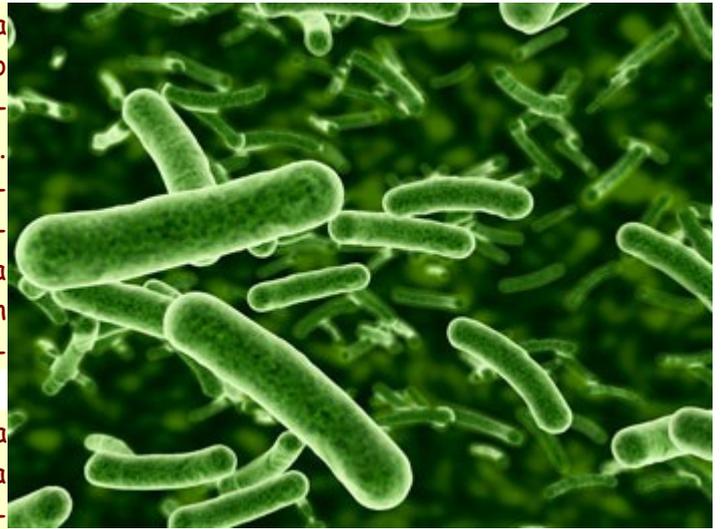
El siguiente estudio mostró cómo, bajo condiciones de estrés, las bacterias se comunican usando señales químicas y tomando decisiones de maneras sofisticadas, utilizando una compleja red de genes y proteínas para calcular intrincadas posibilidades, como [se haría] en "teoría [matemática] de juegos". Muchas bacterias, explicó Ben Jacob, reaccionan al hambre, a las toxinas y al daño en el ADN creando esporas —versiones más resistentes, dominantes hasta que las condiciones mejoren— que puedan autorregenerarse. Más de 500 genes diferentes están involucrados, y el proceso puede tomar alrededor de 10 horas. Termina cuando la célula madre muere y el ADN original se desintegra, mientras [una copia de] su genoma [...] se convierte en una espora. Esto, de manera desafortunada, no puede ocurrir en formas de vida más elevadas, en la cuales la decisión [sólo] es entre la vida y la muerte, dice el médico de la UTA (Universidad de Tel Aviv).

Un pequeño número de esas bacterias pueden revertirse a un estado intermedio llamado "competencia", en el cual el ADN —cubierto por [una especie de] "sobre"— puede todavía absorber sustancias de su medio ambiente, [pues] el organismo no es todavía una espora. En [semejante] caso, pueden absorber el ADN [desechado por los congéneres convertidos en] esporas, que [se encuentra esparcido en el] medio ambiente, y buscar [...] segmentos resistentes a los antibióticos (si el estrés es causado por estas drogas anti bacterianas); o consumir [los restos de ADN] como alimento (si el estrés es debido al hambre).

Ese estado intermedio causa que unas pocas bacterias "escogidas" sobrevivan, incluso si el medio ambiente no regresó a la normalidad, y se reproducen cuando la situación mejora y ya no necesitan ser casi esporas. El inconveniente de esto es que la alternativa irreversible es la muerte si las condiciones no mejoran, con la pérdida definitiva del ADN bacteriano. La investigación descubrió que sólo el 10 % de las bacterias escogían este último estado, y aquí es donde entra en escena la teoría de juegos (el "dilema del prisionero"), explicó Ben Jacob.

[La "teoría de juegos" es un área de la matemática aplicada que utiliza modelos para estudiar el comportamiento de individuos que interactúan a través de estructuras formalizadas de incentivos (juegos), mediante procesos de decisión. Desarrollada en sus comienzos como una herramienta para entender el comportamiento de la economía local e internacional, se usa actualmente en muchos campos, como en biología, sociología, psicología y filosofía. Experimentó un crecimiento sustancial y se formalizó por primera vez a partir de los trabajos de John von Neumann y Oskar Morgenstern, antes y durante la

Guerra Fría, debido sobre todo a su aplicación a la estrategia militar, en particular a causa del concepto de "destrucción mutua asegurada". Ahora bien, desde los años 1970 se ha aplicado a la conducta animal. También, a raíz de ciertos juegos, como el del "dilema del prisionero", en los que el egoísmo generalizado perjudica a los jugadores, la teoría de juegos ha atraído también la atención de los investigadores en informática, usándose en inteligencia artificial y cibernética].



[Aunque tiene algunos puntos en común con la "teoría de la decisión", la teoría de juegos estudia decisiones realizadas en entornos donde los participantes interaccionan. En otras palabras, estudia la elección de la conducta óptima por parte de un individuo cuando los costes y los beneficios de cada opción no están fijados de antemano sino que dependen de las elecciones de los otros individuos. Un ejemplo muy conocido de la aplicación de la teoría de juegos a la vida real es el ya mencionado "dilema del prisionero", popularizado por el matemático Albert W. Tucker, el cual tiene muchas implicaciones de cara a comprender la naturaleza de la cooperación humana].

La versión clásica del "dilema del prisionero" es acerca de dos prisioneros. Si solamente uno de ellos admite que cometió un crimen, recibirá dos años de cárcel, mientras que el otro recibirá seis. Si ambos confiesan, cada uno recibirá cuatro años; mientras que si ninguno lo hace, ambos serán liberados. La tentación reside en no confesar, pero uno no puede estar seguro de si el otro lo hará, causando que el que no confiese pase más tiempo tras las rejas.

Pues bien, en la situación de las bacterias no hay dos individuos solamente sino trillones de participantes, y además tienen una cantidad de tiempo muy limitada para decidir, dijo Ben Jacob. "Cada bacteria tiene que decidir si cooperará [convirtiéndose así en espora] o no, con lo cual [si no coopera] entrará en el estado de competencia. Y, a diferencia de la situación de los prisioneros, en el caso bacteriano existe un reloj o cronómetro interno que está puesto en marcha. Además, cada bacteria suele enviar [al medio] mensajes químicos sobre sus intenciones que pueden ser captados por todas las demás".

Ben Jacob dijo que las bacterias "usualmente no mienten" sobre sus propios planes, pero [hay una minoría que sí lo hace y ésta] tiene una oportunidad de ser sobreviviente. Las bacterias que "no quieren hacer trampa [, esto es, mentir,] pospondrán su decisión, viendo [entre tanto] cómo se formulan las decisiones de las otras bacterias". El nuevo artículo presenta un modelo que decodifica cómo las bacterias usan las redes de genes y proteínas para calcular los riesgos y los principios de la Teoría de Juegos que utilizan, concluyó él.

"[...] Nosotros [...] podríamos [...] aprender de ellas", dijo Ben Jacob. "La regla sencilla es que, cualquiera que tenga que tomar una decisión importante —vida o muerte en tiempos de estrés— debería esperar a ver la tendencia de los cambios, el proceso de riesgos y las posibilidades en profundidad, y solamente entonces decidir"».

Este artículo sobre la toma de decisiones bacteriana permite ver que a nivel colectivo es posible efectuar una predicción basada en métodos estadísticos, pero la estadística tiene poco o nada que decir (o predecir) para el caso de un individuo en particular. Semejantes hallazgos son muy similares en el ámbito de las poblaciones humanas: las tendencias colectivas pueden, hasta cierto grado, preverse, usando medios estadísticos para ello; sin embargo, a nivel individual no funciona la estadística. Incluso en la física de partículas parece darse bastante bien esta norma, ya que aparentemente es fácil prever, por ejemplo, el comportamiento de una masa de moléculas gaseosas; sin embargo, el método estadístico utilizado (física estadística) no sirve para predecir el comportamiento de una partícula en solitario. También da la impresión de que en "mecánica cuántica" se tiene una situación similar.

Las implicaciones de esta disminución de la capacidad de previsión estadística del comportamiento bacteriano a nivel individual nos induce a pensar que lo que en el ámbito macroscópico y humano denominamos "libertad", o "libre albedrío", bien pudiera alcanzar sus rudimentos en la "imprevisión" de la conducta de estos seres procariotas, considerados a nivel de individuo. Podríamos casi definirlo como un "libre albedrío elemental", o muy simple.



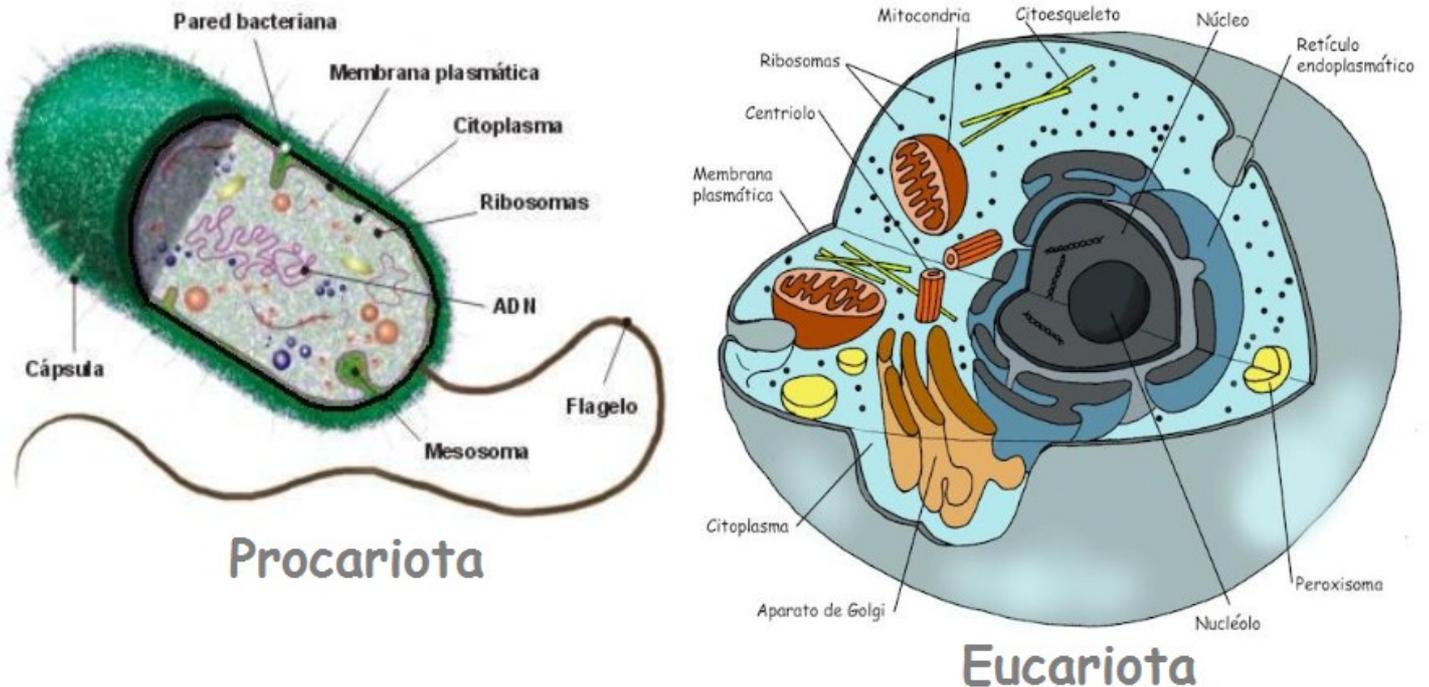
### **Toma de decisiones en eucariotas.**

La mundialmente aceptada "teoría celular", propuesta en 1838 para los vegetales y en 1839 para los animales, por Matthias Jakob Schleiden y Theodor Schwann, postula que todos los organismos vivos terrestres están compuestos por células, y que todas las células derivan de otras precedentes. De este modo, todas las funciones vitales emanan de la maquinaria celular y de la interacción entre células adyacentes; además, la tenencia de la información genética, base de la herencia biológica, en el ADN, permite la transmisión de la información que produce vida de generación en generación.

Existen dos grandes tipos de células: las "procariotas" (que comprende a las bacterias) y las "eucariotas" (divididas tradicionalmente en células animales y células vegetales, si bien se incluye además a los hongos). Las células procariotas son pequeñas y aparentemente menos complejas que las eucariotas; por lo general, no poseen un núcleo claramente diferenciado. Las bacterias son procariotas de dimensiones muy reducidas, de apenas unas micras (nota: una "micra" es la milésima parte de un milímetro, o bien la millonésima parte de un metro) en la mayoría de los casos; aunque carecen de un núcleo delimitado por una membrana, presentan un "nucleoide", esto es, una estructura elemental que contiene una gran molécula, generalmente circular, de ADN.

Se denominan "células eucariotas" a todas aquellas células que presentan un núcleo celular bien delimitado por una doble capa lipídica (la envoltura nuclear), la cual es porosa y contiene el material hereditario (fundamentalmente la información genética). A los organismos formados por multitud de células eucariotas (seres vivos pluricelulares) se les llama "eucariontes". Para los evolucionistas, hubo un paso de procariotas a eucariotas que significó un gran salto en la complejidad de la vida y uno de los más

importantes de su su hipotética evolución. Sin este supuesto paso, no habría sido posible alcanzar la complejidad que adquirieron las células eucariotas y tampoco habrían sido posibles posteriores pasos tales como la aparición de los seres pluricelulares. La vida, probablemente, se habría limitado a constituirse en un conglomerado de bacterias. De hecho, los cinco reinos restantes dependen de ese hipotético salto cualitativo. Para los evolucionistas, pues, el éxito de estas células eucariotas posibilitó las posteriores radiaciones adaptativas de la vida que han desembocado en la gran variedad de especies que existe en la actualidad.



La "biología descriptiva" nos informa acerca de los hallazgos obtenidos tras arduas y múltiples investigaciones en el campo de la microscopía de los seres vivos, en tanto que la "biología evolucionista" no ofrece más que una hipotética interpretación de dichos hallazgos. A lo largo de estas monografías, desde la G001 hasta la G079 (y las que tal vez quedan por elaborarse en el futuro, si las condiciones para ello lo permiten), se han expuesto multitud de argumentos, hechos e indicios que desacreditan a la teoría evolucionista, por lo que su interpretación de los datos aportados por la biología descriptiva resulta poco o nada fiable. En cambio, la interpretación creativista, aunque menos popular en los ambientes académicos actuales, debido en gran parte a que colisiona contra el paradigma materialista imperante, resulta ser, desde el punto de vista eriseísta, muchísimo más aceptable y convincente.

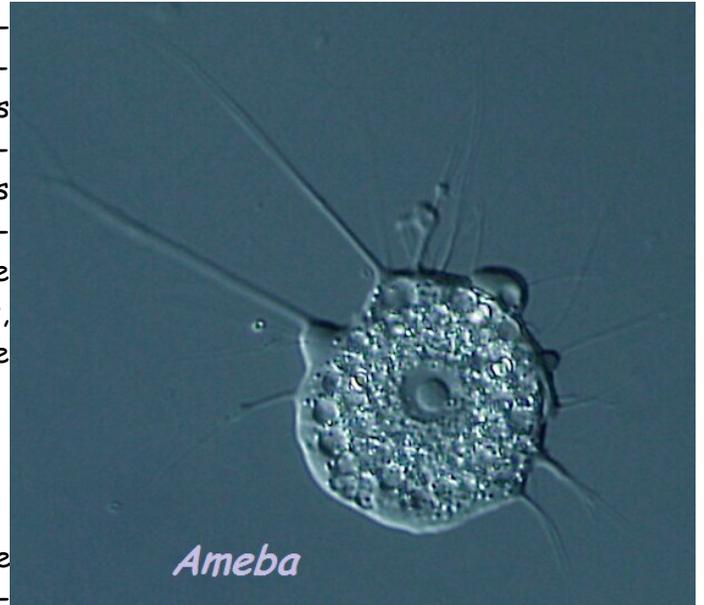
Desde el prisma eriseísta, las células eucariotas no derivan de las procariotas merced a un proceso casual y afortunado de refinamiento evolucionario, sino, más bien, gracias al cumplimiento de un proyecto deliberado de diseño inteligente patrocinado por el Sumo Hacedor, a saber, el Dios del Génesis (Jehová por nombre). Por otra parte, tal como se deriva de la observación de los datos descriptivos, las eucariotas presentan una estructura celular mucho más compleja que las procariotas en términos generales. Ello debería traducirse en una mayor complejidad decisoria, o sea, en una mayor opcionalidad o riqueza en cuanto a posibilidades de tomas de decisiones; y todo parece indicar que es así, en efecto.

De la misma manera que ocurría en el caso bacteriano, las decisiones eucariotas son estadísticamente más predecibles cuanto mayor sea la población de individuos unicelulares, estudiados como conjunto; pero al considerar un solo individuo, los métodos estadísticos no sirven. Además, como quiera que la complejidad estructural y funcional de una eucariota es notoriamente mayor que la de una procariota, también parece que la capacidad decisoria de un individuo eucariota, unicelular (una ameba, por ejemplo), es mayor que la de una procariota (una bacteria, por ejemplo). Esto es así porque el panel de opciones de la eucariota es mayor que el de la procariota, por razón de su mayor complejidad morfofuncional.

El descenso de la utilidad de la predicción estadística del comportamiento eucariota (o de cual-

quier otro ser viviente) se hace notorio a medida que disminuye la población considerada, hasta ser francamente inútil a nivel de individuo (conjunto poblacional unitario, o de un solo elemento), y esta imprevisión podría interpretarse como el "grado de libertad" del individuo estudiado. Así, la "libertad" del individuo en cuestión estaría vinculada a la impredecibilidad estadística de sus decisiones. Desde este enfoque, evidentemente, el grado de libertad de un unicelular eucariota sería mucho mayor que el de un unicelular procariota, por el hecho de que el panel de opciones del primero es mucho más amplio (mayor número de opciones a elegir); y en esta línea individual: a mayor panel de posibilidades correspondería una mayor impredecibilidad.

Aquí se puede establecer una diferencia fundamental entre un ser vivo y una máquina, por sofisticada que ésta sea. El comportamiento de una máquina (es decir, un aparato individual artificial que sirve para aprovechar, dirigir o regular la acción de una fuerza) es absolutamente previsible en su funcionamiento, al menos teóricamente; pero esto no ocurre en el caso de un ser vivo. Semejante diferencia explicaría, además, por qué una máquina carece de libertad (capacidad de elección impredecible).



*Ameba*

### Decisiones en eucariontes.

Los "eucariontes" son seres vivos que constan de una o más células eucariotas, abarcando desde organismos unicelulares hasta intrincados y verdaderos conglomerados pluricelulares en los cuales las diferentes células se especializan para realizar distintas tareas, y las cuales, en general, no pueden sobrevivir de forma aislada. Pertenecen a este dominio (o imperio) todos los animales, plantas y hongos, así como el reino Protista. Todos ellos presentan semejanzas a nivel molecular (estructura de los lípidos, proteínas y genoma) y comparten el mismo plan corporal de los eucariotas, muy diferente del de los procariotas.

Recientemente, el equipo biomédico del doctor Andre Levchenko, del Departamento de Ingeniería Celular del Instituto "Johns Hopkins", de la Universidad del mismo nombre (Baltimore, EEUU), ha efectuado, al parecer, un estudio pionero que combina las matemáticas con experimentos en células vivas, para traducir el funcionamiento interno de la toma de decisiones de la célula en un lenguaje matemático universal, permitiendo que el procesamiento de información en las células sea comparado con el procesamiento de datos que tiene lugar en los ordenadores. Esta nueva y llamativa investigación también demuestra por qué es ventajosa para las células la estrategia de cooperar entre ellas: Al formar parte de organismos multicelulares, logran superar su limitada capacidad de toma de decisiones.

Por lo visto, cada célula interpreta una señal proveniente del entorno de una manera diferente. Pero si muchas células actúan juntas, generando así una respuesta colectiva, el resultado puede eliminar las diferencias en la interpretación de la señal, en tanto que refuerza los rasgos comunes de las respuestas. Los investigadores también examinaron, por tanto, la idea de que las células podrían responder colectivamente a estímulos del entorno para tomar decisiones en conjunto y encontraron que grupos de tan pocas células como 14 podían duplicar el número de diferentes decisiones posibles para el grupo, en comparación con una sola célula.

El hecho de que grupos de células puedan tomar más decisiones que las células aisladas explicaría por qué la multicelularidad es una opción más provechosa en el mundo animal, y por qué las células a veces pueden lograr mucho más si trabajan juntas que si lo hacen por separado. Sin embargo, en todo esto, es necesario puntualizar que el logro se consigue cuando el conjunto de células da lugar a un ensamblaje para formar un organismo individual multicelular, con lo cual se obtiene un fenómeno emergente al que no

se le puede aplicar los métodos estadísticos para alcanzar una previsión o vaticinio competente que determine la toma de decisiones de dicho individuo, pues se trata precisamente de una estructura viviente indivisa. No se debe confundir la "pluricelularidad" de una estructura biológica, que se comporta como un solo individuo, con la "colectividad" celular, la cual no toma en cuenta la estructuración a nivel individual superior sino que sólo se enfoca en el estudio de una población de individuos (las propiedades del "todo" difieren de la suma o reunión de las propiedades de las partes que lo integran).



## *Seres Pluricelulares*

### **Eucariontes pluricelulares.**

Los organismos unicelulares se caracterizan porque todas sus actividades vitales son desarrolladas por una sola célula. Son unicelulares todos los organismos procariontes y algunos eucariotes del reino protista (protozoos), así como el reino de los hongos (levaduras). Cuando un organismo unicelular se reproduce, inmediatamente da lugar a dos células hijas independientes, que pueden permanecer juntas o en una colonia.

Los organismos pluricelulares están formados por un conjunto de células originadas por la proliferación de una célula inicial, llamada "cigoto" o "célula huevo". Todas las células resultantes tienen la misma información genética, pero sufren un proceso de diferenciación celular que da lugar a distintos tipos celulares.

Muchos organismos unicelulares se asocian, temporal o permanentemente, formando colonias. Éstas no son consideradas seres pluricelulares, dado que en ellos cada célula sigue realizando individualmente todas las funciones vitales y, por tanto, podrían vivir independientemente. Un organismo pluricelular, en cambio, está formado por un gran número de células y hay una especialización celular. Los seres pluricelulares más complejos poseen células muy especializadas que se agrupan en tejidos; y éstos, en órganos; los órganos, en aparatos; etc.

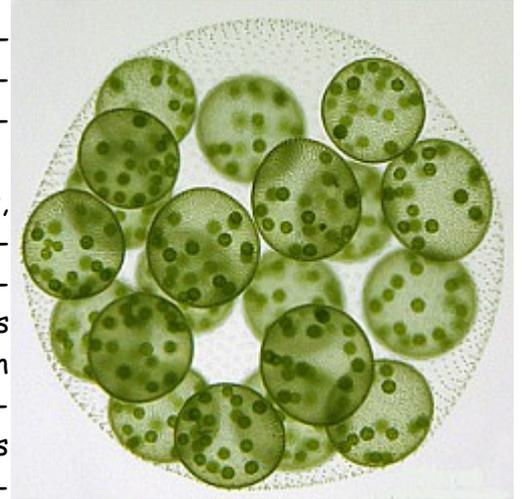
Las células especializadas de los seres pluricelulares están organizadas en tejidos. Todos los tejidos tienen células especializadas en realizar una función determinada. Las distintas variedades de tejidos se asocian para realizar funciones aún más especializadas y complejas: los órganos. A su vez, los órganos, que facilitan una misma función, forman un aparato o sistema.

La diferenciación celular es el proceso por el que las células adquieren una forma y una función

determinada durante el desarrollo embrionario o la vida de un organismo pluricelular, especializándose en un tipo celular. La pluricelularidad impone a las células necesidades que los unicelulares no tienen.

Para que las células de un organismo pluricelular puedan vivir, necesitan mantener la vida del organismo del que forman parte. Este organismo es una comunidad en que distintas células se especializan en diferentes funciones. Así, tenemos algunas células dedicadas a generar contracciones musculares, mientras que otras se dedican a la secreción o a la conducción de impulsos nerviosos... Como ya sugerimos, la pluricelularidad hace necesaria una diferenciación de las células, de modo que se especialicen en diferentes funciones. Por otra parte, es necesario que las células de un mismo tejido se coordinen entre sí, así como también que unos tejidos se coordinen con otros. Si cada grupo de células actuara con total independencia de lo que hace el resto, el organismo formado por ellas no podría mantenerse vivo.

No parece que las eucariotas que forman tejidos animales o vegetales sean más "libres" que las eucariotas unicelulares, como la ameba. La razón de ello puede estribar en la especialización y en la dictadura de una superestructura biológica (el tejido), que impone un considerable control sobre estas eucariotas tisulares. Sin embargo, el organismo pluricelular que resulta de la integración de esas eucariotas especializadas sí dispone de mayor grado de libertad que las eucariotas unicelulares independientes.



## El reino de las plantas.

Ya hemos visto anteriormente que los seres vivos se componen de una o más células, procariotas o eucariotas. Actualmente, muchos autores excluyen a los virus de entre los organismos vivientes, por lo que esa línea nebulosa que separa lo vivo de lo inerte se hace más clara a la luz de estos criterios subjetivos. No obstante, la verdadera clasificación entre la materia viva y la inerte, si algún día llegara a ser atisbada por el estudioso humano a un grado suficientemente cercano al criterio del Gran Diseñador de todo lo viviente, puede que tenga que esperar a un futuro más o menos distante.

Hoy día, pues, todos los seres vivos terrestres se consideran formados por células. Por tanto, podemos definir a la célula como la unidad morfológica y funcional de todo ser vivo. De hecho, la célula es el elemento de menor tamaño que puede considerarse vivo. Como tal posee una membrana de fosfolípidos con permeabilidad selectiva, que mantiene un medio interno altamente ordenado y diferenciado del medio externo en cuanto a su composición; y dicho medio interno, sujeto a control homeostático, consiste en biomoléculas y algunos metales y electrolitos. La estructura se automantiene activamente mediante el metabolismo, asegurándose la coordinación de todos los elementos celulares y su perpetuación por replicación a través de un genoma codificado por ácidos nucleicos.

Como ya se ha indicado, las células pueden ser de dos tipos básicos: procariotas y eucariotas. Los seres vivos formados por células eucariotas se llaman "eucariontes", y éstos son, a su vez, de dos clases: unicelulares y pluricelulares. Pues bien, dentro de los eucariontes pluricelulares se encuentran las plantas, los hongos y los animales.

En biología, se denomina "plantas" a los seres vivos fotosintéticos, sin capacidad locomotora y cuyas paredes celulares se componen principalmente de celulosa. Taxonómicamente están agrupadas en el reino "Plantae" y como tal constituyen un grupo de eucariontes pluricelulares conformado por las plantas terrestres y las algas que se relacionan con ellas; sin embargo, no hay un acuerdo entre los autores en la delimitación exacta de este reino. Obtienen la energía de la luz del Sol, que captan a través de la clorofila presente en sus cloroplastos, y con ella realizan la fotosíntesis, en la que convierten simples sustancias inorgánicas en materia orgánica compleja. Como resultado de la fotosíntesis, desprenden oxígeno (aunque, al igual que los animales, también lo necesitan para respirar).

En los últimos años, un pequeño grupo de investigadores de Alemania, Austria, Italia, Reino Unido, Japón, Sudáfrica y Estados Unidos ha desarrollado un nuevo campo de investigación: la neurobiología de las plantas. Y lo cierto es que sus descubrimientos están revolucionando los conceptos que tradicionalmente fijaban los límites entre el reino animal y el reino vegetal, ya que han descubierto que las plantas son capaces de desarrollar procesos cognitivos, algo que hasta ahora sólo se atribuía a los seres humanos y a los animales. Según estos investigadores, las plantas son capaces de sentir su entorno y recordar la información proporcionada por sus percepciones, y también son capaces de reaccionar en consecuencia. Algunas, incluso, pueden comunicarse con otras plantas y defenderse conjuntamente contra los depredadores. Los árboles de acacia en Sudáfrica, por ejemplo, reaccionan y se defienden contra los depredadores mediante la comunicación con los demás árboles y el desarrollo de una estrategia defensiva común. Pero, si las plantas pueden moverse y sentir, cabría preguntarse: ¿Podrán también efectuar tomas de decisiones inteligentes?



El documental titulado "En la mente de las plantas", del año 2009, y de 52 minutos de duración, emitido por el canal Odisea de audiovisuales para la televisión, contiene un compendio de los resultados obtenidos por esos investigadores. Sin embargo, dada su tendenciosidad interpretativa, de carácter evolucionista, ha sido necesario objetivar la información para que ésta pueda presentarse de manera aseptica, esto es, dentro del marco de la biología descriptiva. He aquí algunas porciones interesantes de dicho documental, tras su objetivación:

«Según las clasificaciones naturalistas ortodoxas, existe un abismo entre el mundo animal y el mundo vegetal. Sin embargo, recientemente, prestigiosos biólogos están en vías de demostrar que la inteligencia de las plantas puede ser una realidad. Las plantas podrían sentir, e incluso tener memoria. De hecho, parece que se aprovechan de los animales para llevar a cabo su sexualidad y puede que hasta de nosotros (para viajar). Forman parte de un mundo complejo y muy extraño.

En la provincia de Limpopo (República de Sudáfrica), la sabana se despliega hasta el infinito. Nos encontramos a finales de los años de 1980, en el invierno austral. A las frescas noches les siguen días tórridos. El sol cae implacable sobre la tierra, los animales y los hombres. La vegetación es cada vez más escasa. Es tal la sequía que los grandes herbívoros sólo pueden alimentarse de hojas de acacia.

Mientras el clima se deteriora cada vez más, los grandes kudúes parecen afectados por un extraño mal. El gran kudú es un antílope hermoso y robusto, y glotón por necesidad. Tras la ingesta de hojas de acacia, los kudúes mueren uno tras otro. Los cadáveres empiezan a contarse por miles y los grajeros se encuentran desamparados, pues para ellos los kudúes constituyen una importante fuente de ingresos. Intentan comprender la tragedia, pero no pueden. Les resulta muy desagradable que esos hermosos animales yazcan muertos sin razón obvia, siendo del todo extraño que mueran en buen estado de salud aparente.

Se invirtió dinero para poder estudiar las causas del problema, buscando especialistas en las universidades. Wouther Van Hoven, un eminente biólogo de la universidad de Pretoria, es el hombre elegido para tomar la vanguardia en la investigación. El doctor Wouther comentó: "Lo más enigmático de esta historia de los kudúes es que había muertes en unas granjas y en otras no, y no teníamos explicación porque

las granjas cinegéticas están cercadas y son muy parecidas. Y, sin embargo, en unas morían y en otras no. Entonces iniciamos una investigación, y descubrimos que había una relación directa entre el número de kudúes y la tasa de mortalidad. La mortalidad estaba relacionada con la densidad".

Van Hoven comenzó a desplazarse por la zona con su laboratorio móvil. Sobre el terreno, este especialista en grandes herbívoros africanos, actuaba igual que un investigador policíaco en la escena de un crimen. Ayudado por sus alumnos, realizó múltiples autopsias y análisis más profundos. Él mismo comentó acerca de sus resultados: "Estudié a los animales *post mortem*, porque no encontramos ni enfermedades ni parásitos".

El especialista pensó que las muertes podían estar relacionadas con alguna clase de envenenamiento, y entonces comenzó a realizar la autopsia de un kudú por el aparato digestivo. Tras varias necropsias, el científico descubrió un inquietan patrón, según sus palabras: "Examiné los intestinos y, especialmente, el hígado. La tasa de fermentación de la comida ingerida variaba según la granja. En las que moría un gran número de kudúes, la tasa de fermentación era más baja que en las granjas con menos kudúes, donde apenas había mortalidad. Algo parecía influir en la fermentación, pero ¿qué era?".

Al proseguir con los análisis, el científico descubrió que todos los kudúes muertos se habían intoxicado por una cantidad excesiva de tanino de acacia. Los "taninos" son unas moléculas, producidas por las plantas, que actúan como armas químicas defensivas contra ciertos parásitos o insectos devoradores de hojas. Sin duda, el hígado de los kudúes afectados no consiguió eliminar ese veneno potencial.

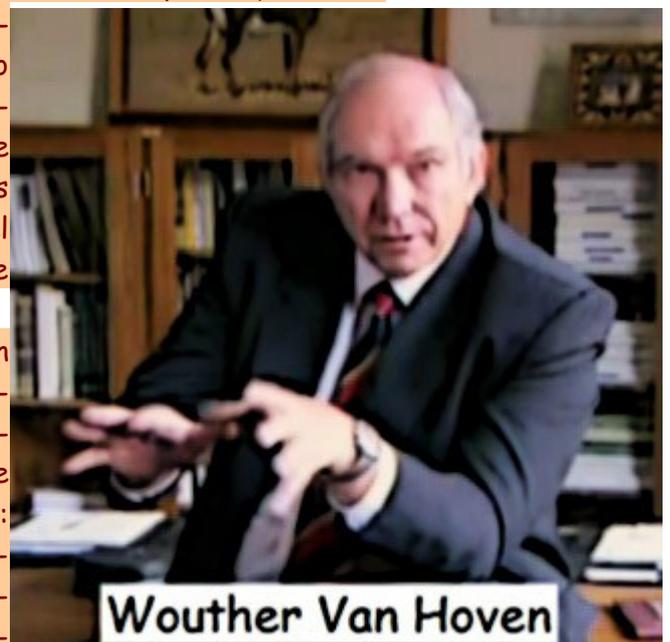
Wouter Van Hoven continuó su investigación en la sabana de Limpopo. Los antílopes habían muerto intoxicados; habían sido asesinados deliberadamente. El investigador, con su equipo, recolectó diferentes hojas de acacia, extrajo el tanino y midió el contenido. Él explicó: "Entonces nos dimos cuenta que la cantidad de tanino era cuatro veces mayor en las hojas de acacia de las granjas en las que había un mayor consumo de estos vegetales. Es decir, el árbol estaba respondiendo ante un consumo excesivo de sus hojas. Así es como se protegen los árboles. Es una defensa química. No quieren que se coman todas sus hojas, porque los expone a la muerte. La acacia era, claramente, el presunto culpable".

Sin embargo, aún quedaba un misterio por resolver. Las acacias que no se comían los antílopes también habían aumentado la cantidad de tanino en sus hojas. ¿Por qué?

Para responder a esta pregunta se tantearon varias opciones y la que prevaleció fue la de centrar la atención en una acacia en particular, no tocada por los kudúes. Se quitaron las hojas de unas pocas ramas de la misma, luego se colocaron unas bolsitas de plástico englobando las ramas deshojadas y cerrándolas herméticamente, y finalmente se esperó aproximadamente una hora. Después, se retiraron las bolsas, procurando preservar su contenido gaseoso sin que éste se contaminara del aire exterior. De esta manera, el equipo del doctor Van Hoven consiguió unas buenas muestras del aire del interior de las bolsitas, cargado con las emisiones gaseosas del árbol.

Los resultados del laboratorio no tardaron en producirse, con lo que fácilmente se llegó a componer el puzzle. En cuanto se le agrade, la acacia emite una señal de alarma, un gas: el Etileno. Este gas, una vez liberado por la planta, se desplaza con el viento, dado que es muy ligero. Además el  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$  (etileno) es incoloro e inodoro. Cuando se desplaza, desde una acacia a otra intacta, afecta a las mitocondrias de esta última y dichas mitocondrias comienzan a fabricar unas enzimas que, a su vez, catalizan la producción del tanino. Se trata, pues, de una comunicación química.

Así, de todo esto se deduce que la acacia percibe la agresión de los herbívoros y la memoriza. Pe-



ro, además, advierte del peligro a los otros árboles de su especie y se comunica con ellos a tal efecto. Con semejante acción aparenta poseer una verdadera inteligencia social.

Algunos insectos, conocidos por su sociabilidad, actúan de manera análoga. Por ejemplo, cuando se ven amenazadas, algunas hormigas liberan un ácido (el ácido fórmico) y con ello alertan a todos los miembros del hormiguero.



En cuanto a Wouter Van Hoven, podemos decir que no sólo ha resuelto un escabroso enigma sino que también ha abierto el camino hacia una investigación más a fondo: ¿Tienen el resto de las plantas un comportamiento similar al de la acacia? ¿Se podría decir que existe una forma de inteligencia vegetal?

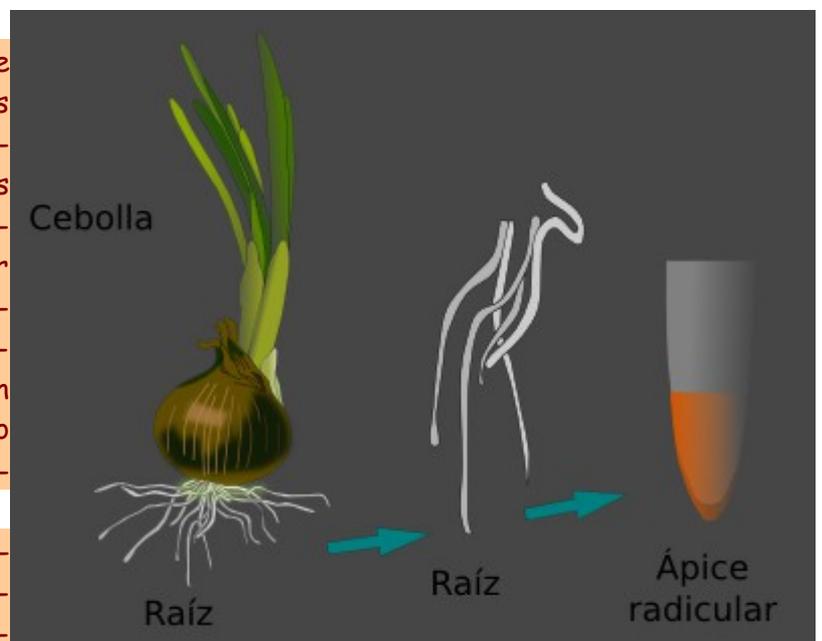
En unas circunstancias excepcionales, la acacia ha matado a seres vivos aparentemente superiores. Otras plantas, si llega el caso, pueden hacerlo para defenderse o para alimentarse. Así, las plantas carnívoras han creado todo tipo de trampas pegajosas con formas de mandíbulas, toboganes, etc. Es una manera que tienen de adaptarse a la pobreza del terreno, compensando la falta de nutrientes con la captura de presas animales... ».

En el verano del año 2010 se filmó una conferencia dada por el botánico italiano Stefano Mancuso para TED (una ONG estadounidense, de renombre internacional, dedicada a la divulgación de "ideas dignas de ser difundidas"). La conferencia versaba sobre el tema de "las raíces inteligentes de las plantas" y planteaba la siguiente pregunta: "¿Podemos pensar que las plantas poseen realmente una forma particular de inteligencia?". El doctor Mancuso presentó un apasionante resumen de los trabajos de investigación que se están efectuando alrededor de esta pregunta, pero lo hizo desde una óptica fuertemente impregnada de evolucionismo y, por tanto, fuera de la objetividad de la "biología descriptiva". En consecuencia, despojando de tendenciosidad evolucionista a dicha exposición, la conferencia se puede salvar a favor de la biología descriptiva y aceptarla como sigue:

«Para muchas personas de la antigüedad, las plantas no eran criaturas vivientes. Incluso un libro renacentista, que describe el orden natural de forma bella e interesante, enumera a los seres de la siguiente manera, desde el más inferior al más superior: piedras (seres inanimados), plantas (seres inanimados, capaces de vivir), animales (seres animados, capaces de vivir y sentir) y hombres (seres animados superiores, en la cúspide de la naturaleza).

Este viejo esquema está totalmente desfasado, puesto que hoy sabemos que las plantas pueden sentir. Además, poseen capacidades perceptivas mucho más sofisticadas que las de los animales. Por ejemplo, cada "ápice radicular" de un vegetal puede detectar y monitorear, de forma concurrente y continua, al menos 15 parámetros físicos y químicos diferentes; y puede mostrar y revelar un comportamiento tan maravilloso y complejo que sólo se puede describir con el término "inteligencia".

De todas formas, subestimar a las plantas es algo innato en nosotros. David Attenborough, es amante de las plantas y realiza-



dor de las más hermosas películas acerca de las mismas y de su comportamiento. Su experiencia es tal que, cuando él habla de las plantas, casi todo lo que dice es correcto. Pero cuando habla de animales tiende a pasar por alto el hecho de que la ballena azul no es la criatura más grande del planeta; en realidad es un gnomo comparada con otra criatura más grande aún: el "sequoiadendron giganteum" (secuoya), un árbol cuya masa es de al menos 2000 toneladas.



Secouyas rojos

La creencia común de que las plantas son organismos de bajo nivel fue formalizada hace muchísimos años por Aristóteles, en su obra "De anima". Su influencia fue enorme en la civilización occidental. Ahí se exponía la doctrina de que las plantas están en el límite que separa los seres vivos de los seres no vivos, puesto que tienen una especie de "alma" de muy baja calidad llamada "alma vegetativa" o "alma inanimada". Por este motivo, Aristóteles suponía que el "alma vegetativa" no tenía la necesidad de "sentir" y, de hecho, no "sentía".

Pero la verdad es que las creencias aristotélicas y la realidad son poco compatibles, como bien sabemos actualmente. Por ejemplo, las plantas carnívoras realizan movimientos lentos y rápidos, según el mecanismo que empleen para atrapar a los insectos y a otros animales pequeños. La "dionea" atrapamoscas se mueve muy rápidamente cuando detecta la presa. Sin embargo, esta evidencia natural ha sido negada o soslayada durante siglos. El paradigma aristotélico impedía ver la realidad, por lo que nadie creía que las plantas pudieran comerse a un animal, ya que eso iba en contra del orden natural asumido.

Aparte de las maniobras de caza, las plantas también son capaces de realizar muchos otros movimientos. Algunos de ellos son muy conocidos, como la floración, la cual no se detecta a simple vista debido a su lentitud, pero sin embargo queda claramente manifiesta cuando se usa la técnica de aceleración de fotogramas. Otros movimientos son más sofisticados, como los ejecutados por ciertos brotes vegetales que se mueven elegantemente de vez en cuando (simulando una danza) con el objeto de mejorar la captación de la luz fluctuante del entorno. Incluso se observan movimientos que parecen de juego, y que deben serlo sin duda, puesto que no hay otro concepto que los defina mejor; y tal es el caso de ciertas actividades motrices efectuadas por girasoles jóvenes, quienes se auto-entrenan para la vida adulta procurando seguir al sol sin desfallecer (de la misma manera en que actúan muchos animales, adquiriendo

destrezas que les serán muy útiles para poder alcanzar la madurez).

Las plantas responden a la atracción gravitatoria, razón por la cual los brotes vegetales crecen en sentido contrario al vector de la gravedad mientras que las raíces lo hacen a favor del mismo. También se ha descubierto que las plantas son capaces de dormir; por ejemplo, la "mimosa púdica", durante la noche, enrosca las hojas y reduce su actividad, y durante el día abre las hojas y realiza muchos más movimientos. Esto último es muy interesante, porque la maquinaria del sueño afectaría entonces (y de manera similar) a las plantas, insectos y animales, y si uno desea estudiar cuestiones relacionadas con el estado onírico puede empezar observando el fenómeno en las plantas, dado que en éstas es más fácil practicar este tipo de investigación que en los animales.

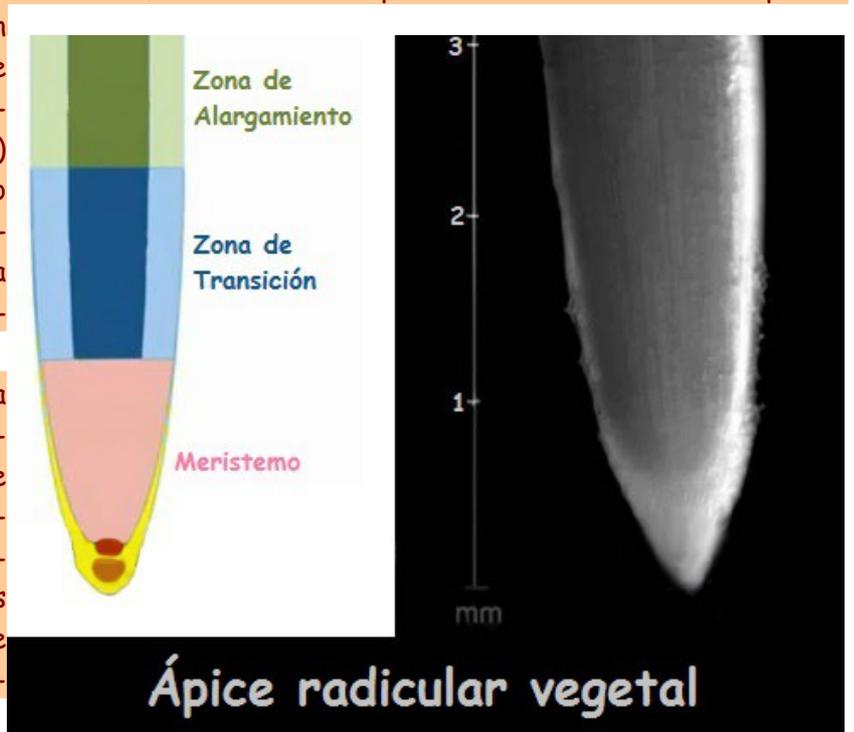


Existe, asimismo, una gran capacidad de comunicación entre las plantas y, a través de dicha comunicación, éstas distinguen las que son sus parientes cercanas y las que no lo son. Además, la comunicación no se efectúa sólo entre plantas sino también entre plantas y animales. En efecto, las plantas producen compuestos químicos volátiles durante la polinización, siendo dicha polinización un asunto muy serio para las plantas. Ahora bien, para llevar a cabo la tarea polinizadora, las plantas necesitan que el polen sea llevado desde un vegetal a otro, pero ellas mismas no pueden moverse de su lugar y por eso no pueden realizar esta labor por sí solas. Entonces, para transportar el polen de una flor a otra necesitan un vector, y ese vector es, generalmente, un animal.

Todo parece indicar que las plantas han usado muchos insectos como vectores, e incluso aves, reptiles y mamíferos (tales como ratas y murciélagos). Habitualmente, las plantas compensan a los vectores animales por sus servicios, con una especie de sustancia dulce muy energizante. No obstante, hay plantas que manipulan engañosamente a los vectores, como sucede con las orquídeas; éstas prometen sexo y néctar, pero finalmente no dan ninguna paga compensatoria; son plantas "estafadoras".

De todas formas, la cuestión importante es: ¿Cómo es posible llevar a cabo todo esto sin un cerebro que esté detrás, orquestando las cosas? En 1880, Charles Darwin publicó un libro titulado "El poder del movimiento de las plantas", pionero en cuanto a enfatizar algo que nunca antes se había detectado a nivel científico: el movimiento inteligente (no azaroso ni caótico) de las plantas. El último párrafo del libro contiene un mensaje importante: "No es exagerado decir que la punta de la radícula actúa como el cerebro de uno de los animales inferiores".

El ápice de la raíz de una planta puede crecer contra una pendiente y utilizar el mismo tipo de movimiento que el de un gusano o el de una serpiente. No se trata de un movimiento fácil, porque para realizarlo hay que mover las distintas partes del cuerpo que reptan y sincronizarlas entre sí, y esto se hace sin la ayuda de un cerebro coordinador.



En el ápice radicular hay una región específica, denominada "zona de transición", muy pequeña (de menos de 1 mm), donde tiene lugar el mayor consumo de oxígeno de la planta. Con un aparato especial se pueden medir las señales electroquímicas (el llamado "potencial de acción") de esta zona radicular, y se comprueba que corresponde a la misma clase de señales que producen las neuronas cerebrales de un ser humano cuando intercambia información.

Sabemos que el ápice radicular consta tan sólo de unos pocos centenares de células. Pero hasta una planta pequeña, como el centeno, tiene aproximadamente 14 millones de filamentos radiculares, lo cual indica que alberga unos 11'5 millones de ápices radiculares. Con dicha cantidad de ápices, puestos en fila, se alcanzaría una longitud de aproximadamente 600 kms o más. Por otra parte, como cada ápice trabaja en red con todos los demás (similar a Internet), se puede decir que la estructura vegetal resultante es una red de pequeñas computadoras radiculares interconectadas.

Lo interesante de esta disposición en red es su capacidad de supervivencia, pues si se eliminara el 90% del aparato radicular de una planta ésta todavía podría seguir funcionando casi como antes. Lo mismo le ocurre a Internet. Esto permite sugerir a las personas que trabajan con redes que imiten la estructura radicular de las plantas, pues su diseño parece muy avanzado. También se abre la posibilidad de usar la alta tecnología para construir "plantoides" (imitaciones artificiales de plantas o robots inspirados en el diseño de las plantas); pues hasta el presente el hombre se ha fijado en sí mismo, en animales superiores y en insectos para construir robots, los cuales han sido denominados "androides", "animaloides" e "insectoides", respectivamente.

Los ingenieros han estudiado a las aves para optimizar la técnica del vuelo en el seno de la atmósfera terrestre, pero hasta ahora no han caído en la cuenta de que para colonizar eficazmente los suelos es mejor examinar minuciosamente el comportamiento de las plantas e inspirarse en ello. Los seres vegetales son inmejorables maestros en el arte de colonizar territorios. Actualmente, se está trabajando en un tema muy interesante: la construcción de híbridos PM (planta-máquina) en el laboratorio. Se está descubriendo que es mucho más fácil trabajar con plantas que con animales, pues las primeras tienen altas capacidades computerizables: transmiten señales eléctricas y, por tal motivo, su conexión con la máquina es bastante más sencilla. Una investigación vanguardista al respecto tiene que ver con la construcción de híbridos PM impulsados por algas y por raíces vegetales».



Todo esto nos lleva a notar que la toma de decisiones que realice un híbrido PM vendrá determinada por la planta. La máquina, por sofisticada que sea, sólo será un instrumento al servicio de la planta, que permitirá a ésta una mayor libertad de elección (a causa del aumento en las posibilidades para optar por tal o cual acción, y que incluye el valor añadido del desplazamiento animal). Pero, en definitiva, la cri-

teriológia de base para decidir la suministrará la planta, basándose sin duda en su capacidad sensorial y en sus tendencias expansivas, de supervivencia, etc.

Parece que esta idea es extrapolable al ser humano, si se considera teóricamente a éste como un híbrido ER (animal Emocional - máquina Racional). La dotación del raciocinio en el hombre es como un valor añadido a su "ser emocional", que le permite una extraordinaria capacidad de elección y el mayor rango de "libertad" que puede hallarse en cualquier ser de la biosfera. Su "máquina racional" carece de criterio decisorio, pues éste pertenece a su dimensión de "animal emocional". De hecho, cuando el ser humano pierde casi toda su capacidad racional, por enfermedad o por otra causa, se convierte automáticamente en un "subnormal" animalesco o simplemente en un "animal".

## El reino de los animales.

Los seres vivos formados por células eucariotas, o "eucariontes", pueden ser dos clases: unicelulares y pluricelulares. Dentro de los eucariontes pluricelulares se encuentran las plantas, los hongos y los animales. En biología, se denomina "animales" a los seres vivos pluricelulares que necesitan alimentarse de otros seres vivos (nutrición heterótrofa), poseen sistemas para relacionarse con el medio en el que viven (el caso más elevado sería nuestro sistema nervioso) y tienen capacidad de moverse, desplazándose, por ejemplo, para buscar alimento. Esto es lo que tienen en común y lo que los diferencia. Y son esas diferencias las que se utilizan para establecer la clasificación de los diferentes conjuntos de animales.



Los animales son uno de los grupos de seres vivos con mayor biodiversidad, y han colonizado todos los ambientes existentes. Podemos encontrar animales pululando en el aire, en el agua y en la tierra. La ciencia que estudia a los animales se denomina Zoología. Recientemente, ha comenzado a llamar la atención de los científicos la forma en que se organizan ciertos insectos, como las hormigas. Existe un interesante documental producido por National Geographic en 2010, titulado "La ciudad de las hormigas", el cual transcribiremos en parte, depurándolo de tendenciosidad evolucionista, para que pueda ser aceptado dentro de la zoología descriptiva:

«¿Un millón de insectos o un solo ente? Cuando las hormigas se unen, el individuo se desvanece; y el grupo se convierte en un ser en sí mismo. Los científicos lo llaman "Superorganismo": respira, se reproduce y se comporta como un organismo.

En la selva pluvial de Centroamérica, una horda merodeadora de hormigas legionarias se pone en marcha. Cuando avanza, todos los demás organismos se apartan para no ser devorados. Son una fiera fuerte y potente que se desplaza y caza, como un solo y voraz depredador.

Cuando el comportamiento social se lleva al extremo, se transforma en algo de mayor entidad, es decir, e un Superorganismo. Éste es un concepto que usan muchos científicos cuando un grupo de individuos está tan interconectado que se comporta como un ser autónomo.

"El concepto de superorganismo consiste en que, en lugar de ver a la colonia como un grupo de organismos diferenciados, se considera un único y gran organismo en el que las hormigas obreras son algo así como las células del cuerpo humano; y en algunos casos están especializadas del mismo modo en que nuestros tejidos y órganos se especializan en tareas concretas" (Dr. Ted R. Schultz, de la Institución Smithsonian).

Trabajar juntas ha convertido a las hormigas en una de las más grandes triunfadoras de la naturaleza. Pero, ¿cómo logran esta organización suprema? ¿Cómo tantas pequeñas mentes se funden en una

sola?

"Lo más asombroso del comportamiento de la hormiga es que exista siquiera. Cada hormiga tiene la capacidad de ser un individuo autónomo, de salir y actuar por su cuenta. Pero no lo hace, sino que insiste en vivir en sociedad. Descubrir por qué las hormigas actúan así, en lugar de vivir solas, es la cuestión clave del estudio de las hormigas" (Dr. Alex Wild, de la Universidad de Illinois).



Actualmente los científicos cuentan con sofisticadas herramientas para estudiar a las hormigas. Cuando se amplifica la observación de las hormigas, mediante cámaras especializadas, se descubre un comportamiento que antes era imposible observar. En el Instituto Smithsonian de Washington, el doctor Ted Shultz es el conservador de una de las mayores colecciones de hormigas del mundo. Él informa: "Seguramente se hayan descrito unas 12000 especies de hormigas, y no sabemos nada de la biología de la mayoría de esas especies".

Los biólogos no se ponen de acuerdo sobre qué hormigas, si es que hay alguna, se pueden considerar superorganismos. Pero coinciden en que todas las hormigas comparten una cualidad esencial: son sociales. Las hormigas tienen la necesidad de vivir en comunidad desde tiempos inmemoriales.

Las hormigas se parecen mucho a las avispas, como las avispas amarillas, los avispones y otras especies similares. La característica especial que tienen las hormigas, y que las diferencia de las avispas, es que son sociales. La hormiga "paraponera" se parece mucho a las avispas, salvo en las alas. La obrera de paraponera tiene la forma básica y el equipamiento que poseen todas las hormigas: un cuerpo dividido en 3 segmentos y encerrado en un exoesqueleto, grandes y potentes mandíbulas para la defensa y el levantamiento de objetos pesados, glándulas odoríferas que liberan feromonas (el secreto de la comunicación de las hormigas) y antenas (equipadas con células nerviosas concebidas tanto para oler como para palpar). Se trata, pues, del juego de herramientas perfecto para un insecto muy comunitario.



## Similitud corporal entre hormiga y avispa

Pero las paraponeras no llevan demasiado lejos la vida social, pues sus colonias son reducidas y cada obrera es un cazador autosuficiente. Con sus cerca de 2'5 cm de longitud, puede cobrarse presas por sus propios medios. Parece ser que el triunfo de las paraponeras se debe, en parte, a la fuerza de sus individuos.

Un auténtico "superorganismo" necesita una población mucho mayor y más integrada, por lo que para conseguirlo las obreras deberían ser bastante menos individualistas. A diferencia de la paraponera, la "aphaenogaster cockerelli" (especie muy común en el desierto de Sonora) es comparativamente muy

sociable. Se trata de una especie de hormiga de patas muy largas y muy rápidas, debido a lo cual encuentra comida enseguida en el desierto y se la lleva antes de que otros competidores tengan ocasión de hacerlo.

Una cámara endoscópica revela una colonia compleja, en el caso de estas hormigas. Parece una población subterránea de unas 3000 obreras, que pululan a través de caminos y cámaras. En el corazón de la colonia reside la reina, de gran parecido a sus súbditos aunque considerablemente más grande en tamaño. Estos son los primeros signos de un sistema de castas en el que las hormigas adquieren aspectos distintos y cumplen misiones diferentes. Y esto posibilita un sistema más organizado, pero tiene un coste: las obreras deben abandonar la ambición de ser reinas.



**aphaenogaster cockerelli**

El reto es conseguir que las obreras renuncien a su capacidad reproductora, a fin de servir a la colonia como un todo y ayudar a la reina a reproducirse. Pero las obreras no siempre obedecen las normas, ya que todas ellas pueden reproducirse (si se atreven, claro está). Desde la perspectiva del resto de las hormigas de la colonia, el que una obrera opte por reproducirse es hacer trampas; pone en peligro la cohesión del grupo.

Cuando una obrera se sale del patrón y decide poner huevos, los cambios de su cuerpo producen un olor delator. Tal "rebelión" debe sofocarse, por lo que sus hermanas la sujetan sin hacerle daño. Una hormiga examina minuciosamente su cuerpo para determinar su fertilidad, y al cabo de 3 días sus ovarios se encojen y sus captoras la liberan. La crisis ha sido evitada y las obreras vuelven a su trabajo de recolectar alimento.

Con preeminencia en número de individuos y en organización sobre la "aphaenogaster cockerelli", otro tipo de hormigas, llamadas "hormigas rojas cosechadoras", están equipadas con agujones y con el veneno más potente que pueda tener un insecto. Pero el secreto de su victoria no es su armamento sino la ventaja de estar un poco más arriba en la escala de los "superorganismos". Esta ventaja del grupo supone un gran sacrificio en la individualidad de los componentes: las "hormigas rojas cosechadoras" obreras son todas estériles.

"A diferencia de las aphaenogaster cockerelli, una colonia de hormigas rojas cosechadoras es, en mi opinión, un superorganismo. Lo digo porque las obreras de hormigas rojas cosechadoras no se reproducen. El futuro de los genes que portan debe fluir a través de la reina, ya que no pueden contribuir a crear la próxima generación. Esta incapacidad para reproducirse, por parte de las obreras, las une de tal modo que pueden funcionar como si fueran células, es decir, las células individuales de un organismo mayor" (Dr. Alex Wild, de la Universidad de Illinois).

En lugar de a su propio interés individual, las obreras de hormiga roja cosechadora se consagran únicamente a mantener la colonia, a criar a sus hermanas obreras y a una progenie especial que eclosiona tan sólo una vez al año, siendo la auténtica próxima generación, compuesta por reinas y zánganos (estos zánganos son los únicos machos que nacen). La colonia se reproduce, pues, como un todo; como lo hace un árbol que libera polen en el viento. Las alas de estas "aludas" las llevan lejos del nido en donde han nacido. Algunas vuelan hacia zonas remotas del desierto de Arizona, pero otras fundan dinámicas colonias justo en medio de la ciudad.

A las hormigas rojas cosechadoras les va bastante bien con esta estructura grupal. Sin tener que preocuparse por la reproducción, las obreras pueden dedicar más tiempo al trabajo y pueden repartirse las funciones. "La verdad es que tienen un comportamiento más organizado de lo que pueda parecer. Primero hay obreras de mantenimiento recogiendo chinitas y transportándolas. También hay patrulleras, que generalmente andan vigilando por los alrededores. Finalmente, hay cosechadoras" (Dr. Alex Wild, de la Universidad de Illinois).

Las obreras de esta especie no reciben órdenes de la reina, sino que organizan su trabajo ellas solas. No parece que estas hormigas sean capaces de reconocer a sus compañeras como individuos, aunque se les da bien contar. Así, las hormigas que permanecen en la entrada del hormiguero son capaces de medir el ritmo al que sus compañeras regresan al nido; y no sólo eso, también son capaces de olfatear qué trabajo realiza cada hormiga. Las cosechadoras portan un olor distinto al de las obreras de mantenimiento, y éstas, a su vez, distinto al de las guardianas. Así es que si miden el regreso de las cosechadoras a una velocidad en concreto, o a un ritmo en concreto, sabrán si deben salir en ayuda o no, si llevan mucho alimento o no, o si deben quedarse en "casa".



Hormiga roja cosechadora

Decidir qué trabajo hacer depende, por tanto, del individuo. Pero un superorganismo no decide sólo sobre tareas sencillas, sino que debe abordar cuestiones más importantes como grupo, tales como a dónde ir y cómo organizar la producción de alimento. Y con respecto a esto surge una pregunta que ha desconcertado e intrigado a los científicos: ¿Cómo se pone de acuerdo, sobre algún asunto, un grupo de hormigas?

Puede parecer que las hormigas se limitan a seguir a un líder, pero lo cierto es que ninguna hormiga en concreto toma las decisiones: "En realidad, desde el punto de vista del día a día, son las obreras las que están al mando y las cosas fluyen de abajo hacia arriba. Son las obreras las que saben lo que hay que hacer" (Profesor-doctor Nigel R. Franks, de la Universidad de Bristol). Pero lo que no estaba tan claro es cómo se ponen de acuerdo para hacerlo.

El doctor Nigel R. Franks ha investigado cómo toman las decisiones colectivas las hormigas, usando pequeñas poblaciones de estos insectos en el laboratorio y adosando un pequeño chip en el cuerpo de cada hormiga. Los chips permiten identificar a cada individuo, lo cual conduce a saber quién o quiénes de entre ellos recaban información, cómo la comunican y cómo se alcanza un consenso.

La prueba de laboratorio consiste en proveerles de un nido cómodo a las hormigas y posteriormente dejar inservible dicho lugar de habitación, pero colocando previamente 2 nuevos nidos a cierta distancia del que se ha inutilizado. Estos 2 nuevos nidos son bastante diferentes entre sí, siendo uno de alta calidad para las hormigas y el otro de baja calidad para las mismas. Ahora las hormigas, al verse forzadas a buscar otro nido, deberán emitir una decisión colectiva relativa a dónde mudarse; pero, primero, algunas de ellas comienzan a explorar los alrededores para ver si existe algún lugar conveniente. Con el tiempo, una de las hormigas detecta el nido de alta calidad y regresa al antiguo nido para avisar de tal hallazgo mediante frotar vehementemente sus antenas contra las antenas de las compañeras. Por otra parte, también ha habido exploradoras que han traído información acerca del nido de baja calidad. ¿Cómo toma el grupo, entonces, la decisión unánime de mudarse al nido de más alta calidad?

Parece que la hormiga que ha encontrado el mejor sitio actúa con mayor vehemencia a la hora de reclutar adeptas que las que han encontrado el peor sitio, lo cual se traduce, en poco tiempo, en una desviación del interés hacia la más vehemente. Ésta, a su vez, se ve reforzada por las hormigas que ella misma ha conseguido convencer para que visiten el lugar propuesto, las cuales, adicionalmente, se hacen muy vehementes. Al final, la colonia entera termina centrándose en la dirección de mayor vehemencia.

En realidad, la exploradora que encuentra el mejor sitio actúa con gran ímpetu, al casi forzar a una de sus compañeras a visitar el nido óptimo, y lo hace mediante un procedimiento denominado "carrera en tándem". Dicha carrera en "tándem" es una forma de adiestramiento, siendo el "adiestramiento" un método de enseñanza que sólo se creía privativo de los seres humanos. La nueva visitadora cobra, a su vez, gran ímpetu y vuelve al nido con un irrefrenable deseo de convencer a las otras. Esta situación, al repetirse progresivamente, desbanca el escaso poder de convicción (menor entusiasmo comunicativo) de las exploradoras que encontraron el lugar poco idóneo. Todo esto hace sospechar lo siguiente: cada hormiga tiene que tener un sentido básico e intrínseco de cómo debería ser un buen hogar.

Así que se reclutan más hormigas para el nido bueno; las suficientes para convencer a la colonia como un todo. En menos de una hora, toda la colonia se traslada al nuevo hogar. Esto permite la toma de

decisiones muy atinadas. Pero esta forma de reclutar adeptos viene bien para una colonia de no demasiados individuos, por lo que cuando la población es muy grande ya no resulta ser eficaz.

Otras hormigas han desarrollado redes de comunicación más sofisticadas, para poder dar lugar a sociedades gigantescas. Tal es el caso de las hormigas "legionarias", de América Central. Son una fuerza organizada en constante movimiento. El doctor Sean O' Donnell (de la Universidad de Washington) ha estudiado todas las hormigas de la selva costarricense, pero las hormigas legionarias son únicas: "Éste es uno de los ejemplos supremos conocidos de desarrollo de superorganismos en sociedades de insectos. Forman una de las mayores colonias de cualquier especie de insecto social y todo cuanto hacen estas hormigas se lleva a cabo con un grado increíble de coordinación y comunicación, y se mueven con una intensidad o ferocidad apenas igualada por otras especies del reino animal".



Hormiga legionaria

Vistas de cerca, con cámaras especiales, queda claro que las hormigas especializadas hacen cosas especializadas: "Las obreras, de diferente tamaño y de diferente forma de una colonia de hormigas legionarias, difieren en su comportamiento y realizan trabajos distintos para la colonia". Hay obreras que pertenecen a castas distintas, tal como las células humanas pertenecen a órganos distintos. Grandes soldados armados con fieras mandíbulas montan guardia, mientras que las cosechadoras, más pequeñas, peinan la selva en busca de alimento. Éstos son los miembros del superorganismo, que interaccionan entre sí casi constantemente y lo hacen siguiendo rastros químicos dejados por sus compañeros de colonia y también por estrecho contacto entre ellos. Pasa muy poco tiempo sin que una hormiga contacte con alguna otra compañera de nido, mientras recorren el bosque.

Una red de conexiones táctiles, casi tan intrincada como la formada por las sinapsis del cerebro humano, guía a la masa de hormigas hacia lo que busca. El grupo reduce a insectos mucho mayores que el tamaño del individuo promedio de la colonia. Sus potentes aguijones inyectan en la presa enzimas digestivas que licúan los tejidos de la misma, y luego trocean a dicha presa en porciones manejables para ser transportadas a los almacenes de la colonia.

Las hormigas legionarias carecen de nido. Tan sólo son una masa móvil de pequeños individuos. Construyen el nido con sus propios cuerpos, como si éstos fueran los sillares de la estructura. La reina y sus asistentes quedan dentro de ese nido vivo, protegidas, junto con las crías y los huevos.

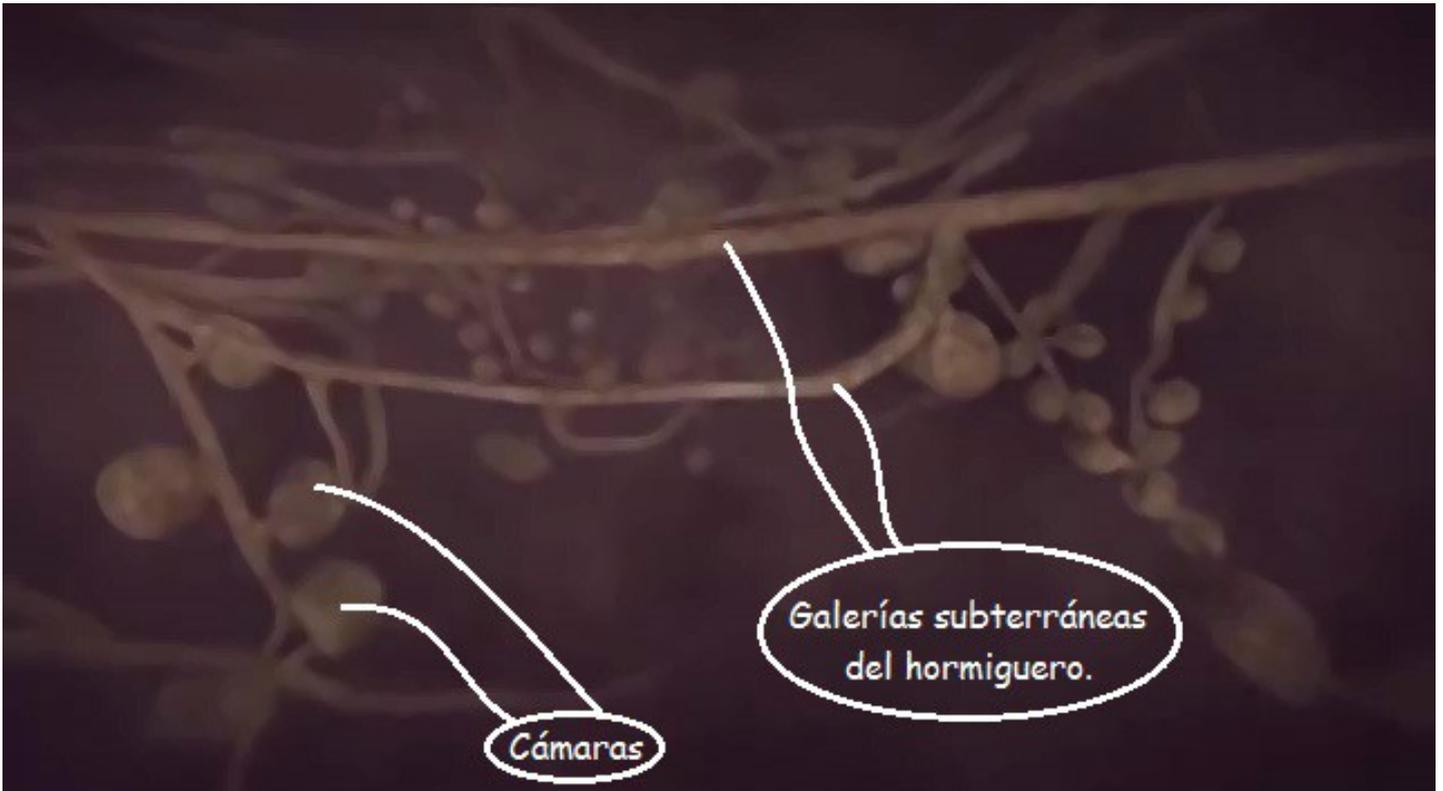
La misma selva costarricense acoge a otra clase de hormigas, con una estructura mucho más compleja y pacífica. Se trata de las hormigas "cortadoras de hojas". Mientras que las hormigas legionarias son un superorganismo predador, las cortadoras de hojas actúan como un solo herbívoro gigante. Millones de hermanas cortadoras de hojas coexisten admirablemente, todas nacidas de una reina y todas al servicio de una enorme colonia.

Estas hormigas logran una sorprendente limpieza de la vegetación baja de la selva, que de otro modo sería intransitable. Sobre la superficie del gran nido se encuentra la tierra que han excavado del subsuelo millones de obreras, que se afanan y pululan en sus túneles constantemente. Bajo la superficie, pues, hay una ciudad de hormigas del tamaño de un autobús escolar.

El hormiguero es una vasta red de arterias subterráneas que une cientos de cámaras o salas, cada una de las cuales cumple un propósito específico; y cada hormiga, a su vez, debe cumplir una misión específica.

Las "cortadoras de hojas" son las más especializadas de todas las hormigas. Entre ellas, las "exploradoras" son como los "ojos" del superorganismo; buscan hojas deseables y dejan un rastro olfativo que señala el camino a la "boca": "La boca del superorganismo son las muchas decenas de miles de reco-

lectoras que andan por el campo cortando hojas y trayéndolas al hormiguero. Pero a diferencia de un solo organismo, en el que hay una sola boca, lo que existe en una colonia de hormigas cortadoras de hojas son decenas de miles de bocas que pueden cubrir un gran territorio" (Dr. Ted R. Schultz).



Las grandes hormigas "cosechadoras" cortan las hojas en pedazos transportables, mientras unas pequeñas "inspectoras de calidad" examinan las hojas que se están cortando para asegurarse de que no contengan bacterias dañinas. Tras efectuar los cortes, las "cosechadoras" levantan los pedazos y se los llevan bajo tierra, hacia el "estómago" de la bestia (es decir, del superorganismo).

Pero las hojas cortadas que se introducen en el hormiguero no son realmente para las hormigas, sino que constituyen el alimento de un huerto subterráneo de hongos que no crece en ningún otro lugar. Las hojas troceadas nutren, pues, al hongo; y éste alimenta a las hormigas; por tanto, este hongo viene a ser algo así como la flora intestinal de los mamíferos herbívoros. En cierto sentido, además, estas hormigas son agricultoras o cultivadoras de hongos.

"Cada día, esta colonia de hormigas, recoge tanta vegetación fresca como una vaca adulta; y son los hongos los que digieren lo que de otro modo sería comida indigerible para las hormigas. Entonces, las hormigas se nutren de lo que procesan los hongos" (Dr. Ted R. Schultz).

Dentro del hormiguero hay muchos huertos de hongos, y cada uno de estos huertos crece hasta alcanzar el tamaño de una lechuga de aproximadamente  $\frac{1}{2}$  kg de peso. Una sola colonia puede tener más de 100 huertos.

Donde hay un "sistema digestivo" también hay una buena cantidad de residuos (o excrementos) de los que ocuparse. A tal efecto, existe una clase de estas hormigas que se dedica exclusivamente a la limpieza de los "intestinos" de la ciudad (esto es, del superorganismo).

Forrajeras, hortelanas, sanitarias, etc... Todas estas hormigas individuales forman parte de un solo metabolismo. Esta sociedad de organización suprema sólo puede conseguirse con una cooperación total. Cooperan porque se reconocen entre sí como miembros del mismo organismo reproductivo.

Ya sea una sociedad compleja de "cortadoras de hojas" o una colonia más reducida, como la de las hormigas "recolectoras", sucede que las hermanas del mismo nido colaboran; pero las hormigas de diferentes nidos son enemigas a muerte, aunque sean exactamente de la misma especie. Esta competencia feroz contribuye a equilibrar la población de hormigas, en un sistema biosférico que hiere la sensibilidad del espectador. Pero algunas hormigas han conseguido sobreponerse a esta despiadada regla firmando

"tratados de paz": combinando superorganismos para formar supercolonias con poder, dando la impresión de que pretenden conquistar el globo terráqueo.

Las hormigas "argentinas" no deberían estar fuera de Sudamérica, pero actualmente se están expandiendo para convertirse en las hormigas más ampliamente distribuidas de la Tierra. Llegaron a países lejanos a bordo de buques mercantes. Pero no les habría ido tan bien si se hubieran enzarzado en duros combates con colonias vecinas, en lugar de unir sus fuerzas.

El doctor Xavier Espadaler Gelabert, entomólogo de la Universidad Autónoma de Barcelona, intenta averiguar por qué funciona ese "tratado de paz" que caracteriza a las hormigas argentinas. Patrulla las ciudades españolas, recogiendo hormigas de esta clase separadas entre sí por muchos kilómetros de distancia. Luego se las lleva al laboratorio, para realizar lo que denomina "prueba de agresión". Él ha observado que cuando estas hormigas se encuentran, se identifican por el olor. Así, hormigas pertenecientes a diferentes colonias deberían tener olores diferentes, y esa diferencia debería decirles que son enemigas; pero, por el motivo que sea, esto no es así; las hormigas no se pelean.; se encuentran y se tocan las antenas, sin agredirse. Esta actuación parece transmitir la idea de que tales hormigas actúan como si en realidad pertenecieran a una misma supercolonia.

El resultado es que millones de colonias de hormigas argentinas se comportan como si fueran una sola y única colonia, esto es, como una "supercolonia". Miles de billones de hormigas argentinas distribuidas en esa gran supercolonia que abarca a casi todo el orbe. Las hormigas argentinas que ocupan el área desde Japón a California y hasta Europa pertenecen, todas ellas, a una misma supercolonia. Pero ha aparecido una supercolonia rival: una advenediza supercolonia argentina. El doctor Xavier Espadaler ha podido situarse en un terreno de nadie, esto es, entre las 2 supercolonias en guerra: "Los miembros de la supercolonia advenediza podrían encontrarse tal vez al otro lado de una calzada. Ahora se trata de buscar el rastro y de averiguar si anidan aquí, con objeto de hacer una prueba de agresión".

Nadie está seguro de dónde procede esa nueva supercolonia, aunque los científicos creen que las hormigas que la fundaron provienen de una región de Sudamérica distinta a la de las invasoras originales. En su laboratorio, el doctor Espadaler repite una y otra vez la prueba de agresión, hasta que, por fin, obtiene resultados. Curiosamente, dos hormigas de nidos distintos, separados por pocos metros, resultan ser rivales. La una tiene un olor ligeramente distinto de la otra, y eso basta para accionar el disparador agresivo, tornándolas de amigas a enemigas. Ambas se enredarán en una pelea sin cuartel en la que no hay vencedora, sino sólo víctimas mortales.

En Norteamérica parece existir otra clase de hormiga invasora que posee una mejor estrategia, para un éxito a largo plazo. Se trata de la denominada "hormiga de fuego", la cual hacen algo más que formar un ejército de aliadas. Estas hormigas pueden combinarse completamente para formar un nido bajo una sola reina, como un superorganismo gigantesco.

Las hormigas de fuego fueron introducidas en los Estados Unidos desde Sudamérica, y, una vez allí, se extendieron como una plaga, invadiendo casas y atacando a los animales domésticos. Tienen todas las ventajas de un superorganismo supremo: obreras estériles, un sistema de trabajo organizado y un red de comunicación química.



## Hormiga argentina



## Hormiga de fuego

También reciben mucho ayuda humana involuntaria. Por ejemplo, en el centro de Florida existe un hábitat hostil para la mayoría de las criaturas, debido a los frecuentes movimientos de tierras que se llevan a cabo para la construcción y urbanización, pero las hormigas de fuego sobresalen como colonizadoras de ambientes adversos. El biólogo Walter R. Tschinkel, de la Universidad del Estado de Florida, expresa: "Cuando convertimos la zona boscosa en un aparcamiento, en praderas ajardinadas o en otro tipo de área despejada, creamos un hábitat perfecto para las hormigas de fuego, el cual atraerá a millares de reinas fundadoras de colonias de este tipo de hormigas".



## Hormiga de fuego reina, atendiendo los huevos

Cuando una hormiga de fuego reina se aparea con un zángano, excava un hoyo en el suelo, pone los huevos y comienza a criar a una familia de obreras. Pero aquí acaba toda similitud con las colonias de otras clases de hormigas, y lo que ocurre a continuación es el secreto del éxito de las hormigas de fuego. Tres semanas después de aparearse, la joven reina se dedica a criar una colonia y, si se da prisa, podría erigir un imperio. La primera generación es una hermandad de pequeñas obreras llamadas "mínimas", las cuales, inmediatamente, se dan a la tarea de cuidar a la siguiente generación de jóvenes.

Pero la reina pronto necesita comer, y por suerte para ella las hormigas de fuego saben cómo conseguir comida rápida; casi cualquier cosa les sirve. Cuando una forrajera encuentra un bocado, vuelve corriendo al nido, dejando tras de sí un rastro de feromonas. Cuando llega al nido, la mezcla de feromonas y el olor a alimento pone en agitación a la colonia. Decenas de sus hermanas salen y siguen el rastro dejado por ella, para hacerse con el alimento antes que nadie.

Estas hormigas no sólo van tras la comida, sino que también son capaces de encontrar la colonia fundada por otra hormiga de fuego reina; y van hacia él. No pelean. Más bien, roban los huevos de la colonia. Se trata de un rapto múltiple. Los biólogos lo denominan "saqueo de crías". Así, las asaltantes se llevan las crías al nido más fuerte; y cuando las integrantes de la colonia más débil se dan cuenta de haber sido vencidas, entonces sus obreras desertan y ayudan al bando ganador. Hasta la reina derrotada sigue el rastro olfativo de sus hijas y se une a sus conquistadores.

En esta estrategia se ha prohibido crecer al nido más débil, con objeto de que no acabe compitiendo. De esta manera, se evita una situación en la que todos perderían. Por consiguiente, el efecto es que el nido superviviente crece mucho más. Cuando los huevos secuestrados eclosionan en el nido de sus captores, maduran hasta llegar a adultos y luego se encuentran bienvenidos a la gran familia. "Es un proceso muy confuso y dinámico, que puede durar desde días a semanas. Una vez vi un saqueo que duró todo un mes, en el que estuvieron implicados 80 nidos al menos" (Dr. Tschinkel).

Al cabo de muchos saqueos, el nido está repleto de obreras y numerosas reinas, todas ellas poniendo huevos. La colonia crece exponencialmente, aunque en realidad no produce una comuna. Se trata

de un periodo de calma que precede a una tormenta: "Cuando nacen las obreras y el nido se abre, las reinas comienzan a competir" (Dr. Tschinkel).

Pero un nido lleno de reinas, luchando entre sí, es perjudicial para el crecimiento del nido. Por el bien de la colonia, sucede que las obreras se rebelan y deciden qué reina se reproducirá para ellas, a veces volviéndose incluso contra sus propias madres. Las reinas rechazadas encuentran un final trágico, propio de un monarca depuesto, hasta que sólo queda una reina única. Con el tiempo, hormigas de decenas de colonias se han aunado bajo una misma reina, para formar un "superorganismo supremo" de hormigas de fuego.

Usando esta estrategia, las hormigas de fuego pueden conquistar nuevos territorios y extenderse más deprisa de lo que humanamente es posible detener. Si tenemos un problema con las hormigas, es un problema de desequilibrio que hemos creado nosotros. Sus sociedades están concebidas para la eficacia y la expansión, destinadas a dominar los lugares donde viven, desde las calles de las ciudades hasta las junglas, y también los desiertos. "Es una suerte para nosotros que sea así. Un estudio realizado en el este de Norteamérica demostró que los insectos que caían al suelo de la selva desaparecían al cabo de 3 minutos, y al 100% se los llevaban las hormigas. Casi toda basura que hay por ahí es reciclada por las hormigas en algún momento. La verdad es que son enormemente importantes" (Dr. Alex Wild, de la Universidad de Illinois).

La Tierra que hemos heredado era ya una tierra limpiada por las hormigas. Tendemos a ignorar a estos insectos porque están por todas partes, pero medran por doquier porque tienen un gran éxito haciendo lo que hacen, esto es: conseguir que millones de mentes piensen, trabajen y vivan como una sola mente».



En G033 (Polinizadores), página 7, se explicó lo siguiente: «El diseño inteligente se observa de una manera peculiar en las plantas carnívoras. Estas plantas son magnoliofitas o angiospermas, es decir, plantas florales polinizadas por mediación de animales o agentes inorgánicos transportadores (como el viento). Existe la idea de que las angiospermas poseen enormes capacidades intrínsecas de diversificación, de cara a su adaptación al medio ambiente. Sin embargo, es permisible suponer, a título de hipótesis, que la habilidad de estas plantas para sacar provecho del medio encierra la posibilidad de que estén dotadas de "algoritmos inteligentes". Si tal es el caso, ello explicaría que las plantas carnívoras puedan ser adaptaciones de antiguas angiospermas no carnívoras; es decir, un caso particular de "perversión a-

daptativa" ajeno al propósito con el que fueron creadas. Es notable el hecho de que determinadas estrategias usadas por las angiospermas para "obligar" a los insectos a impregnarse de polen (con el objetivo de involucrarlos en la polinización) tienen una similitud aparente con las usadas por las plantas carnívoras para alimentarse de tales insectos».

Es permisible suponer que, al igual que en el caso de las plantas carnívoras, los superorganismos de hormigas han desarrollado estrategias cruentas para sobrevivir; pero, presumiblemente, en el principio, antes de que el equilibrio biosférico original se trastocase, con la caída del hombre en desgracia, las colonias de estos insectos no exhibirían comportamientos que pudieran herir la sensibilidad de un espectador inteligente. Recordemos que la primera encomienda del Creador al primer hombre, allá en el jardín edénico, según el Génesis, fue estudiar y poner nombres a todos los animales. Por lo tanto, es de suponer que el ser humano, de no haberse rebelado contra su Hacedor, encontraría en la naturaleza el reflejo de la personalidad de su



Diseñador, y, en consecuencia, nada que evidenciara impiedad, crueldad, tortura y así por el estilo. La sagrada escritura alienta: "Vete donde la hormiga, oh perezoso; mira sus caminos y hazte sabio. Aunque no tiene comandante, oficial ni gobernante, prepara su alimento aun en el verano; ha recogido su abastecimiento de alimento aun en la siega" (Proverbios 6: 6-8).

En cuanto al asunto de la toma de decisiones de las hormigas, ya sea a nivel individual o bien a nivel colectivo, parece que el criterio de base que sustenta a dichas decisiones proviene de alguna clase de diseño magistral capaz de armonizar el deseo de supervivencia (individual y colectivo) con el instinto laboral de "barrenderas" de la naturaleza. Por consiguiente, la criteriología de base para las decisiones de las hormigas sería acertado buscarla en la obra de su Diseñador (el magnífico Creador del universo), lo que equivale a plantearse las siguientes preguntas: ¿Cuál era realmente el propósito original de Dios para las hormigas? ¿Qué papel deberían desempeñar éstas en una tierra perfectamente paradisíaca?

Hay otro documental, emitido por el Canal Odisea en 2009 y titulado "La inteligencia de las masas", que muestra la capacidad de diversos grupos de animales para resolver problemas y tomar decisiones, un fenómeno que puede ser clasificado como "Inteligencia". Es una inteligencia que las criaturas individuales no tienen, y que emerge como consecuencia de la conducta coordinada de los individuos. Libro de tendencias evolucionaria y salvado para la biología descriptiva, dicho documental dice en parte:

«Se mueven como si obedeciesen una sola orden, como un solo organismo; pero nadie los guía. Son muchos, pero actúan como uno solo; se trata de una bandada de aves: "Lo más fascinante de los grupos es su belleza. Resulta muy difícil comprender un sistema viable de individuos desprovisto de jerarquía o control central, porque nuestras organizaciones sociales parecen implicar algún tipo de jerarquía. ¿Cómo consiguen las hormigas construir un puente?; pues no hay ninguna orden que les diga lo que deben construir y cómo hacerlo; pero aún así, consiguen construir un puente. Es muy interesante el comportamiento de las masas en general, y también averiguar si dicho comportamiento puede llevar a un resultado deseable. Uno de los factores más misteriosos de la inteligencia de grupo, o de la inteligencia colectiva, es que funciona de manera muy diferente a las organizaciones a las que estamos acostumbrados; pero eso no significa que opere por arte de magia, sino que es diferente a lo que nosotros conocemos; y tenemos que aprender y comprender cómo funciona".

Los grupos son diferentes a los individuos que los componen, pues frecuentemente los individuos son pequeños y débiles; pero cuando actúan como un todo, ese "todo" muestra habilidades increíbles. Los

científicos hablan de la inteligencia de los grupos, la cual surge de la colaboración de miles de individuos. Pero, ¿puede haber inteligencia sin conciencia?

Los científicos intentan comprender la misteriosa conducta de los grupos de animales, quizás para poder aprender algo acerca de ello. Pudiera suceder que lo que parece extraño y diferente a primera vista, resultara tener grandes similitudes con la conducta humana.

El estornino común (*sturnus vulgaris*) es, para los habitantes de Roma, una molestia anual. Bandadas gigantescas pasan el invierno, desde octubre a febrero, a las puertas de Roma. De noche, buscan lugares en los que acomodarse al calor de la ciudad, para disgusto de sus habitantes humanos. El espectáculo diario sobre la ciudad eterna dura alrededor de media hora, dibujando en el cielo caprichosas formas geométricas de ballet muy bien orquestado a cargo de grupos de pájaros que contienen hasta 50 000 individuos. Crean y deshacen hermosas formaciones como dirigidos por una mano invisible. Es un espectáculo de máxima perfección, pero sin coreógrafo. La gran bandada cambia constantemente de forma y densidad, pero nunca se desintegra.

Se supone que tiene que haber algo que facilite esa extraordinaria cohesión, es decir, alguna clase de mecanismo que organice a la bandada. Los científicos habían propuesto numerosas teorías y modelos, pero apenas facilitaban datos con los que comparar esos modelos. Así que, básicamente, cualquier teórico podría dar a luz un nuevo modelo y todo el mundo lo aceptaría, al no haber datos empíricos con los que compararlo. Pero científicos de la Universidad de la Sapienza, de Roma, decidieron trabajar para proporcionar los datos que servirían para evaluar los modelos existentes.

¿Qué comportamiento debe seguir un solo pájaro para que el resultado sea un todo que funcione a la perfección, es decir, una bandada que nada pueda separar, ni siquiera una alteración grave? El plan de los científicos italianos era responder a esta pregunta en un tejado próximo a la estación de Termini, de Roma. Físicos de la "Sapienza" se prepararon para fotografiar una bandada de estorninos, utilizando varias cámaras fotográficas sincronizadas que operaban desde diferentes perspectivas. De esta manera, lograron tomar las primeras fotografías tridimensionales de una de esas enormes bandadas. Con las tales, se proponían resolver un problema que hasta el momento nadie había podido solucionar: ¿Qué método usan los pájaros individuales para orientarse dentro de una bandada?

Los científicos de la "Sapienza" pretendían averiguar, a partir de innumerables acciones individuales, cómo se crea un sistema que se controla a sí mismo y toma decisiones colectivas: "Los grupos constituyen fenómenos en donde los individuos se reúnen en un gran número, y en los que cada individuo se orienta con respecto a otros individuos que están situados más próximos a él". La perfecta sincronización de movimientos es un espectáculo estético para nosotros, humanos observadores; pero para los miembros del grupo es cuestión de supervivencia.

"Los animales pueden formar grupos por diferentes razones, y una de las más importantes es para protegerse de los depredadores; el riesgo de ser devorado por un depredador se reduce tanto más cuanto mayor es el tamaño del grupo. Otra ventaja se manifiesta a la hora de buscar comida, porque los individuos reciben información de otros miembros del grupo".

Los grupos permanecen unidos sin que nadie dirija los movimientos de los individuos que los forman. Constituyen una unidad que es mayor que la suma de sus partes. Pero el grupo se ve obligado a actuar en todo momento; tiene que reaccionar a situaciones nuevas y tomar decisiones, como moverse hacia un lado o hacia otro. A diferencia de las manadas, estos grupos (o bandadas) no tienen un líder animal



al que los demás siguen; todos los individuos son de igual rango. La pregunta importante es: ¿Cómo se toman las decisiones en estos grupos, si nadie está al mando?

El grupo se organiza y da como resultado la toma de una decisión sobre la dirección colectiva a seguir. Pero si observamos al grupo nos damos cuenta de que todos los individuos se mueven al mismo tiempo, un hecho que descarta la posibilidad de que la decisión colectiva sea el producto de muchas decisiones individuales. Por lo tanto, comprender este proceso de toma de decisiones es algo verdaderamente fascinante.



Cada individuo del grupo toma una decisión, y no existe un individuo que dirija a todo el conjunto. Ahora bien, las decisiones de los animales individuales provocan una conducta reactiva en todo el grupo y dicha conducta puede ser vital para los individuos. Así, cuando un depredador ataca, un miembro de dentro del grupo tiene muchas más posibilidades de sobrevivir que un individuo aislado o fuera del grupo.

Una de las cuestiones claves en el caso de los estorninos era averiguar cómo logran permanecer en bandadas tan grandes incluso cuando se enfrentan a la amenaza de halcones, por ejemplo. Permanecer juntos en tales condiciones amenazantes no parecería tarea fácil para ellos, pero hacerlo es crucial. Y tienen que lograrlo a pesar de las grandes perturbaciones que afecten al grupo, como un cambio brusco de la densidad grupal, de la forma geométrica del grupo, etc. Todo se reduce a tratar de comprender qué clase de interacción existe realmente entre los pájaros para que dicha cohesión persista. ¿Qué clase de comunicación hay entre ellos, para que se pueda dar esta increíble capacidad de permanecer juntos formando bandada?

Los científicos están sorprendidos por lo que han descubierto, pues los pájaros se comportan de una manera completamente diferente de la que se creía hasta ahora. Antes de los recientes resultados, existían muchos modelos y teorías y todos ellos asumían que los pájaros interactuaban de forma puramente métrica. Es decir, se creía que cada pájaro interactuaba sólo con los individuos del grupo que se encontraban en un radio concreto con respecto a él, y dicho radio podía ser de un metro, dos o los que fueran. Si tal hipótesis era cierta, entonces en una situación de alta densidad del grupo cada pájaro debería interactuar con un elevado número de individuos, mientras que en una situación de baja densidad grupal interactuaría con muy pocos individuos. Sin embargo, a priori, empezó a sospecharse que tal método no era el mejor para mantener la cohesión, pues las bandadas de estorninos cambian de densidad en todo momento, como si fueran globos que se inflan y desinflan continuamente.

Lo que se ha descubierto es que los individuos del grupo no interactúan métricamente, sino que cada individuo tiene bajo su control un número fijo de vecinos, con independencia de si se encuentran cerca o lejos de él. Las investigaciones muestran que en las bandadas de estorninos cada individuo interactúa con 6 ó 7 vecinos. Por lo tanto, la distancia entre los individuos no es un elemento crucial para la cohesión de la bandada sino más bien el número de vecinos con los que un pájaro se comunica. Además, la conducta simple del individuo genera la conducta compleja de la bandada. Ello permite a los grupos adaptarse a situaciones cambiantes y resolver complejos problemas de organización, como los de la hormiga roja cosechadora de Arizona.

La hormiga roja cosechadora de Arizona no mide siquiera un centímetro de longitud y es ciega, pero forma un nido con muchos individuos. Una sola colonia de estas hormigas consta de 10 a 12 mil obreras. Sus hormigueros son montículos aplastados que apenas sobresalen del suelo desértico. Se alimentan fundamentalmente de semillas, aunque sólo una parte del trabajo de la colonia está relacionado con la recogida de comida. En el hormiguero hay que hacer muchas otras tareas, como mantener el habitáculo

en orden, ocuparse de las crías y sacar la basura. Todas estas actividades, desempeñadas por diferentes obreras especializadas, tienen que estar coordinadas para que el colectivo pueda sobrevivir. Ninguna hormiga individual supervisa el estado de toda la colonia, ni siquiera la reina.

Cuando los humanos hacemos algo colectivamente, sabemos cuál es el objetivo del grupo. Así que lo asombroso del funcionamiento de una colonia de hormigas es que no hay ninguna de ellas que diga que se necesita más comida o que hay que trabajar más. Cada individuo dispone sólo de información local y sólo toma decisiones locales. La suma de decisiones locales es lo que hace que el sistema grupal funcione, pero ningún componente individual del sistema sabe lo que hay que hacer a nivel general.

A pesar del mito de que la hormiga es el paradigma del trabajador incansable, lo cierto es que una colonia de ellas no muestra la misma actividad todos los días. Resulta que una colonia, como cualquier organismo, tiene que responder a un entorno cambiante. Por ejemplo, hay días en que se localiza más comida que otros, o puede que se desate una tormenta y por tanto se haga necesario reparar el hormiguero. Por eso, la colonia debe ir cambiando el número de hormigas que destina a cada tarea especializada, para poder adaptar sus recursos a los requerimientos del momento. La colonia, pues, ajusta sus esfuerzos a las diferentes tareas. Ante esto, surge la pregunta: ¿Cómo puede hacer esto la colonia, sin ningún control central?

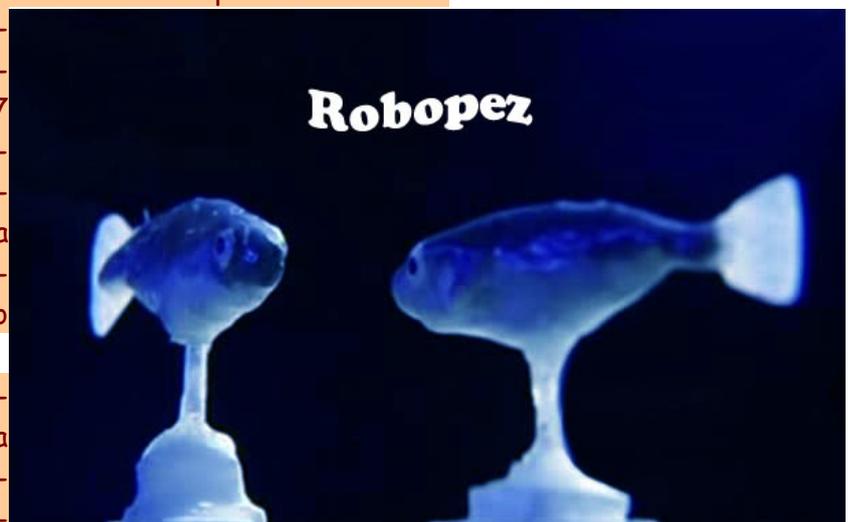
Nadie le dice a la colonia lo que tiene que hacer y, sin embargo, actúa como un sistema coordinado. Es el colectivo el que decide, pero ¿cómo se toman esas decisiones, que son respaldadas por todos los miembros del grupo? ¿Importa el tamaño del grupo?

En un experimento de laboratorio, efectuado sobre una pecera, se ha usado un robopez (imitación de pez, basado en un robot), para poder contestar a esas preguntas. Partiendo del hecho de que los bancos de peces toman decisiones colectivas, se trata ahora de averiguar qué pez o peces llevan la "voz cantante" en esa toma de decisiones. Con el robopez se dispone de un medio para poder intentar crear una decisión artificial en el grupo de peces. Al girar hacia la derecha o hacia la izquierda el robopez, veremos cómo reacciona el resto del banco de peces ante esa aparente decisión.

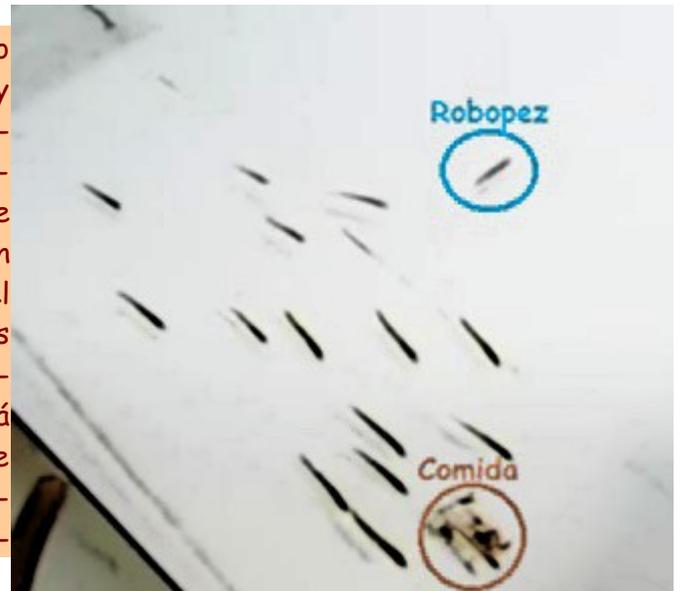
El robopez está controlado por un ímán, situado bajo el acuario. Remeda al espécimen de "espinoso real", de unos 4 a 7 cm de longitud. Al ser introducido en el acuario, los peces naturales del banco de espinosos reales desarrollan recelos contra él, pero al final lo aceptan como un miembro más del grupo, a pesar de su extraño comportamiento.

El robopez se mueve con desplazamientos rígidos e inequívocos, a diferencia de cualquiera de los peces naturales. Cualquier espinoso real natural que eventualmente tomase una decisión sobre una dirección a seguir, lo haría de una manera mucho más flexible; y si los demás peces no le siguieran, entonces regresaría inmediatamente al banco y se adaptaría. Pero el robopez no se adapta, y esa es una situación extraña para los otros peces. Los miembros vivos del banco no suelen manifestar las decisiones extremas que toma el robopez, por lo que tienden a seguir a este individuo artificial, pues asumen que debe poseer información muy clara en ese momento concreto y eso ejerce una tremenda influencia sobre el resto de los miembros del grupo.

Los investigadores llevaron a cabo un experimento, para averiguar cómo ciertas decisiones individuales se convierten en colectivas. El experimento consistía en someter a un banco de peces, en un acuario, a la necesidad de tomar una decisión colectiva. Se trataba de elegir la mejor opción entre varias. Por su parte, el robopez incitaría a los demás a llevar a cabo un tipo de comportamiento que habitualmente nunca seguirían: los seduciría para que se alejaran de su comida favorita.



Al principio, el banco de peces del experimento es bastante pequeño; sólo consta de 2 peces naturales y el robopez. El robopez consigue alejar fácilmente a estos 2 peces (se trata de un banco compuesto de 3 individuos, incluido el robopez) de la fuente de comida. Este pequeño banco ha permitido que se tome una decisión desfavorable para los intereses colectivos. Pero si el banco se aumenta a 11 individuos (10 peces normales más el robopez), entonces dicho banco seguirá al robopez hasta las proximidades de la comida pero ignorará la acción del mismo de alejarse de la comida. En este caso, el banco ha pasado por alto la vehemencia del robopez y ha tomado colectivamente una decisión más inteligente: ir a la comida y comer.



Esto nos muestra que en una situación en la que el pez líder toma una mala decisión, el banco no le seguirá necesariamente, a no ser que esa decisión esté apoyada por uno o dos peces más y así la hagan más convincente para el resto. Ello significa que existen umbrales mínimos de liderazgo; es decir, que un determinado porcentaje del grupo debe mostrar cierta conducta vehemente para que el resto del colectivo la siga. Por lo tanto, un individuo no va a ser suficiente para mover a la mayoría y eso tiene sentido lógico, porque los individuos pueden tomar decisiones equivocadas con facilidad. Así pues, este principio de primacía social en el liderazgo de los grupos evita graves equivocaciones sociales, por lo que podría interpretarse como una forma de inteligencia colectiva.

Los grupos, en términos generales, se comportan de manera más inteligente que los individuos. Su capacidad para resolver problemas y tomar decisiones puede ser clasificada como "inteligencia". Es una inteligencia superior, a la que las criaturas individuales del grupo no llegan. Tal inteligencia nace como resultado de la conducta coordinada de los individuos.

Esta inteligencia grupal tiene que ser también la que permite a la colonia de hormigas adaptar sus actividades a las necesidades diarias y decidir si éste o aquél es un buen día para salir a buscar comida o no. Antes de que las recolectoras de la colonia empiecen a trabajar, las exploradoras recorren el terreno en busca de comida, y sólo una vez que éstas han vuelto salen las otras a buscar alimento.

La mayoría de las hormigas son ciegas y se guían fundamentalmente por el olor. Están cubiertas por una capa de grasa, que se impregna del olor específico de la colonia. Así es como cada hormiga, abeja o avispa sabe si el congénere con el que topa pertenece a su grupo o no; porque cada colonia tiene un olor característico. Y también se ha descubierto, en al menos las hormigas cosechadoras, que cada tarea tiene igualmente su propio olor. Por eso una hormiga que pasa mucho tiempo fuera del hormiguero, como es el caso de una buscadora de comida, acaba oliendo diferente de las que se quedan en el hormiguero.

Una buscadora de comida reconoce por el olor a una exploradora que regresa, pero eso no es motivo suficiente para incentivarla a salir de la colonia, pues el hormiguero debe calcular primero si será una maniobra segura el enviar a las buscadoras de comida afuera. Después de todo, trabajar en el exterior suele ser peligroso. Por lo tanto, surge la pregunta: ¿Qué es lo que les indica a estas hormigas que ha llegado el momento apropiado para salir a buscar comida?

Para despejar el interrogante, los científicos han manipulado el olor de diferentes obreras. Ese olor se ha aplicado a unas pequeñas cuentas (u objetos de laboratorio) del tamaño de una hormiga, lo que conlleva el que lleguen a ser falsas hormigas, cuyo propósito es engañar a las auténticas. Se trata de hallar el mecanismo que emplea la colonia para organizar la búsqueda de comida. Y, como era de esperar, sólo el olor de las falsas exploradoras estimulan a las buscadoras de comida a salir a por ella. Pero, de todas formas, pronto se descubre que la cosa no es tan sencilla. Hace falta encontrar otro mecanismo, más sofisticado, capaz de explicar por qué algunos días salen miles de buscadoras de comida a trabajar y otros días apenas salen una docena. A tal respecto, lo que básicamente se ha descubierto es que las bus-

adoras esperan a que las exploradoras regresen al hormiguero, antes de tomar la decisión de salir a buscar comida. Y no saldrán, a menos que se crucen con exploradoras a razón de una por cada 10 segundos.

Se probó a dejar caer en el hormiguero las cuentas (es decir, las falsas exploradoras) más rápido, o más despacio, y el estímulo de salir en tropel a buscar comida sobrevinía cuando el intervalo alcanzaba unos 10 segundos. Ése, por tanto, debe ser el tiempo en que una hormiga recuerda lo que ha pasado. Los datos en la memoria de una hormiga sólo permanecen durante 10 segundos, y luego se desvanecen. Así, si una hormiga se encuentra con otra, al cabo de 40 ó 60 segundos olvida el encuentro, como si éste nunca hubiera acontecido.



Sólo cuando ha regresado al hormiguero una suficiente cantidad de exploradoras, las buscadoras de comida salen a trabajar. Así es como, a diferencia de los individuos, la colonia en conjunto sabe cuándo es un buen día para salir en busca de alimento. El estudio continuado de las hormigas deja claro que el cerebro particular de cada una de ellas no hace gran cosa, pues se comporta como si fuera el programa informático de una máquina biológica, sin absolutamente ninguna noción del "yo" individual.

Son unidades simples que, como grupo, forman un todo inteligente. Se trata de una clase de inteligencia que no está controlada por un cerebro central, sino que es gobernada por un colectivo formado por muchos individuos no inteligentes. La receta del éxito de estos grupos de animales fascina a los biólogos, pero en los últimos años también ha llamado la atención de ingenieros y cibernéticos, y la intención de ellos es aplicar la conducta de los grupos a las máquinas. De esta manera nace la tecnología de los llamados "enjambres robóticos".

A la ciencia robótica le interesa la inteligencia colectiva de los grupos de animales porque promete hacer posible el hecho de controlar a muchos robots sin necesidad de un cerebro central. En los años de 1980, muchos ingenieros se preguntaron cómo podrían construir robots que funcionaran de forma fiable en un entorno que cambia constantemente. Los métodos tradicionales de la robótica demostraron no ser válidos a este respecto, pues los robots tradicionales son extremadamente susceptibles a los problemas y casi incapaces de reaccionar en tiempo real.

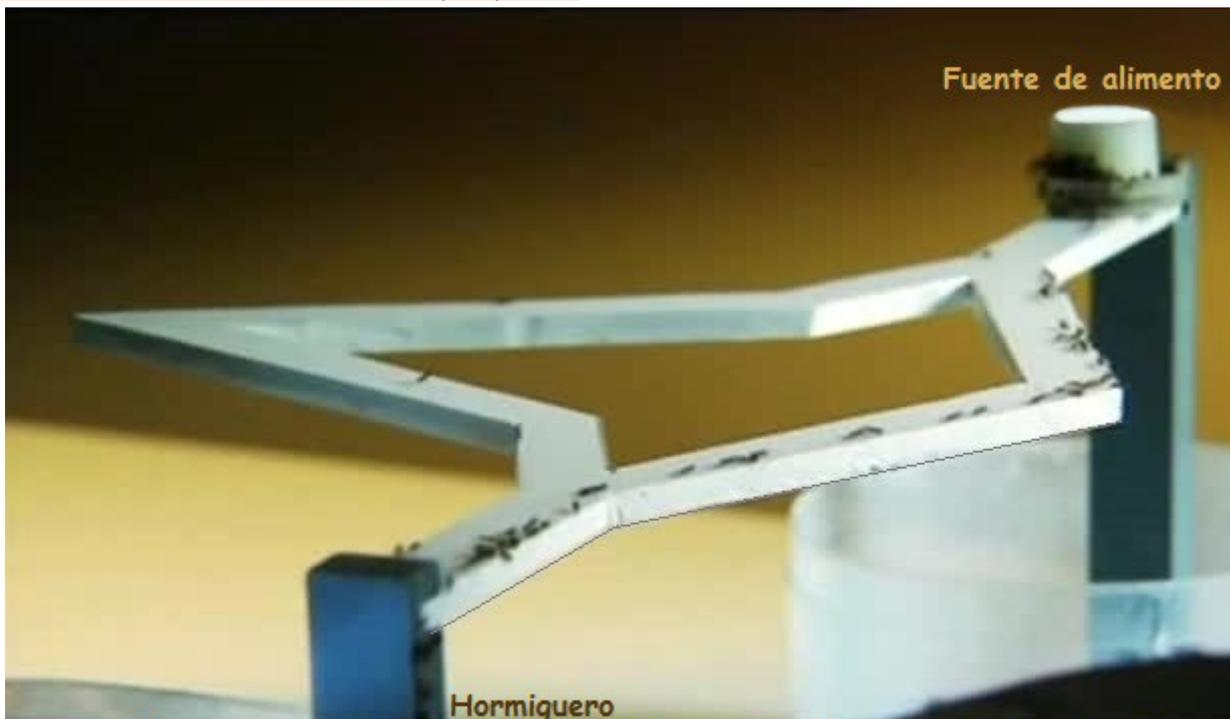
Por consiguiente, en la década de 1990 se tomó un camino completamente nuevo en la robótica. Así, en lugar de afanarse en la creación de un robot único y complicado, surgió la idea de construir "enjambres" de robots, formados por individuos robóticos poseedores de una conducta muy simple, aunque con la capacidad de resolver problemas a nivel colectivo.

Actualmente, hay un área de investigación multidisciplinar integrada por biólogos e ingenieros, la cual busca cómo aplicar a la tecnología de la denominada "inteligencia artificial" la capacidad de resolver problemas que muestran las hormigas y otros grupos de animales. Se sabe que el comportamiento de las hormigas individuales es muy simple, a pesar de que cada hormiga es una especie de máquina viva bastante compleja; no obstante, su comportamiento es muy simple.

Cada hormiga sólo tiene un repertorio de unos 20 patrones de comportamientos diferentes. Pero existe una estrategia de las hormigas que, siendo simple, es notoriamente ingeniosa; y ésta ha inspirado a los diseñadores robóticos más que ninguna otra. Se trata del método que siguen diferentes hormigas para explotar una fuente de alimento de la forma más eficiente posible.

Por ejemplo, un colectivo de hormigas negras de jardín debería elegir teóricamente el camino más corto entre el hormiguero y una fuente de alimento. Experimentos y observaciones llevadas a cabo minuciosamente muestran que al principio escogen caminos completamente aleatorios, pues ningún individuo de la colonia tiene la capacidad mental para discernir a priori entre el camino más largo y el más corto. Al comienzo la búsqueda parece caótica, pero tras apenas unos minutos ocurre algo increíble. La colonia

decide colectivamente optar por el más corto de todos los caminos, y esto es posible gracias a un sistema de intercambio informativo muy especial.



Dispositivo experimental que muestra el flujo masivo de hormigas desde el hormiguero a la fuente de alimento, a través del sendero más corto (elegido entre 2 opciones: camino corto y camino largo).

Las hormigas, así como todos los insectos, captan información química compleja mediante la detección de "feromonas". Por lo tanto, tienen acceso a señales que los humanos no pueden leer. Las hormigas desprenden un rastro de feromonas olorosas, que se evapora con el tiempo. Para elegir el camino a transitar toman el sendero más fuertemente impregnado de feromonas, lo cual constituye un mecanismo sencillo de cara a la toma de decisiones pero no por ello menos ingenioso. Los individuos que han tomado el camino más corto, hasta la fuente alimenticia, vuelven antes que los que han tomado el camino largo. Por ello, el camino más corto queda impregnado con una mayor cantidad de feromonas, al ser transitado con mayor frecuencia, de tal manera que cada vez hay más hormigas que optan por el camino más corto.

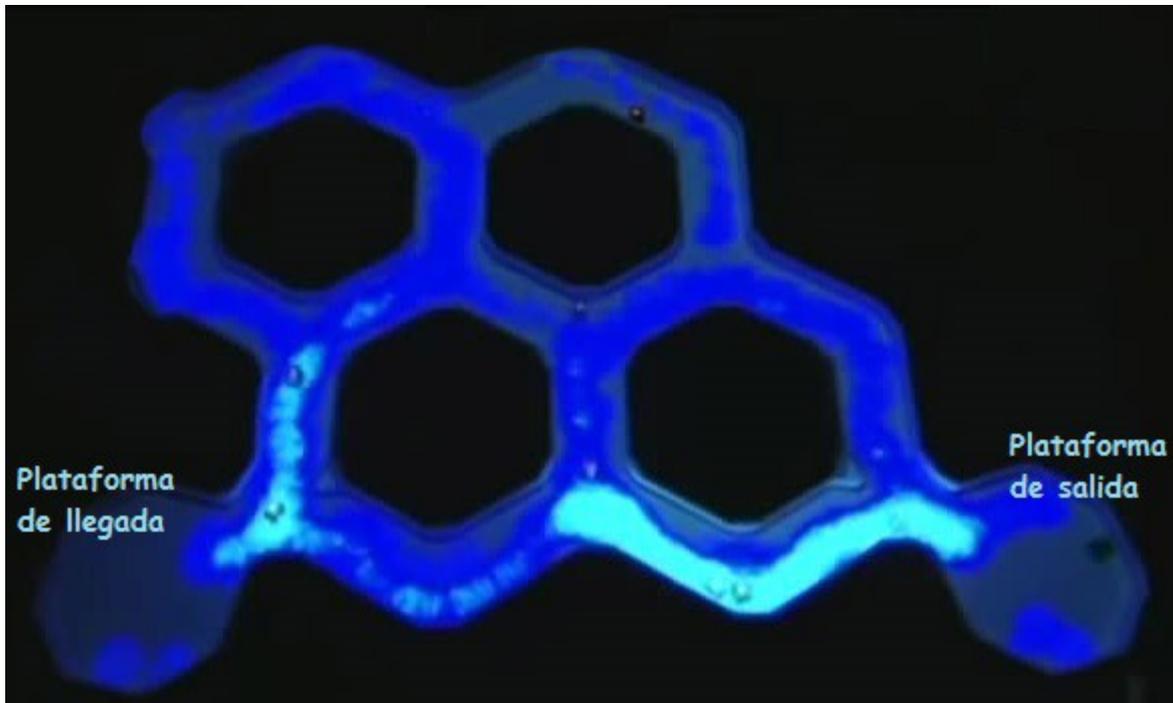
Éste es un ejemplo real de inteligencia colectiva, pues las hormigas individuales son totalmente incapaces de medir la longitud de cada camino. Sólo pueden hacerlo a nivel de supra-individuo, así que se trata de un fenómeno de inteligencia colectiva.

Al igual que las hormigas, los minirobots se encuentran bastante indefensos como individuos; pues apenas poseen unos cuantos sensores y unos pocos comportamientos básicos. Tal como las hormigas, un enjambre de pequeños robots debe encontrar el camino más corto entre 2 puntos. En los experimentos, los minirobots recorren primeramente un laberinto al azar y no saben dónde está el emplazamiento de su objetivo. Al igual que las hormigas, están programados para seguir los rastros de luz de sus compañeros. Cuanto más brille un rastro, más probabilidades hay de que un robot cualquiera lo siga.

Los robots están configurados para reconocer cuál es la zona de salida y la de destino, y sólo en estos enclaves comienzan a emitir mensajes. Con el tiempo, el rastro de luz entre la salida y la meta se vuelve más fuerte en el camino elegido colectivamente, y los otros rastros se difuminan. Tras aproximadamente 20 minutos, todos los robots se encuentran siguiendo el camino más corto. En consecuencia, la estrategia de las hormigas también funciona aquí.

Los enjambres de robots todavía están dando sus primeros pasos tecnológicos, pero la intención es prepararlos para grandes tareas. Se debate mucho sobre las posibles aplicaciones de este tipo de ro-

bótica, y una meta cada vez más definida entre los expertos es la creación de enjambres robóticos que exploren entornos hostiles, como, por ejemplo, el suelo de otros planetas. Otro campo de aplicación interesante es el de los nanorrobots inyectados dentro del aparato circulatorio del cuerpo humano, en donde los componentes individuales del enjambre serían tan diminutos, y consecuentemente tan simples, que resultaría imposible controlarlos uno por uno. En un tal sistema, la única forma de controlar al enjambre sería a través de la interacción entre nanorrobots.



En azul se muestran los rastros dejados por los nanorrobots en el laberinto, aproximadamente hacia la mitad del experimento, correspondiendo el tono más claro a la mayor intensidad lumínica residual y el más oscuro a la menor intensidad (en vías de difuminación). Visto desde arriba.

El futuro tecnológico probablemente se decante hacia los enjambres de robots, pero algunos investigadores han ido más allá y desean construir "organismos artificiales". La pretensión más reciente es la de crear una autoorganización de componentes individuales y sin programar; explícitamente una autoorganización. Por ejemplo, imaginemos que un miembro de un enjambre artificial es en realidad una célula de un organismo. Imaginemos entonces que un enjambre de robots tomara forma de perro, y dicho perro artificial sería capaz de superar obstáculos mucho mejor que una célula individual.

El enjambre tendría que adaptarse a su entorno y habría de desarrollarse para sobrevivir. Imaginemos que un enjambre es liberado en un terreno inhóspito, un enjambre de 100 robots en un terreno accidentado en el que sólo sobrevivirán si se unen para formar un único cuerpo, una serpiente, por ejemplo. La pretensión es que los organismos artificiales del futuro se programen solos y compartan su energía e información de forma colectivamente independiente y sin control humano. El objetivo es, pues, que los organismos robóticos se adapten espontáneamente a nuevas tareas, sin que sea necesario que sus creadores los programen previamente.

De momento, esta alta tecnología existe sólo en proyecto. Falta confirmar que realmente funcionará. Se considera la predecesora de las futuras células-robot. Incluso se están probando estrategias para que los robots puedan transmitir su información genética a sus compañeros. Se piensa que la población robótica que mejor se adapte se hará dominante. Esto supondría también un trampolín para el desarrollo de la inteligencia artificial.

Se especula triunfalmente que si un enjambre robótico fuera capaz de cuidar de sí mismo, automáticamente buscaría nuevas tareas y podría resolver retos que tuvieran que ver con la búsqueda de territorios nuevos y mejores, en los que medrar. Pero los enjambres de robots inteligentes que no nece-

siten supervisión humana no pasan de ser una visión de futuro, una ficción. Por el momento, hay algo más cercano que preocupa a muchos investigadores: ¿Qué hay de los humanos? ¿En qué medida difiere nuestro comportamiento del de los grupos de animales?

El ser humano actúa como individuo y decide racionalmente, con independencia y según su libre albedrío. Eso creemos, al menos. Pero ¿actuamos individualmente, como siempre hemos creído? ¿O también nosotros, sin saberlo, seguimos una lógica de grupo?

Los procesos que tienen lugar en la sociedad humana han sido investigados usando conceptos propios de sistemas complejos del mundo de la Física. Estos sistemas están formados por muchos componentes, como sucede con las partículas gaseosas o líquidas que interactúan entre sí. En Física, a menudo, se encuentran fenómenos que forman estructuras. Tal es el caso de las olas del mar y el de las turbulencias atmosféricas, y lo mismo es posible observar en una masa social de individuos.



Masa peatonal, observada a vista de pájaro.

La investigación de las masas peatonales viene a ser, para un profano, nada más que imágenes de caos y desorden. Pero

los expertos han observado grabaciones aceleradas de masas humanas, unas 10 veces más rápido que en la realidad, y han descubierto que el aparente caos (a velocidad real) empieza a desaparecer cuando la grabación de las imágenes se acelera. Esto es así porque a dicha velocidad el cerebro nuestro es capaz de reconocer ciertos patrones.

En una muchedumbre densa se forman patrones de movimiento o estructuras, de las que los individuos implicados no son conscientes. Por supuesto, nadie controla esos patrones; se forman solos, como consecuencia de la interacción de innumerables individuos. Son estructuras por medio de las cuales las multitudes se autorregulan, sin que los individuos realicen acciones deliberadas al respecto.

Muchos fenómenos de autoorganización se producen en aglomeraciones de peatones, y mejoran el flujo de tales peatones. Los encuentros locales entre peatones llevan a maniobras evasivas, y todos ellos juntos producen un resultado inteligente en el que se separan hábilmente las diferentes direcciones y sentidos del movimiento peatonal. Así se optimiza el flujo.

Los individuos, habitualmente, no son conscientes de estas dinámicas grupales, aunque se ha observado que los resultados de la autoorganización no siempre son inteligentes. Un ejemplo lo tenemos en los atascos de tráfico, en las grandes ciudades, así como las consecuencias derivadas del pánico en masa. A veces se han detectado estructuras en remolino, las cuales poseen una enorme fuerza y hace que los individuos queden completamente a su merced, para bien o mal.

Por consiguiente, los procesos de autoorganización también pueden producir resultados desfavorables. Es necesario investigar más, porque se desconoce bajo qué condiciones funciona este principio físico de manera positiva o negativa. ¿Qué es lo que provoca resultados no deseados?

El cálculo de los patrones de autoorganización de una multitud podría ayudar a evitar situaciones incontrolables y catastróficas. Los patrones seguidos por la masa peatonal humana tienen un cierto parecido con los desarrollados por determinados grupos animales, pero cabe cuestionarse si el ser humano exhibe también la misma clase de comportamiento en su forma de pensar de cara al grupo. ¿Existe también en los humanos algunos patrones de inteligencia colectiva?

Un experimento realizado en Zurich analizó, por primera vez, si las decisiones de una persona pueden estar controladas por la dinámica colectiva y si realmente 2 cabezas humanas piensan mejor que una. Se pidió a 20 sujetos que hicieran un cálculo, con la premisa de que cuanto más se aproximen al resulta-

do correcto mayor serían las ganancias que obtendrían. En primer lugar, todos los participantes debieron realizar su propio cálculo, pero estando conectados a los otros participantes. Tras cada ronda de juego, los sujetos veían en su pantalla los valores que habían emitido los demás. Si resultara que la media de todos los cálculos fuera mejor que los cálculos individuales, entonces existiría realmente lo que se denomina "inteligencia colectiva". Si esto funcionara en los humanos, ello podría aplicarse a cosas útiles, ya en los negocios, en la vida social o en cualquier otro campo.



Pero el resultado final del experimento resultó menos claro de lo esperado, descubriéndose que si bien existe una conducta colectiva o de grupo, a veces el colectivo identificaba la solución correcta pero otras veces se desviaba muchísimo. Así que se impone ser precavidos a la hora de confiar en la inteligencia colectiva. Todavía no se puede afirmar con certeza que el colectivo humano sea más sabio que el individuo. Pero lo que sí es seguro es que los seres humanos se comportan frecuentemente como un grupo a la hora de tomar decisiones, con algunas excepciones.

Siempre nos habíamos guiado por la idea de que la conducta inteligente debería estar controlada por una conciencia inteligente. Pero las estrategias para lograr el éxito que emplean los grupos animales demuestran que hay más de un camino en ese sentido. La inteligencia colectiva animal ha llegado a verse como un tipo de talento extraño y ajeno al hombre, pero en realidad puede que esté más próximo a nosotros de lo que imaginamos. Podemos aprender mucho de ello, y no hemos hecho más que empezar».

En todo esto que hemos considerado se percibe que detrás de cada decisión individual o grupal existe una criteriología de base que la motiva y ésta es de índole trascendente, es decir, impuesta por diseño. En el caso de los nanorrobots el diseño proviene de la entidad humana que los ha creado y programado, mientras que en el caso de los animales (y del propio hombre) la entidad creadora hay que buscarla en el Sumo Hacedor. Además, todo parece indicar que los códigos comportamentales que gobiernan esas decisiones son tan abiertos y flexibles que permiten a los grupos de individuos decantarse hacia la cooperación, la competición, la depredación y así por el estilo; de donde se deduce que se requiere una educación de los grupos animales para adecuarlos a un sistema de convivencia intergrupala no cruento, y dicha educación utilizaría diversos medios para hacerse efectiva: cambios en el entorno, manipulación de comportamientos individuales, control de natalidad, etc. Ello nos trae a la memoria un conocido pasaje del Génesis, a saber:

«Y Dios pasó a decir: "Hagamos [al] hombre a nuestra imagen, según nuestra semejanza, y tengan ellos en sujeción los peces del mar y las criaturas voladoras de los cielos y los animales domésticos y toda la tierra y todo animal moviente que se mueve sobre la tierra". Y Dios procedió a crear al hombre a su imagen, a la imagen de Dios lo creó; macho y hembra los creó. Además, los bendijo Dios y les dijo Dios: "Sed fructíferos y haceos muchos y llenad la tierra y sojuzgadla, y tened en sujeción los peces del mar y las criaturas voladoras de los cielos y toda criatura viviente que se mueve sobre la tierra"» (Génesis 1:26-28).

No sabemos hoy día qué métodos idóneos hubiera empleado la humanidad para "sojuzgar o sujetar" a los seres de la biosfera en el caso de que ésta (la humanidad) hubiera conservado su equilibrio original; ya que, como sabemos, desde el mismo principio se produjo una "rebelión edénica" que precipitó al ser humano fuera de la guía de su Creador y lo sumergió en un estado de imperfección pecaminosa que todavía perdura. Sin embargo, es lógico pensar que hubieran sido métodos magistrales encaminados a

preservar la armonía y a corregir todo indicio de aberración comportamental que pudiera herir la sensibilidad de cualquier espectador amante de la paz y la concordia entre los seres vivientes.

El libro "La vida sí tiene propósito", páginas 49 a 51, párrafos 6 a 11, publicado en inglés, español y otros idiomas por la Watchtower Bible And Tract Society en 1977, declara:

«Adán fue creado a la imagen y semejanza de Dios. Esto quiere decir que tenía cualidades morales y capacidad para espiritualidad. Podía conocer y aprender acerca de Dios y podía tener una relación como de hijo para con Dios. Tenía facultades de raciocinio y la facultad de conciencia...

... un sentido de lo correcto y lo incorrecto. Adán podía representar a Dios en la Tierra, reflejar la gloria de Dios —sus excelentes atributos— a los que habían de nacer.

Dios estaba en comunicación con Adán, posiblemente cada día. Según Génesis 3:8, fue "a eso de la parte airosa del día" cuando Adán y Eva "oyeron la voz de Jehová Dios". La referencia a un período específico durante el día sugiere la posibilidad de que este tiempo haya sido el lapso acostumbrado en el cual Dios se comunicaba con el hombre. Sí, el Altísimo se tomaba tiempo para enseñar a Adán como recién llegado a la Tierra. Este primer hombre necesitaba la ayuda e instrucción de Dios, para poder llegar a ejercer dominio apropiado sobre la creación inferior. Adán tenía plena capacidad para desarrollarse espiritualmente y para cultivar amor. Podía fortalecerse más en aprecio y amor a su Creador a medida que progresara en aprender. Podía establecer una relación cada vez más estrecha con Él.

La Biblia no declara cuánto tiempo se ocupó Dios en dar instrucción a su hijo. Pero era esencial que Adán aprendiera, entre las primeras cosas acerca de la vida vegetal y la vida animal, puesto que sería el cultivador e instructor perito de sus hijos en el arte de la jardinería y horticultura y el cuidado de los animales domésticos. Obviamente, esto podía tomar algún tiempo.

Adán moró en el hogar-jardín edénico que Dios había hecho para él. Probablemente era una zona grande por la cual Adán podía viajar. Así, Adán podía observar a los animales en su medio, de la manera que Dios dispusiera esto. Adán entonces podía ponerles nombre según sus rasgos y características. No había necesidad de apresurarse.

Aunque Adán podría resolver problemas que surgieran y que estuvieran dentro del alcance de su conocimiento, tendría que acudir a Dios como el Diseñador y Director en cuanto a precisamente cómo 'sojuzgaría la tierra'. La zona no cultivada fuera del jardín de Edén tendría que ser hecha el "hogar" para los miles de millones de personas que vendrían. Y tal como un constructor sigue los planos del arquitecto, así el hombre tendría que seguir la sabia dirección de Dios con fidelidad para transformar la Tierra con fin de embellecerla y dotarla de la mayor comodidad y del mejor disfrute para la raza humana.

¿Cómo le fue a Adán en cuanto a ello? Por un tiempo le fue bien, y él instruyó a su esposa tal como había aprendido de Dios. Por su condición de Creador, Jehová era el Dios de ellos. Para continuar en relación apropiada con Dios, Adán y Eva tenían que apoyarse en él y obedecerle como Gobernante Soberano. Puesto que darían expansión a su familia hasta cubrir la Tierra, para el orden y la armonía sería esencial que hubiera sujeción a la gobernación de Dios. Adán y Eva podían enseñar y educar a sus hijos, para que éstos, a su vez, glorificaran a Dios».

Por lo que hoy sabemos de etología y zoología, el primer hombre se enfrentaba a una tarea apasionante y a la vez ardua, en el asunto de "sojuzgar" a los animales. Estudios recientes acerca de la inte-



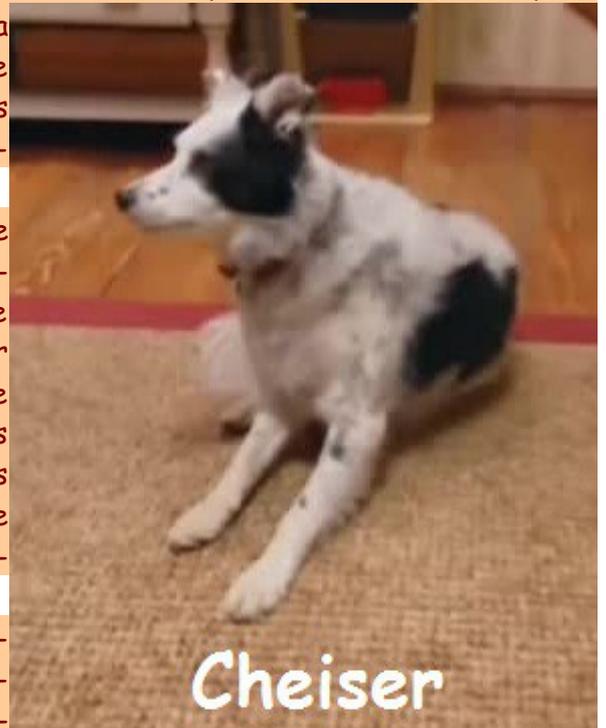
ligencia animal parecen corroborar esto. Por ejemplo, un documental transmitido en 2011 por el canal Odissea, titulado "Inteligencia animal", contiene algunos datos sorprendentes, que, librados de tendenciosidad evolucionista, se exponen a continuación:

«El astrofísico Neil Degrasse Tyson, del Museo Americano de Historia Natural, presentador de este documental, declara: "En nuestra cultura, atribuimos a los animales personalidad y habilidades humanas. En películas y dibujos animados aparecen criaturas parlantes que se comportan como personas, aunque estén cubiertas de plumas o pelos. Tal es el caso del "pato Donald" y "Alvin y las ardillas", por ejemplo. Y en cuanto a nuestras mascotas, resulta tentador que tengan ideas y sentimientos humanos. Pero los investigadores siempre han sido escépticos con la inteligencia animal. Al fin y al cabo, los humanos hablamos, escribimos, construimos naves espaciales y resolvemos acertijos, mientras que los animales no tienen tanto talento. Sin embargo, estudios recientes acerca de cómo piensan los animales han llegado a sorprendentes conclusiones; y resulta que uno de nuestros alumnos más aventajados es quien mejor nos conoce"...

Los dueños de perros creen que sus mascotas son listas, pero ahora los etólogos les dan la razón. Según los últimos estudios, nuestro mejor amigo animal (el perro) es más listo de lo que pensábamos. Poseen un cerebro que se parece al nuestro en una medida jamás imaginada.

John W. Pilley, psicólogo de 82 años, de la Universidad de Wofford (Carolina del Sur, EEUU), ha trabajado con perros desde hace ya bastante tiempo y ahora tiene una de las perritas más listas que existen. Se trata de Cheiser, de 6 años, una "Border collie" (raza de excelentes perros pastores escoceses). Su destino era vivir en las montañas de Escocia, cuidando ovejas, pastoreándolas.

Pilley ha enseñado a Cheiser a "cuidar" de otra clase de rebaño, compuesto por unos mil juguetes o peluches. Conoce el nombre de todos y cada uno de esos juguetes, algo que supera la memoria de una persona normal (por eso, el doctor Pilley ha rotulado a cada juguete con el nombre del mismo y le ha enseñado a la perrita cómo se llama cada juguete a través de la voz). Cuando se le pronuncia el nombre de uno de esos juguetes y se le ordena que lo traiga, esta perrita obedece rápidamente, lo busca entre el montón y lo trae, sin equivocarse nunca.



Estos animales tienen supermemoria. Los "Border collie" pueden recordar cientos de palabras y sus correspondientes significados. Además, aprenden esas palabras muy rápidamente. ¿Qué representa esta habilidad en comparación con otras especies de animales?

Aparte de nosotros, los mejores lingüistas de la biosfera son los chimpancés. Por ejemplo, los bonobos (chimpancés enanos) pueden aprender el lenguaje de signos, aunque muy lentamente. Sin embargo, hay muchas pruebas que los perros realizan con notable mayor éxito que los monos. Por ejemplo, un bebé de 12 a 18 meses sabe mirar e ir hacia donde señala un adulto. Brian Hare, primatólogo de la Universidad de Duke (Carolina del Norte, EEUU), comenta: "Los niños pequeños hacen esto, en cuanto empiezan a adquirir el lenguaje". Él ha intentado hacer lo mismo con chimpancés y bonobos, con resultados sorprendentemente malos. "Los primates se resisten. Si uno intenta ayudarles y comunicarles dónde hay comida, se desconciertan y no entienden nada" (Brian Hare).

El caso es que estos chimpancés pueden resolver problemas sofisticados, pero no siempre prestan atención a los humanos. De hecho, en pruebas en las que media prestar atención a las directrices dadas por seres humanos, los perros aventajan enormemente a los simios. Por lo tanto, en comparación con los primates, los perros tienen habilidades muy especiales. Esto revela una diferencia básica acerca de cómo los perros y los bonobos ven a los humanos.

Todo parece indicar que el perro desea formar sociedad con el hombre, y lo necesita, en tanto que no ocurre lo mismo con los chimpancés. Los simios, a diferencia de los perros, no son sumisos ni tratan de cooperar ni servir al hombre; ellos están interesados más bien en "servirse del hombre" para obtener comida, para engañarle de manera ventajista y así por el estilo; por lo tanto, a menos que detecten con claridad algún incentivo inmediato y cuantioso, prefieren la compañía de sus congéneres.

Al ser comparados con los primates, los perros resultan ser animales extremadamente cooperadores con el hombre. Por consiguiente, aunque el cerebro de los chimpancés es proporcionalmente mayor que el de los cánidos y sus genes se parecen más a los de los humanos, la inteligencia social de los perros es, en algunos aspectos, bastante más parecida a la del hombre que la que tienen los primates. Debido a esto, muchos investigadores se han decantado por el estudio preferente de los perros y han creado nuevos laboratorios cognitivos caninos.



Los estudiosos quieren averiguar cómo piensan los perros y porqué, a fin de obtener datos valiosos que los ayuden a entender mejor al propio ser humano. Los perros parecen descender de los lobos, pero con la particularidad de que a través de los siglos y muchas generaciones de por medio han adaptado su composición mental a fin de entender las claves sociales del hombre y someterse a ellas.

El etólogo Clive Wynne, de la Universidad de Florida, estudia el comportamiento de los lobos en el Parque de los Lobos de Indiana (EEUU). Se trata de lobos criados por humanos desde su nacimiento, por lo que son los especímenes más mansos del mundo. Pero hay que tener muchísimo cuidado en el trato con ellos y no efectuar en su presencia ningún movimiento brusco, puesto que se pueden tornar muy violentos incluso con personas amigas. Por eso, no es sensato tener como mascotas a estos animales. Su vida social es más violenta que la de los perros y disponen de unas mandíbulas mucho más potentes, con las que podrían herirnos gravemente si pensarán que les disputamos algo, como una chuchería, por ejemplo.

Los lobos reaccionan con bastante más susceptibilidad que los perros ante la presencia de humanos. Así, los perros son muchísimo menos irritables que los lobos; y esto hace suponer que su tolerancia emocional les permite prestar más atención a los humanos y los hace considerablemente más flexibles en el aprendizaje. En el caso de Cheiser, la perrita entrenada por el doctor Pilley, esa flexibilidad alcanza niveles asombrosos. Al plantearsele el reto de identificar por nombre (se entiende: por sonido o pronunciación de un nombre) a un muñeco que nunca ha visto ni oído su nombre jamás es capaz de encontrarlo por deducción. Para ello, y fuera de la vista de Cheiser, se apila un montón de peluches ya conocidos por ella y entre éstos se introduce un muñeco nuevo y extraño, al que llamamos Darwin; cuando se le ordena a la perrita que busque a Darwin en el montón, ella, después de examinar una y otra vez dicho montón, acaba deduciendo que Darwin tiene que ser el peluche extraño; y lo agarra y se lo lleva a la persona que lo ha pedido.

Lo interesante de esta experiencia, realizada con otros perros aparte de Cheiser, es que derrumba la vieja hipótesis de que el aprendizaje deductivo es algo exclusivamente humano. Pues la experiencia de laboratorio parece indicarnos que los perros también pueden deducir el significado de diferentes palabras, y recordarlas durante largos periodos de tiempo. Esto es muy similar a lo que hacen los bebés, y además es extraordinario; porque la flexibilidad que vemos en los perros se parece mucho a la de los niños en una etapa crucial de su desarrollo cognitivo.

La investigación con perros no ha hecho más que comenzar y se espera que el estudio de estos a-

nimales, largo tiempo ignorados por la ciencia, nos permita conocer mejor el proceso del aprendizaje. ¿Por qué es tan lista Cheiser? El estudio del genoma canino ha encontrado un gen que quizás lo explique. Se llama CTNND2 y es crucial para el desarrollo cognitivo humano. La raza canina "Border collie" lo ha obtenido por cría selectiva.

Cuando vemos a algunos animales haciendo cosas sorprendentes, ¿cómo podemos saber si son sólo trucos de circo o son signos de inteligencia? ¿Se limitan esos protagonistas a obedecer órdenes o tienen algún tipo de entendimiento? Uno de los mayores retos en investigación animal es idear pruebas que permitan distinguir entre ambas cosas.

En el centro de buceo llamado "Cabo Antonio" hay 24 delfines mulares caribeños que viven ahí, en una agradable "escuela de delfines". Son animales muy curiosos y muy listos. Sus cuidadores humanos intentan que disfruten, a la vez que aprenden. Cada sesión de aprendizaje empieza con alegría, y también acaba con un ambiente alegre. Este tipo de adiestramiento se basa en el denominado "refuerzo positivo". Se aprovecha la característica de estos animales consistente en que les gusta mucho acertar, y recibir felicitaciones como si fueran niños de corta edad. Como resultado, responden bastante bien a este tipo de enseñanza. El brillo de sus ojos y sus joviales sonidos demuestran claramente que responden satisfactoriamente a este método de adiestramiento.

Lo mejor para conocer el mundo de los delfines es sumergirse en él. Los delfines están muy bien adaptados a la vida marina. Sus cerebros les permiten jugar, crear problemas y resolverlos. Una dificultad para determinar lo listos que son es que su mundo es muy diferente al nuestro. Además, su cerebro tiene capacidades de las que carece el nuestro. Por ejemplo, si enterramos un aro bajo la arena del fondo del mar, entonces a cualquier ser humano le sería casi imposible encontrarlo. Pero cuando a una hembra de delfín, adulta y bien adiestrada, se le ordena encontrar dicho aro sucede que ésta comienza a hacer chasquidos bajo el agua, lo cual es una forma de ecolocalización (emisión de ondas sonoras y recepción de las mismas cuando éstas rebotan contra un objeto). De esta forma, los delfines pueden percibir las cosas que les rodean, incluso si se encuentran ocultas a cierta profundidad. La hembra no tarda mucho, pues, en encontrar el aro.

El cerebro de los delfines es grande, en relación con su tamaño corporal. Es el segundo mayor en el reino de los animales, sólo por detrás del humano; y esto da una idea de su potencial. Al poner a prueba ese potencial con algo que los humanos asociamos claramente con la inteligencia, el leer, los delfines resultaron ser capaces de interpretar señales gráficas. ¿Pueden los delfines entender órdenes al leer un signo? Parece ser que sí.

Los científicos no sólo creen que los delfines son inteligentes y muy listos, sino que poseen capacidades mentales que todavía no han sido exploradas. Hasta el presente no se ha hecho más que comenzar a vislumbrar cuáles son algunas de sus habilidades. Stan Kuczaj, jefe del laboratorio de "comportamiento y cognición de mamíferos marinos" de la Universidad del Sur de Mississippi (EEUU), se dedica a analizar y demostrar la inteligencia de los delfines. Pretende ir más allá de la mera observación de que los delfines hacen cosas asombrosas, por lo que diseña métodos para probar que estos animales no sólo exhiben una rutina comportamental memorizada sino que, además, actúan llevados por brotes de inteligencia.

Los delfines aprenden a hacer un salto cuando se les ordena y a asociar una señal con esa conducta. Pero muestran más flexibilidad cuando se presentan las condiciones ideales para ser más creativos. Eso demuestra su inteligencia a mayor grado que el despliegue de complicadas rutinas aprendidas. Kuczaj ideó un experimento para poner de relieve que los delfines son capaces de algo más que memorizar



rutinas. Puso a prueba su habilidad, no para seguir instrucciones, sino para pensar las cosas y planearlas con anticipación. Evidentemente, la planificación es un signo de inteligencia.

Se adiestró a los delfines para que recogieran un peso y lo pusieran en una caja. Aprendieron que si metían suficientes pesos, por debajo de la caja se habría una especie de trampa y salía un pescado. Enseguida se dieron cuenta de que podían obtener los pescados más rápida y fácilmente si llevaban muchos pesos de una vez.

Planificar algo equivale a decidir qué hacer ante una situación sin tener que esperar a que ésta se produzca en la práctica, y eso permite evitar los riesgos y ser mucho más adaptable. Los delfines son criaturas sociables, que se desenvuelven en grupos; pero ¿pueden planificar en grupo?

Se han visto delfines, en libertad, juntándose de repente y sumergiéndose a un mismo tiempo. Era obvio que se coordinaban. Pero, ¿cómo lo hacen? ¿Se comunican de verdad? Lo cierto es que los delfines hacen gala de un nutrido repertorio de sonidos y algunos de ellos son "muy habladores". Emiten chasquidos y silbidos, entremezclados, y los científicos creen que esta mezcla constituye realmente un lenguaje. Pero nadie ha logrado aún descifrarlo.

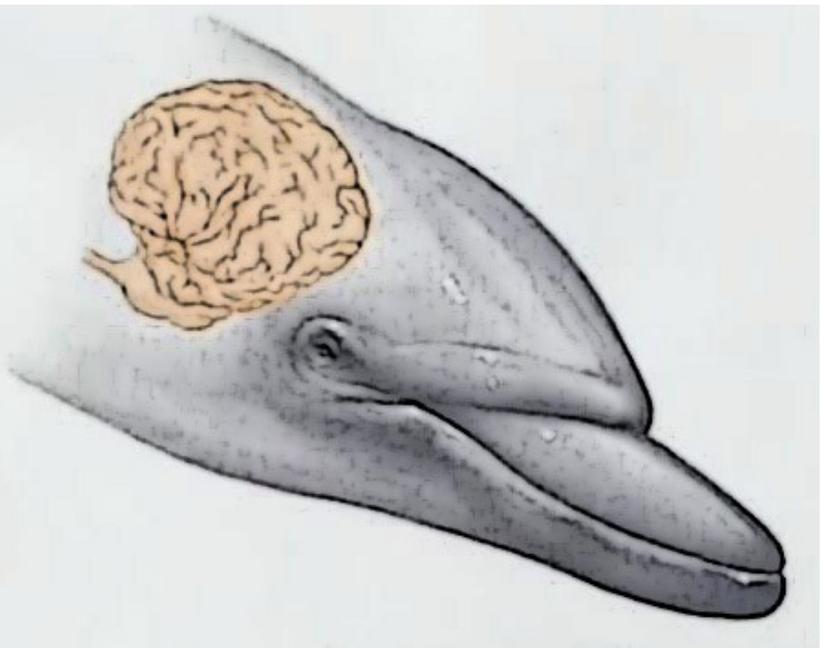
En Cabo Antonio se ha estado trabajando para hacer que los delfines adquieran el concepto de crear un truco, no memorizado previamente. Dos delfines, llamados Ronnie y Bill, lograron inventar un juego de grupo. Para ello tuvieron que pensar, planificar y tratar de comunicarse entre sí. Apremiados por el monitor, dialogaron entre sí mediante silbidos y, finalmente, dieron a luz una pequeña exhibición inédita, consistente en nadar panza arriba y levantar al mismo tiempo las colas. Esta innovación la realizaron a dúo, sincronizando magistralmente los movimientos.

Así, pues, bajo las instancias de sus cuidadores, estos delfines entendieron el concepto de hacer algo distinto, no programado de antemano; algo que atrajera la atención y la admiración de sus espectadores. Aparte del ser humano, los delfines parecen ser los únicos animales capaces de hacer esto.

Los delfines mulares poseen consciencia de sí mismos, al igual que los elefantes asiáticos y algunos primates. ¿Cómo se llega a esta conclusión? Mediante experimentos científicos controlados. Por ejemplo, en uno de tales experimentos se colocó una "x" grande sobre la cara de una elefanta y a continuación se le puso un espejo cerca, para que observara su figura. Ella notó, a través del espejo, que tenía una extraña marca (la "x") en la cabeza y dio evidencias de incomodidad para consigo misma.

Se ha observado un tipo especial de inteligencia, consistente en engañar a los depredadores. Una estrategia estriba en confundirse con el entorno y desaparecer de la vista de los observadores. A este respecto, el corresponsal Jake Ward explica lo siguiente: "Los seres humanos tendemos a creer que sabemos qué animales son los más inteligentes, y solemos inclinarnos a afirmar que entre éstos figuran, en un lugar prominente, nuestras propias mascotas. Y la mayoría de esas mascotas tienen una cosa en común con nosotros: son mamíferos. Pero a los invertebrados, como los moluscos, los tenemos en muy baja estima. Jamás nos imaginamos una gran actividad mental en una almeja".

Sin embargo, existen "einstein's" entre los moluscos, y poseen increíbles cerebros. Tal es el caso de los cefalópodos: sepias, calamares y pulpos. El doctor Roger Hanlon, del Centro de Biología Marina "Biomes", en Rhode Island (EEUU), hablando acerca del pulpo, declara: "Esta astuta criatura, con 8 tentáculos y 200 ventosas en cada uno de ellos, es muy maleable. Tiene un enorme cerebro, de una tremenda complejidad, que lo dota de gran inteligencia y capacidad cognitiva".



Mark Hall, de Biomes, estudia el comportamiento de un pulpo del acuario y dice: "Los pulpos son listísimos y muestran tener inteligencia. Les he visto resolver problemas, y es impresionante. Aprenden a resolver dificultades enrevesadas y presentan muchos signos de inteligencia". Este pulpo ha aprendido por sí mismo, mediante ensayo y error, a desenroscar un tarro que contiene un apetitoso camarón en su interior.



La inteligencia del pulpo le permite adaptarse bien a las exigencias del entorno. No sólo desarrolla estrategias para obtener comida, sino que también es un hábil estratega en el arte de evitar ser comido. Usa el poder de su cerebro, situado entre los ojos, para camuflarse, y lo hace en 7 décimas de segundo. En ese pequeño intervalo de tiempo transforma su forma, color, textura y dibujo, pues algunas neuronas cerebrales conectan directamente con la piel, cubriendo distancias de hasta 1 metro (y sin las interrupciones llamadas "sinapsis"). Cambia todo: dibujo, color e intensidad, y lo hace con su cerebro, en menos de 1 segundo. ¿Cómo logra esta hazaña con un cerebro tan pequeño, el cual debería ocupar el tamaño de una habitación? Éste es el gran misterio.

Es un misterio para la ciencia porque, según las estimaciones técnicas, haría falta un cerebro del tamaño de una súper-computadora para procesar e imitar tan rápidamente una cantidad de información visual tan enorme. Roger Hanlon ha buscado intensamente la explicación a esto. Estudiando a la sepia, se centró en un solo aspecto de su camuflaje: el dibujo. Y cree haber desvelado el misterio. Las sepias elaboran sus opciones usando sólo 3 tipos de dibujos: el uniforme (con muy poco contraste), el moteado (con partes claras y oscuras) y el disyuntivo (que es el de mayores contrastes). Por lo visto, el cerebro del animal mide el grado de contraste del entorno y altera su piel mostrando una cantidad similar de luz y sombra. Esto requiere mucho proceso neural y muchas tomas de decisiones, y es lo que denominamos cognición y pensamiento, e implica una forma de inteligencia.

Algún día entenderemos mejor cómo los cefalópodos cambian tan radicalmente su aspecto y cómo usan sus cerebros para otras tareas que sólo ahora estamos empezando a vislumbrar. Unos investigadores australianos han documentado recientemente lo que parece ser una capacidad de planificación de los cefalópodos. Por ejemplo, en estado libre un pulpo convierte en herramientas los objetos encontrados en el fondo del mar, tal como una cáscara de coco, y planea cómo usarlos a modo de refugio y camuflaje. Es posible que los cefalópodos sean mucho más inteligentes de lo que pensamos.

El macho de la sepia no permite que haya otros machos cerca de su pareja. Por eso, los machos rivales adoptan la siguiente estrategia: se disfrazan de hembras, para poder acercarse sin levantar sospechas. Un estudio mostró que la mitad de estos "travestís engañosos" lograban acercarse a una hembra comprometida con un macho, indicando con ello que este tipo de estrategia da resultados; y de cada 5 intentos de apareamiento furtivo observados, 2 de ellos tuvieron éxito al fecundar.

Un personaje que ha contribuido mucho a que podamos entender la mente animal ha sido un loro gris africano llamado "Alex", quien, al morir inesperadamente, dejó un gran vacío en ese campo de estudio. El 6 de septiembre de 2007 falleció, tras haberse convertido quizás en el pájaro más famoso del mundo. La doctora Irene Pepperberg, de la Universidad de Brandeis (Massachusetts), una científica no convencional, desarrolló una sorprendente relación con Alex y demostró que los loros no sólo son listos sino que además tienen la capacidad mental de un bebé.

Tras su infancia en Brooklyn (Nueva York), Irene estudió química en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) y se doctoró en Harvard (Massachusetts). Pero en 1974, a mitad de su doctorado, vio un programa televisivo llamado NOVA, que en aquella ocasión trataba sobre la comunicación del hombre con los animales, y esto cambió todos sus esquemas mentales. Siendo ya doctora, Irene abandonó la carrera de Química y comenzó a estudiar Biología en la Universidad de Purdue (Indiana, EEUU). Entonces visitó una tienda de mascotas, y el encargado le mostró un loro gris africano, uno más del montón

de pájaros que allí había. Se trataba de una ave normal y corriente, sin ninguna cualidad especial: un pájaro que posteriormente recibiría el nombre de "Alex".

Irene comenzó a enseñar a Alex los nombres de diversos objetos, pero la tarea no siempre fue fácil. Lo que más le gustaba al animal era el papel, y pronunciar "papel" es extremadamente difícil para un loro, a causa de no tener labios. Así que durante mucho tiempo pronunciaba "ael" en vez de "papel". Además, algunas mañanas progresaba bien en su aprendizaje; pero otros días se encontraba de mal humor. Esto último se notaba en su forma de mirar, con fijeza y con la cabeza entornada; y así daba a entender claramente que ese día cooperaría poco o nada.

Si deseaba un plátano y se le daba una uva, la arrojaba contra el que se la había ofrecido diciendo: "Quiero plátano". Es evidente, pues, que se hacía entender bien. Sin embargo, adiestrarlo no era fácil ni barato. Irene no dejaba de solicitar fondos para poder llevar a cabo completamente esta investigación, pero como lo que proponía era algo inusual tuvo que soportar mucho escepticismo y muchas denegaciones, pues la gente patrocinadora no puede saber a priori si se ha topado con un solicitante que es verdaderamente un genio o quizás un loco o un estafador.

En septiembre de 1979 llegó la primera subvención, pero con la condición de que Irene ideara un estudio que demostrase que Alex realmente pensaba. Para ello desarrolló un método de adiestramiento al que llamó "técnica del modelo/rival". Consistía en efectuar delante del loro una demostración, en la cual se enseñaba un objeto a un estudiante, quien hacía de modelo de conducta para el pájaro y al mismo tiempo de rival en busca de la atención indivisa del educador (en este caso, Irene). Entonces, Irene preguntaba al estudiante (en este caso, una chica universitaria): "Qué es esto", y la estudiante contestaba: "tres esquinas" (esto es, un objeto geométrico triangular). A continuación, la estudiante era felicitada por Irene y dicha alumna simulaba rascarse de alegría como un pájaro, de manera que Alex, como espectador, cobraba gran interés en el asunto. Esta comedia se repetía una y otra vez ante los ojos del loro, hasta que finalmente éste asimilaba que el objeto se llamaba "tres esquinas" y lograba responder correctamente ante la misma pregunta. Y la misma técnica se empleaba para enseñar a Alex otros muchos nombres de objetos geométricos.



Irene y Alex acabaron pasando de 8 a 10 horas diarias en los entrenamientos cognitivos, a partir de disponer de todo un equipo de investigación y de abundantes frutas y verduras frescas. La doctora opina que el trato especial que durante 15 años recibió Alex, de gran afecto humano y de ser tratado co-

mo un bebé, marcaron positivamente la personalidad de Alex y ello permitió explorar en él casi toda su potencialidad mental. Irene recuerda que era un pájaro muy inquisitivo, porque si llegaba alguien al laboratorio con algún objeto nuevo o extraño, preguntaba: "¿Qué color? ¿Qué forma? ¿Qué es?".

Al comunicarse con Alex, Irene realizó muchos estudios sobre su inteligencia. Consiguió avanzar con el concepto de "igual o diferente", algo que hasta la fecha se pensaba que sólo lo tenían los niños y quizás algunos monos. Al experimentar con Alex mostrándole objetos que se parecían en la forma pero que eran de colores diferentes, el loro daba respuestas sorprendentes. Por ejemplo, al mostrar 2 llaves de parecida forma, pero de colores distintos (una llave de color amarillo y la otra de color gris) se le preguntaba: "¿En qué se parecen?", y él contestaba: "Forma"; y también se le preguntaba: "¿En qué se diferencian?", y él contestaba: "Color".



Según la doctora Pepperberg: "Las cosas que Alex hacía se basaban, todas ellas, en algo acuciante para un animal en libertad. Ellos necesitan entender qué es igual y qué es distinto. Tienen que saber si una baya es como otra que comieron y que estaba apetitosa. Ésta es una habilidad básica que los animales requieren para sobrevivir".

En el año 2002, Irene y Alex se mudaron a la Universidad de Brandeis y ella siguió haciendo pruebas para demostrar que el loro entendía lo que decía. Alex no repetía simplemente las cosas, sino que re-combinaba los símbolos. Por ejemplo, si le traían una tarta, Alex, que conocía de antemano las palabras "pan" y "rico" (de sabor agradable), probaba la tarta y decía: "Pan rico". Esto resultaba ser algo asombroso para la mayoría de la gente. La doctora Pepperberg comentó al respecto: "Percibí que mi corazónada sobre las facultades de Alex era cierta, y llegué a saber algo que nadie más sabía. Habíamos tenido éxito y ahora disponíamos de una valiosa información para compartir con el resto del mundo".

En 2007 Alex podía ya contar objetos, desde el 1 hasta el 8, y hacía cálculos y también sabía más de 100 palabras: "Ya era posible demostrar que en tareas propias de niños, no especialmente en el lenguaje sino más bien en el proceso cognitivo (es decir, en tareas con números, formas y demás), Alex estaba al nivel de un niño de 5 ó 6 años" (Irene Pepperberg).

Alex e Irene se habían convertido en estrellas mundiales. Alex, a sus 31 años (mitad de la esperanza de vida de un loro gris africano) sólo había empezado a desvelar su potencial. Irene creó pruebas más avanzadas sobre relaciones espaciales, así como respuestas a ilusiones ópticas; pero, de repente, una noche, Alex murió. Irene se quedó petrificada ante el suceso, y después sintió un gran vacío. Mucha

gente que simpatizaba con Alex acusó negativamente este súbito desenlace.

Cuando Irene se repuso del percance, siguió trabajando con 2 pájaros más jóvenes. Pero, según sus propias palabras: "Alex fue pionero en ayudarnos a entender que la inteligencia animal es un continuo y que estas criaturas, tan diferentes a los humanos, tienen comportamientos inteligentes como nosotros"».

Las mascotas inteligentes obedecen órdenes sencillas y pueden memorizar nombres. Los chimpancés, por otra parte, son capaces incluso de apilar cajas para alcanzar un plátano, o de usar un lenguaje de signos rudimentario. Los dueños de mascotas, las aprecian sin duda; y algunas causan asombro hasta en congresos científicos. Pero aunque destaquen entre los de su especie, no son más inteligentes que un bebé humano. Nuestro cerebro, en cambio, es extremadamente superior y está dotado para el arte, la poesía, la filosofía, la matemática, la tecnología, etc. Ahora bien, sólo una diminuta diferencia genética nos separa de los animales más inteligentes, mamíferos todos ellos, como los chimpancés; y esto es algo verdaderamente desconcertante.

Siempre se había creído que la diferencia abismal que nos separa de los demás seres vivos de la biosfera terrestre debería reflejarse, al menos, en el estudio comparativo de la morfología interior de las distintas especies y en el genoma. Pero no ha resultado ser así, en absoluto. El avance de la biología nos ha revelado que diferencias infinitesimales en la composición de un determinado sillar orgánico pueden dar lugar a fenómenos fisiológicos y morfológicos ulteriores muy diferenciados (a veces, hasta inconexos) entre sí.

La revista "Despertad" del 22-1-2005, páginas 24 a 27, publicada en inglés, español y otros idiomas por la "Watchtower Bible And Tract Society", dice en parte: «Su cuerpo está formado por una serie

de cadenas microscópicas. Según el libro "The Way Life Works" (Cómo funciona la vida), "a nivel de sus componentes principales más pequeños", la vida se vale de "la cadena como principio organizador". Por tal razón, el más mínimo defecto en algunas de estas cadenas puede tener enormes repercusiones en nuestra salud. Ahora bien, ¿qué son, cómo funcionan y de qué modo influyen en nuestra salud y bienestar?



Básicamente son moléculas con estructura de cadena que se pueden clasificar en dos grandes categorías: las proteínas y

los ácidos nucleicos (el ADN y el ARN, moléculas que almacenan y transmiten información genética). Ambos grupos están estrechamente relacionados. De hecho, una función clave del ADN y del ARN es producir, o sintetizar, el extenso conjunto de proteínas necesarias para la vida.

Las proteínas son, con diferencia, las más variadas de las grandes moléculas vitales. Su familia está compuesta por anticuerpos, enzimas, mensajeros y proteínas estructurales y transportadoras. La gran diversidad de anticuerpos, o inmunoglobulinas, sirven de defensores contra la invasión de sustancias extrañas, como las bacterias y los virus. Otras globulinas ayudan a sellar las paredes de los vasos sanguíneos dañados por un traumatismo.

Las enzimas catalizan, o aceleran, reacciones químicas como las que se requieren para la digestión. En realidad, "si no tuviéramos enzimas, nos moriríamos de hambre rápidamente, porque tardaríamos unos cincuenta años en digerir una comida", explica el libro "El hilo de la vida". Estas sustancias orgánicas llevan a cabo su labor como si de una línea de montaje se tratara: cada proteína realiza una tarea específica. La "maltasa", por ejemplo, descompone la "maltosa" —un azúcar— en dos moléculas de "glucosa". Y la "lactasa" hace lo mismo con el azúcar de la leche, la "lactosa". Otras enzimas combinan átomos y moléculas a fin de crear nuevos productos. Y trabajan a gran velocidad. Una sola enzima es capaz de catali-

zar miles de reacciones químicas por segundo.

Otro tipo de proteínas son las "hormonas". Una vez liberados en el torrente sanguíneo, estos mensajeros estimulan o reducen la actividad de otros órganos del cuerpo. La "insulina", por ejemplo, activa en las células la absorción de glucosa, su fuente de energía. También hay proteínas estructurales, como el "colágeno" y la "queratina", que constituyen la base de los cartílagos, el pelo, las uñas y la piel. Todas estas proteínas son "los equivalentes celulares a las columnas, las vigas, la madera, el cemento y los clavos" de una construcción, explica "The Way Life Works".



Un elemento fundamental de multitud de idiomas es el alfabeto. A partir de esta lista de letras se construyen palabras con las que, a su vez, se forman oraciones. A nivel molecular, la vida se basa en un principio similar. El ADN proporciona el "alfabeto" maestro, compuesto curiosamente por sólo cuatro letras, que representan cuatro bases químicas: A (adenina), C (citosina), G (guanina) y T (timina). Combinando estas bases, el ADN da lugar (mediante una molécula intermedia de ARN) a los aminoácidos, que serían las palabras. Pero a diferencia de las palabras, todos los aminoácidos tienen el mismo número de letras, a saber, tres. Estos aminoácidos se enlazan para formar proteínas en los ribosomas, "las máquinas de montaje". Las cadenas de proteína resultantes equivaldrían a las oraciones, aunque mucho más largas, pues la proteína de término medio puede contener unos trescientos o cuatrocientos aminoácidos.

Cierta obra de consulta explica que, aunque en la naturaleza existen cientos de clases de aminoácidos, en la mayoría de las proteínas sólo se encuentran veinte. Con estos aminoácidos puede formarse una cantidad casi ilimitada de combinaciones. Para ilustrarlo: con una cadena de 100 aminoácidos que tuviera tan sólo veinte tipos diferentes podrían obtenerse más de  $10^{100}$  secuencias distintas, es decir, un 1 seguido de 100 ceros.

La estructura de la proteína resulta determinante en su función celular. ¿Cómo influye la cadena de aminoácidos en la forma de la proteína? A diferencia de los eslabones de una cadena de metal o de plástico, los aminoácidos se unen en determinados ángulos, formando un diseño regular que a veces se enrolla como el cable del teléfono y en otras se dobla como una tela plisada. Luego, estos diseños se "pliegan", o toman forma, y adquieren una estructura tridimensional más compleja. La estructura que adopta la proteína, lejos de ser caprichosa, es vital para su función. Este hecho resulta obvio cuando se produce un error en la cadena de aminoácidos.

Las proteínas con defectos en su secuencia de aminoácidos o con un plegamiento incorrecto pueden ocasionar enfermedades como la "anemia drepanocítica" (también llamada "anemia de células falciformes") o la "fibrosis quística". La primera de estas dolencias es una enfermedad congénita causada por una anomalía en las moléculas de "hemoglobina", contenidas en los glóbulos rojos. Cada una de estas moléculas contiene 574 aminoácidos organizados en cuatro cadenas. La alteración de tan sólo un aminoácido en dos de las cuatro cadenas hace que la molécula normal adopte forma de hoz (falciforme). La fibrosis quística se produce, en la mayoría de los casos, cuando una proteína carece del aminoácido "fenilalanina" en una posición clave de la cadena. Entre otras cosas, esta deficiencia interfiere en el equilibrio de sal y agua que necesitan las membranas del interior del intestino y los pulmones, por lo que la mucosa que los recubre se vuelve anormalmente espesa y pegajosa.

Asimismo, el déficit grave o la ausencia de determinadas proteínas provoca trastornos como el "albinismo" —un problema de pigmentación— y la "hemofilia". La forma más común de albinismo se produce cuando una importante proteína llamada "tirosinasa" está ausente o tiene algún defecto. Este hecho perjudica la producción de "melanina", un pigmento pardusco que suele estar presente en los ojos, el pelo

y la piel del ser humano. La hemofilia la causan los bajos niveles o la ausencia de ciertas proteínas llamadas "factores", que contribuyen a la coagulación de la sangre. Otras enfermedades atribuibles a proteínas defectuosas son la intolerancia a la lactosa y la distrofia muscular.

De un tiempo a esta parte, los científicos han centrado su atención en una enfermedad que algunos achacan a una forma anormal de una proteína llamada "prión". Se cree que tal enfermedad se origina cuando los priones defectuosos entran en contacto con los priones normales, obligando a estos últimos a cambiar su configuración. Como consecuencia, se desata "una reacción en cadena que propaga la enfermedad y genera nuevas proteínas infecciosas", explica la revista "Scientific American".

En la década de 1950, en Papua Nueva Guinea, salió por primera vez a la luz pública lo que puede haber sido un ejemplo de enfermedad causada por priones. Ciertas tribus aisladas practicaban el canibalismo por razones religiosas, lo que provocó una enfermedad denominada "kuru", que presentaba síntomas similares a los de la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob. Cuando las tribus afectadas abandonaron esa tradición religiosa, la incidencia de kuru disminuyó con rapidez, y en la actualidad no se tiene conocimiento de que se hayan producido nuevos casos.

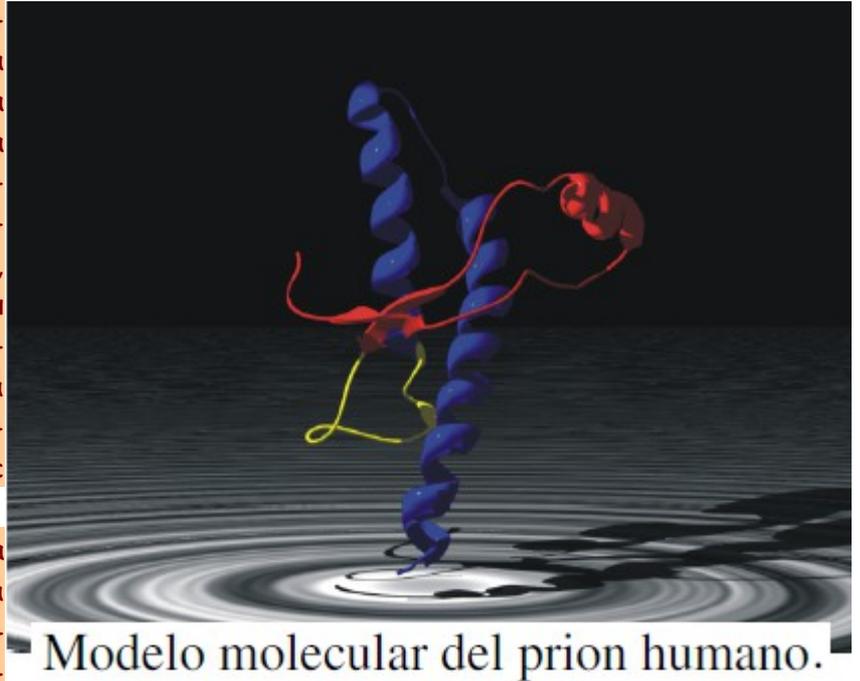
Afortunadamente, las proteínas suelen plegarse bien y cumplen sus tareas con sorprendente cooperación, eficacia y precisión. Este dato es digno de mención, pues el cuerpo humano cuenta con más de cien mil clases de proteínas que se organizan en complejas cadenas de miles de formas distintas.

Todavía queda mucho por explorar del mundo de las proteínas. A fin de aprender más, los investigadores ya están diseñando sofisticados programas informáticos que puedan predecir la forma de las proteínas a partir de su secuencia de aminoácidos. Aun así, lo poco que sabemos de ellas nos revela claramente que estas "cadenas vitales" no sólo demuestran un elevado grado de organización, sino también una gran inteligencia de parte del organizador.

A fin de acelerar la entrega de correspondencia, muchos servicios de correo piden que se indique el código postal en la dirección del destinatario. El Creador se valió de un concepto parecido para asegurarse de que las proteínas supieran a qué parte de la célula debían ir. Este recurso es fundamental si tenemos en cuenta que las células son lugares muy concurridos, pues albergan hasta 1.000 millones de proteínas. Sin embargo, las proteínas recién sintetizadas nunca se pierden de camino al trabajo, gracias a un "código postal" molecular: una línea especial de aminoácidos en el interior de la proteína. El biólogo celular Günter Blobel ganó el Premio Nobel en 1999 por sacar a la luz este magnífico mecanismo».

Se opina que la investigación científica y tecnológica humana no puede, ni podrá, desenvolverse con soltura ante los fenómenos cosmológicos que implican a la noción de "infinitud". Tanto lo infinitamente grande (el "infinito" propiamente dicho), como lo infinitamente pequeño (lo "infinitesimal") y también lo infinitamente complejo (la complejidad infinita) constituyen, al parecer, terrenos prohibitivos para la mente antrópica. Es posible que se pueda hacer alguna que otra incursión exitosa en esos terrenos, pero en el mejor de los casos simplemente se obtendría un escuálido botín de explorador y nada más. Por lo visto, el inmenso territorio de la "infinitud cósmica", o su práctica totalidad, es aparentemente inasequible al intelecto humano.

Respecto a la complejidad infinita, nada se nos presenta más parecido a este concepto que el que se descubre tras el estudio de las "estructuras biológicas funcionales". La biología estructural ha ido ga-



Modelo molecular del prion humano.

nando fama de enrevesada y complicada hasta alcanzar proporciones ilimitadas. Los nuevos descubrimientos, en este ámbito del saber, traen aparejados más interrogantes que soluciones. Es decir, a medida que se profundiza en el "amasijo" de complejidades que presenta cualquier estructura viva, como una célula, por ejemplo, se obtienen respuestas y también se incorporan nuevas preguntas; y sucede habitualmente que las preguntas superan con creces al número de respuestas obtenidas. La inercia en la marcha de estos resultados nos llevan a sospechar que, tal vez en un futuro cercano, la biología funcional acabará pareciéndose muchísimo a un pequeño islote de respuestas rodeado por un inmenso océano de interrogantes. Verbigracia:

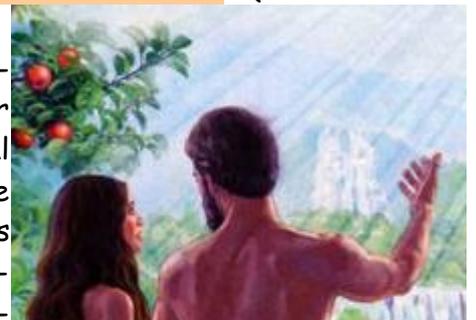
Un equipo del "Institute for Genomic Research" (TIGR) ha desarrollado una línea de investigación en torno a la bacteria "streptococcus agalactiae", principal causa de infección en los recién nacidos, y, extrapolarlo matemáticamente los datos obtenidos, descubrió que el depósito de genes disponible para la inclusión en las secuencias es teóricamente ilimitado. Consideran que las bacterias y los virus no podrán ser nunca descritos del todo porque sus genomas son interminables: en cualquier secuencia de ADN que se analiza, se encuentran siempre nuevos genes significativos. Y, así, hasta el infinito. Esta complejidad ha propiciado la elaboración de un nuevo concepto, el de "pangenoma".

Herve Tettelin y sus colegas han publicado en la revista "Proceedings of the National Academy of Sciences" (PNAS) los resultados de la comparación de la secuencia genética de ocho variaciones de la bacteria "streptococcus agalactiae", capaz de causar infecciones en recién nacidos y en individuos con un sistema inmunológico débil. El análisis de estos genomas ha permitido descubrir una sorprendente y continúa corriente de diversidad en ellos. Cada una de estas bacterias contiene una media de 1.806 genes presentes en cada una de las hélices, lo que constituye el núcleo del genoma. 439 de estos genes están ausentes en una o más hélices. Modelos matemáticos empleados para este análisis demuestran que continúan emergiendo genes únicos, incluso después de que hayan sido realizadas miles de secuencias. La extensión de esta diversidad emergente parece no acabarse nunca. Tettelin y sus colegas proponen describir las especies como un "pangenoma". Según el profesor Victor V. Tetz, el pangenoma es el sistema genético común de todos los seres vivos, sus moléculas orgánicas y sus contenidos genéticos implicados en el almacenamiento y la transmisión de los procesos de la información genética.

## El ser humano.

Según el Génesis, el ser humano fue creado a la imagen de su Hacedor, el Dios Todopoderoso: «Y Dios pasó a decir: "Hagamos [al] hombre a nuestra imagen, según nuestra semejanza, y tengan ellos en sujeción los peces del mar y las criaturas voladoras de los cielos y los animales domésticos y toda la tierra y todo animal moviente que se mueve sobre la tierra". Y Dios procedió a crear al hombre a su imagen, a la imagen de Dios lo creó; macho y hembra los creó. Además, los bendijo Dios y les dijo Dios: "Sed fructíferos y haceos muchos y llenad la tierra y sojuzgadla, y tened en sujeción los peces del mar y las criaturas voladoras de los cielos y toda criatura viviente que se mueve sobre la tierra"» (Génesis 1: 26 a 28).

Un estudio profundo de la sagrada escritura revela que el parecido o la semejanza que el ser humano habría de tener con su Creador se refiere a una similitud o reflejo de la personalidad divina, esto es, al "conjunto de cualidades fundamentales que emanan de la persona de Dios o Ser Inteligente Supremo" (amor, justicia, sabiduría y poder). Es evidente, a la luz de las sagradas escrituras, que ni el hombre ni ninguna otra criatura puede reflejar con total y absoluta exactitud o minuciosidad las cualidades de Dios, pero sí es posible hacerlo a un grado limitado y "suficiente", que no desentone o detraiga del original (tal como una fotografía o la imagen de un espejo resaltan las características y los rasgos generales de la figura de la persona enfocada).



Ahora bien, la gran distinción entre el hombre y el resto de los seres vivos que pueblan el planeta

Tierra (incluidos los animales) radica en la "mente", es decir, en las cualidades, capacidades, estructura y potencialidades de la "mente". La mente humana descuella como única y tremendamente diferente de la de todo otro viviente terrestre. Por lo tanto, la gran diferencia entre el hombre y los animales (los seres vivos más parecidos a él) se basa precisamente en las capacidades mentales.

Dado que la sagrada escritura no dice que los animales (u otros vivientes terrestres no humanos) fueran hechos a la imagen del Creador, sino sólo el hombre, es evidente que la similitud o semejanza entre Dios y el hombre debe radicar fundamentalmente en la "mente". La mente humana y la divina tienen cosas en común, semejanzas o similitudes, según el Génesis. La mente del hombre, de acuerdo con esto, ha sido diseñada y construida por el Sumo Hacedor para que manifieste, por tanto, similitudes con la Suya. Esto, de por sí, constituye un gran privilegio; pero también, al parecer, una gran responsabilidad.

Por lo tanto, se impone investigar qué es la mente humana, cómo está formada y qué características tiene. Cómo es posible que la mente del hombre pueda presentar rasgos de amor, justicia, sabiduría y poder. Qué es la "mente consciente" y qué es la "mente inconsciente", o el "subconsciente". Cómo se relacionan entre sí las denominadas "mente racional" y "mente irracional o emotiva". ¿Se puede distinguir entre mente individual y mente colectiva? Hasta qué grado es la estructura mental humana similar a la divina. ¿Existen criaturas sobrehumanas con mentes que funcionan a la imagen o semejanza de la mente del Creador?

Lo que tradicionalmente se ha entendido por "mente" proviene, al parecer, de la filosofía grecolatina. Los filósofos romanos ya disponían del vocablo "mens-mentis", el cual aglutinaba muchas acepciones y, por ende, era un término borroso. Para los antiguos romanos, "mens-mentis" podía significar "pensamiento, idea, alma, corazón, conciencia, inteligencia, entendimiento, reflexión, conocimiento, valor, ánimo, talento, modo de pensar, opinión, intención, propósito, plan, juicio". Debido a que, por lo visto, en aquellos tiempos nadie sospechaba que todas esas equivalencias semánticas tenían como denominador común la actividad de un órgano, el cerebro, "mens-mentis" era para el ciudadano medio un concepto vinculado a una entelequia que algunos eruditos asociaban con una supuesta "alma inmaterial".



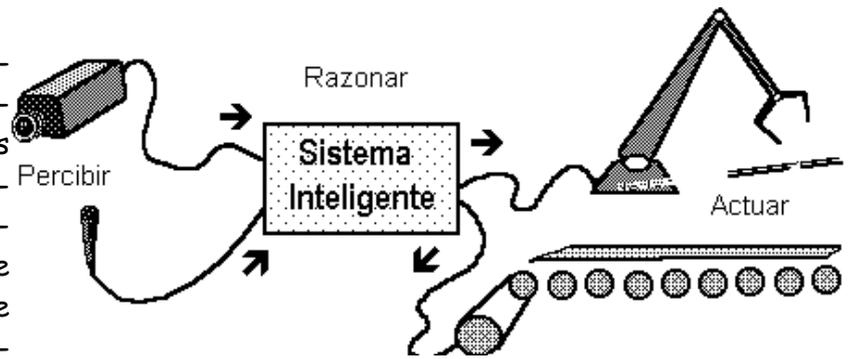
Actualmente, con cada vez más insistencia, la "mente" se concibe como un resultado emergente o trascendente de la actividad del cerebro. Incluso se habla de la "mente de las plantas", dando a entender con ello que la "mente" es la consecuencia de una serie de funciones cohesionadas, procedentes de módulos especializados disjuntos y a la vez unificables, que dependen de un soporte material; y a tal cóctel estructural pudiéramos denominar "sistema inteligente" (sistema capaz de resolver problemas), en donde el "cerebro humano y la mente asociada a él" simplemente sería un elemento más del conjunto formado por todos los "sistemas inteligentes". Y en dicho conjunto, también, tendrían cabida los llamados "cerebros artificiales y sus capacidades", como los archicitados "cerebros electrónicos".

Si aceptamos esta definición contemporánea de "mente", como "propiedad emergente producida por la operatividad de un sistema inteligente", entonces tenemos que contemplar bajo ese concepto a muchos fenómenos descritos en esta monografía: capacidad de toma de decisiones bacteriana y eucariota, y también de eucariontes unicelulares y pluricelulares; resolución de problemas por plantas e híbridos PM; maneras de obrar de hormigas individuales y de colonias de hormigas (superorganismos); movimientos armonizados y conjuntados efectuados por bandadas de aves y bancos de peces; actividad cerebral propia de delfines, perros, loros y otros animales, ...

Los trabajos en el desarrollo de la inteligencia artificial han propiciado un enfoque más profundo y mucho más complejo y abarcador de lo que se suele llamar "mente", haciendo que dicho concepto salte fuera del ámbito puramente antropológico y acapare fenómenos biológicos y metabiológicos diversos, así como determinados efectos tecnológicos. En realidad, la noción de "mente" se asocia cada vez más con el concepto de "sistema inteligente". Así, después de proveer una definición más o menos rigurosa de lo que ha de entenderse por "sistema inteligente" (pues, de momento, es un concepto borroso que depende de

una mayor clarificación de otros conceptos aún nebulosos: inteligencia en general e inteligencia artificial), se dice que la "mente" es una propiedad (una característica emergente, o que emerge) del funcionamiento de dicho sistema inteligente.

Existen diversas apreciaciones sobre lo que es la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence, AI). Algunas de estas apreciaciones son: Automatización de actividades similares a los procesos de pensamiento humano (aprendizaje, resolución de problemas, toma de decisiones, etc.); arte de crear máquinas con capacidad de reali-



zar funciones que cuando son ejecutadas por personas requieren el concurso de la inteligencia; estudio de los cálculos que permiten percibir, razonar y actuar; campo de estudio que se enfoca a la explicación y emulación de la conducta inteligente en función de procesos computacionales. Por otra parte, es difícil definir si la AI debería pertenecer al campo de la Computación o si, por sí misma, es un campo teórico aislado; o bien se trata de una área multidisciplinaria que depende de ciencias tales como la Filosofía, la Psicología, la Neurología y la Ingeniería Computacional.

La Inteligencia Artificial tiene como objetivo prioritario el estudio, la comprensión y la construcción de "entidades inteligentes". Dichas "entidades" son generalmente, aunque no de manera exclusiva, sistemas computacionales que tienen cierta capacidad para emular un comportamiento racional; y a tales entidades las denominamos "sistemas inteligentes".

Un "sistema inteligente" es una entidad capaz de decidir por sí misma qué acciones llevará a cabo para alcanzar sus metas, basándose en sus percepciones, conocimientos y experiencias acumuladas. En consecuencia, un "sistema inteligente" debería ser capaz de: Poseer autonomía y tomar decisiones correctas para resolver un problema; poseer una motivación u objetivos bien definidos; aprender cosas nuevas, ya sea por "ensayo y error", observación, razonamiento y/o instrucción; y percibir y modificar interactivamente su entorno. En definitiva, un "sistema inteligente" es aquél que es capaz de percibir, reaccionar (ante lo percibido) y actuar (tras decidir según una criteriología o motivación de base).

### La mente humana.

Entre los muchos errores religiosos del pasado ha estado el de execrar a la ciencia y a los investigadores científicos, por considerar que éstos obraban irrespetuosamente al tratar de indagar minuciosamente en los "cómos" y los "porqués" de las obras creativas de Dios. Determinados dogmas religiosos han tenido el efecto de "castrar" a la intelectualidad y "acusar" a los intelectuales de falta de fe, al dar a entender subrepticamente que la investigación del universo y de los seres naturales supone un acto de altanería, soberbia e injerencia en un terreno que es privativo del Creador. Sin embargo, este punto de vista religioso no está basado en la sagrada escritura, la cual sugiere que Dios dotó al ser humano con una mente inquisitiva y potente, capaz de entusiasmarse con la investigación de la obra creativa de Él y también con la indagación acerca de los tratos de Él con sus criaturas. Además, la misma sagrada escritura presenta al Todopoderoso como una persona de máximo rango en inteligencia y capacidad mental, cuyos dominios intelectuales son inasequibles a toda criatura (humana y sobrehumana) debido al grado de supremacía de Sus supra-infinitos conocimientos. Por lo tanto, sin importar cuánto avance la investigación humana o sobrehumana (es decir, efectuada por criaturas sobrehumanas) en sentido científico y tecnológico, jamás alcanzará siquiera a un infinitésimo del monto total abarcado por la mente divina. Es más, el estudio profundo de la obra creativa del Sumo Hacedor se impone como una necesidad provechosa para el hombre en sentido religioso, ya que al tratar de recrear los sistemas inteligentes, por ejemplo, el ser humano se da cuenta de la formidable envergadura que supone una tarea de esa índole y percibe con más claridad sus propias limitaciones en cuanto a capacidad tecnológica y de ingeniería; y ello re-

fuerza su respeto reverente hacia la admirable persona del Creador. No extrañaría, por tanto, que la ciencia humana del futuro lejano tuviera como principal objetivo el estudio de la obra cósmica y terrestre de Dios, en un esfuerzo por comprender la excelencia de dicha obra y derivar así una sana veneración hacia el Ingeniero Supremo; por su parte, la tecnología constituirá un apoyo inestimable a la experimentación científica, en el interés del adelantamiento cognoscitivo. Sin embargo, como efecto colateral secundario, el esfuerzo científico y tecnológico proporcionará al ser humano un altísimo dominio del medio, pero siempre buscando la completa armonía con el orden natural diseñado por el Creador.



Desde los comienzos de la historia humana, el hombre se ha formulado preguntas acerca de sí mismo, con respecto a su estructura corporal, a sus capacidades intelectuales, etc. La torpeza inicial para poder discernir la extremadamente compleja y exquisita obra de ingeniería biológica que da cuenta de la arquitectura y el funcionamiento de los sistemas perceptivo y nervioso central antrópicos, condujo al hombre a formular respuestas prematuras y simplistas bajo la forma de especulaciones filosóficas; y de ahí nacieron doctrinas relativas al "mundo de las ideas" de Platón, la metafísica aristotélica, la teoría del alma imperecedera y así por el estilo.

Actualmente se ha empezado a comprender que los antiguos conocimientos filosóficos se encuentran "emborrachados" de subjetividad, por cuanto son el producto del tricotaje efectuado sobre premisas elaboradas a partir de filtros perceptivos que interpretan la realidad a "su manera" y desde el subconsciente de la mente (tanto individual como colectiva). En consecuencia, se ha producido una crisis de fundamentos que requiere, para su resolución (parcial, al menos), de una enérgica cautela a la hora de formular axiomas y postulados, así como de una vigilancia permanente para poner en entredicho todo lo que se da por aceptable en el momento presente.

Sin embargo, existe el peligro de caer en el escepticismo radical si la depuración se lleva a extremos o de una manera militante. La razón de ello estriba en que nuestra mente funciona con paradigmas, más o menos acertados, pero necesarios para la vitalidad del intelecto. Así, pues, la mejor forma de encarar el problema consiste en no dejarse llevar por el extremismo: evitar decantarse hacia la credulidad y, a la vez, no dejarse secuestrar por el escepticismo. A tal efecto, existe un pasaje de la sagrada escritura que esboza muy bien el modelo de expectativa que se debería adoptar: "La senda de los justos (particularmente: los que buscan la verdad científica y tecnológica con humildad y honradez) es como la luz brillante que va haciéndose más y más clara hasta que el día queda firmemente establecido" (Libro de los proverbios de Salomón, capítulo 4, versículo 18).

Se ha conseguido un gran avance en el entendimiento de la mente humana gracias al desarrollo de las neurociencias y de la ingeniería cognitiva (que involucra a la inteligencia artificial, la robótica, los traductores artificiales, etc.). Si consideramos a las personas como "sistemas inteligentes", con necesidades vitales que influyen sobremanera en la criteriología de base para la toma de decisiones, descubrimos algunos mecanismos fundamentales de la mente humana, así como el rol que desempeñan los métodos de aprendizaje, el papel que cumplen las emociones y determinados entresijos de la mente consciente e inconsciente. Con ello, buena parte del arsenal académico elaborado por la Filosofía queda expuesto al dictamen de una disciplina más fiable y objetiva: la ciencia cognitiva.

Los intentos por remedar el funcionamiento del cerebro humano en sistemas computarizados están muy lejos de igualar al original, pero han dado como fruto una mejor comprensión de la problemática

a la que se enfrentan los científicos cuando tratan de entender la maravillosa obra de ingeniería superlativa que constituye nuestro sistema nervioso central. Ahora se empiezan a vislumbrar los formidables mecanismos en los que se basa la actividad cerebral. Pero éste (el estudio biotecnológico de las facultades cerebrales) es un campo preliminar que no aborda el examen de la mente en sí, sino más bien de aquellos mecanismos necesarios para que la mente funcione.

Algunos cerebros artificiales "piensan" (es decir, procesan información) con reglas de actuación que manejan conceptos como entrada y salida. Por lo tanto, cabe preguntarse: ¿Pensamos nosotros, los humanos, con palabras o con conceptos? Un bebé, antes de aprender las palabras de alguna lengua, ya puede pensar (aunque todavía está aprendiendo de pensar mejor), y a veces actúa de forma sorprendentemente razonable. Esto parece demostrar que el ser humano no piensa fundamentalmente con palabras, sino que expresa lo pensado con palabras.

Sin embargo, las palabras cumplen una función muy útil. Por lo visto, la comunicación de lo pensado tiene el efecto de fomentar y amplificar formidablemente la potencia mental. Así, la capacidad pensante, por sí sola, dejaría al ser humano bastante limitado mentalmente; pero su amplificación mediante la comunicación (usando palabras, símbolos o cualquier otra clase de elementos arbitrarios) eleva la eficacia de los pensamientos hacia niveles extremadamente altos; incluso podría ser que dicha comunicación ejerciera una función complementaria del pensamiento, esto es, que constituyera una importante porción complementaria de la morfología del pensamiento humano (verbigracia: un añadido imprescindible para que se produzca el pensamiento "superior").

Como ya se ha visto en *G077* (Descanso divino), página 20 y siguientes, el "concepto" es el elemento básico del pensamiento. Es un almacenamiento material de información (en neuronas o en células electrónicas). Un SI (sistema inteligente) crea conceptos, procesando lo que sus sentidos le informan sobre su entorno. Investigaciones científicas han demostrado que todos los SIs, incluyendo a los humanos, perciben su entorno como: Cosas (objetos), Relaciones entre cosas y partes de cosas, Movimiento de cosas, Cambios en las cosas, y Cambios de relación entre las cosas. En otras palabras, podemos decir que los SIs perciben estructuras y transformaciones (cambios espaciales y temporales). Las estructuras incluyen a los objetos y sus interrelaciones.

El órgano sensorial constituye el primer paso en el proceso de obtener la información. Después, cuando el cerebro recibe esta información sensorial (como impulsos nerviosos), la procesa de tal manera que queden resaltadas las relaciones espaciales y temporales en algunos de los impulsos. Si esta relación es similar a una información recibida anteriormente, el cerebro le asigna el concepto anterior a la nueva información. En caso contrario, crea un nuevo concepto y se lo adjudica. Éstos son, a grandes rasgos, los mecanismos de formación de los conceptos más elementales.

El cerebro de un SI utiliza los conceptos más elementales para construir conceptos de un nivel superior, o conceptos compuestos. Estos conceptos relativamente elementales y compuestos son los que se utilizan en los procesos mentales. Además, todos los conceptos, en la memoria, están interrelacionados entre sí, formando una red.

Los conceptos elementales están relacionados con aquellos conceptos de nivel superior de los cuales ellos mismos forman parte. Así, una rueda es parte de un automóvil; el concepto "rueda" está relacionado con el concepto "automóvil". A su vez, el concepto "automóvil" es parte del concepto "vehículo", más abarcador, con el que mantiene su relación correspondiente. Pero los conceptos abarcadores también manifiestan relaciones en la otra dirección, es decir, están relacionados con sus partes. Por supuesto,



también las partes pueden tener sus propias partes; así, el concepto "árbol" está relacionado con sus partes, esto es, con los conceptos "raíces, tronco, ramas y hojas".

Otro conjunto de relaciones es el que baraja la clasificación de los conceptos en Abstractos y Concretos, si bien éstas son denominaciones relativas. En realidad, todo lo más que se puede hacer es catalogar a los conceptos como "más o menos abstractos" o como "más o menos concretos". Por ejemplo, el concepto "árbol" está relacionado con el concepto más abstracto "planta" y con el concepto menos abstracto "abeto". Vemos, también, que un árbol es un ejemplo de planta; es decir, los conceptos también se relacionan con sus ejemplos, que son conceptos más concretos. El concepto "animal" está relacionado con el concepto "mamífero", y el concepto "mamífero" está relacionado con el concepto "ratón".

Cuando el cerebro analiza un concepto, puede actuar de 2 maneras, a saber: 1) Desglosando el concepto en partes y utilizando las relaciones entre esas partes; en tal caso, usaría todas las partes en lugar del concepto mismo de manera individual; por ejemplo, en el lugar de "fruta" utilizaría las nociones de "semillas, pulpa, piel, ...". 2) Evocando ejemplos de dicho concepto, mediante utilizar cualquiera de las relaciones del mismo con conceptos más concretos; por ejemplo, el concepto abstracto "fruta" sería reemplazado por cualquier concepto más concreto como "manzana, banana, naranja, ...".

Los conceptos elementales no tienen relación con otros conceptos más concretos, pues ellos en sí ya constituyen la información más concreta que el cerebro posee. Tampoco tienen relación con partes, puesto que constituyen información detallada elemental, correspondiente a una sensación o a una acción básica indivisible mentalmente.

Cuando pensamos en una "manzana", lo que realmente hacemos es considerar (utilizar mentalmente) el concepto "manzana" (una estructura de datos), algo que sólo existe en nuestro cerebro. No pensamos con la "cosa misma" (el objeto físico) que se encuentra en nuestro entorno, evidentemente.



Para simplificar la comunicación, el cerebro adjudica una secuencia única de letras (m-a-n-z-a-n-a) a cada concepto nuevo. Esta secuencia de letras determina de qué manera transmitiremos ese concepto a la hora de usar los medios de comunicación por escrito. También, el cerebro almacena una secuencia sonora para utilizar cuando hablamos del concepto. Pero debemos recordar que estos dos elementos de la comunicación (etiqueta escrita y etiqueta sonora) son solamente una porción de nuestro concepto compuesto. Es decir, las letras y el sonido no son el concepto en sí.

Cuando pensamos, utilizamos conceptos y no palabras. Para probar esto, trabajemos en base a una situación hipotética: Ocasionalmente, cuando tratamos de transmitir algo, tenemos dificultad para hacerlo; es una situación en la que, a pesar de tener claro el concepto en nuestra mente, nos falta momentáneamente la palabra correspondiente que nos permite transmitir ese concepto. Para esta dificultad en particular utilizamos comúnmente la frase "lo tengo en la punta de la lengua". Podríamos argüir que si pensáramos con palabras deberíamos tener siempre "a punto" las palabras que necesitamos para comunicarnos: no debería ser necesario buscarlas.

Cuando estamos pensando, muchas veces expresamos las conclusiones con palabras tácitas (subvocalizaciones). Por ejemplo, recordamos tal conclusión de una forma escrita y/o sonora, y la utilizamos como punto de partida o señalador para seguir pensando y llegar a nuevas conclusiones. Se recuerda la conclusión alcanzada sólo porque se recuerdan las sensaciones y las acciones; y el hablar, aunque sea en forma silenciosa, es una acción. No se puede recordar el pensar, que es algo que se realiza con conceptos y es enteramente inconsciente.

Hemos visto que la conexión entre los conceptos en el cerebro y su origen en el entorno real es bastante tenue, o bastante floja o endeble; bastante más débil de lo que desearíamos que fuera. Esto significa que un SI (sistema inteligente) no podría afirmar categóricamente que su entorno es tal o cual, sino solamente puede decir, con propiedad, que observa señales procedentes de su entorno y puede tratar de relacionarlas, almacenarlas y expresarlas en forma de una serie de conceptos. Esto es sorpren-

dentamente verdadero, tanto en los SIs artificiales como en los naturales.

Diremos que el "Entorno" es todo lo que observamos o registramos a partir de la excitación que reciben nuestros sentidos. Basándonos en estas observaciones sensoriales, formamos "conceptos primarios" para poder archivar y expresar lo que sentimos; y basándonos en los conceptos primarios, elaboramos todos los demás conceptos que no son primarios (los cuales tal vez constituyan la mayoría del conjunto de los conceptos que utilizamos para pensar). Por otra parte, los conceptos nos sirven para expresar la situación actual y para establecer reglas de actuación o paradigmas.

Ahora bien, usamos "palabras" cuando queremos transmitirle nuestros conceptos a otra persona (comunicación) o a nosotros mismos (intracción o intracomunicación: por ejemplo, cuando anotamos un compromiso comercial en nuestra agenda). La persona que nos sirve de interlocutor tratará de relacionar nuestras palabras con los conceptos que ella se ha formado en su mente y que son "invocados" por dichas palabras.

Es conveniente tener presente que las palabras son un medio muy económico y eficaz que adopta el cerebro para simplificar la comunicación. El cerebro le adjudica una secuencia única de letras (por ejemplo: m-a-n-z-a-n-a) a cada concepto nuevo. Esta secuencia de letras es la que determina cómo transmitimos este concepto cuando utilizamos medios de comunicación por escrito. También almacenamos en nuestra memoria una secuencia sonora, que utilizamos cuando hablamos del concepto. Pero debemos recordar que estos dos elementos de la comunicación (palabra escrita y palabra hablada) son solamente indicativos superficiales del pensamiento que sirven para etiquetar a nuestro concepto compuesto (o sea, etiquetan una noción profunda e inasequible para el consciente, siendo esta noción de carácter dinámico o transformable mediante el influjo de nuevas vivencias y que aglutina todas las sensaciones y conceptualizaciones primarias que confluyen o se relacionan, por ejemplo, con la palabra "manzana"). Es decir, las letras y el sonido no son el concepto en sí.

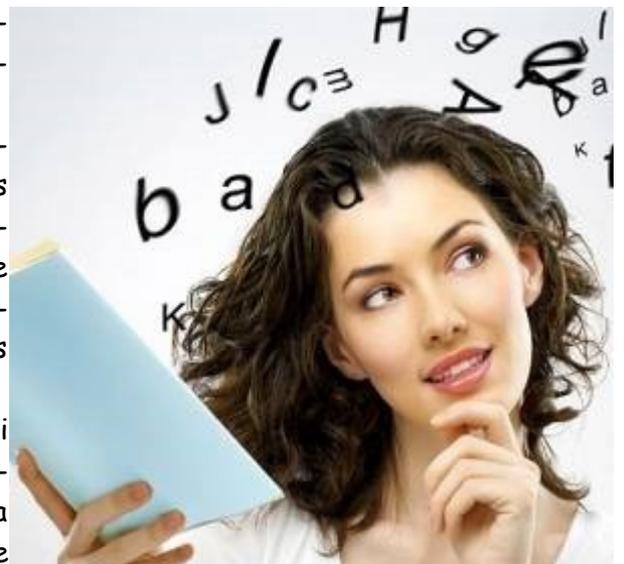
Cuando pensamos utilizamos los conceptos con todas sus propiedades, y esto es algo que ocurre en nuestra mente. Al pensar no utilizamos palabras formadas por letras (como si estuvieran escritas en el entorno) o formadas por sonidos (escuchadas desde el entorno).

Muchos de los conceptos que tenemos no los hemos aprendido por nosotros solos, son conceptos aprendidos cuando hemos escuchado una palabra nueva y recibido una explicación aproximada del concepto correspondiente a la palabra. Tales conceptos, necesariamente, son muy imprecisos. Además de todo ello, se presenta el caso frecuente de palabras que tienen significado diferente para distintas personas.

Un bebé puede moverse y puede usar su voz antes de aprender a hablar. El habla es una actividad aprendida. El moverse y el aprender requieren pensar, requieren sentir el entorno, elegir una acción, realizarla y recordarla. Se han realizado experimentos que demostraron que mientras pensamos, sin hablar en voz alta, seguimos realizando movimientos microscópicos con nuestra lengua y nuestros labios. Lo que se siente son estos movimientos o intenciones de movimientos, o sea, los conceptos vinculados al movimiento; el oído no está involucrado.

Hay quien, por ejemplo, a veces acompaña sus pensamientos con palabras en inglés, a veces en alemán y a veces con palabras en español. A veces hasta sin palabras, con dibujos. Pero cuando desea expresar sus pensamientos, debe buscar la palabra apropiada. Es decir, cuando necesita comunicarse consigo mismo (agenda, diario, monólogo) o con otros (monólogo, diálogo), debe hacerlo mediante palabras.

Efectivamente, no pensamos con palabras. Porque si lo hiciéramos, deberíamos aprender de nuevo todo lo que sabemos, así como nuestra experiencia de toda una vida cada vez que queremos aprender un nuevo idioma. Hay quien lee



mucho en inglés, en español y en alemán: libros, artículos, e-mails. Muchas veces, cuando trata de recordar de dónde obtuvo una información específica descubre que ni siquiera recuerda en qué idioma la leyó. Pero sí recuerda la información (como, por ejemplo, el hecho de que si se reproducen los sonidos de una ballena en forma muy rápida suenan como los sonidos de un canario).



La "comunicación" es el proceso mediante el cual se transmite información de una entidad a otra. Los procesos de comunicación son interacciones mediadas por signos entre al menos 2 agentes que comparten un mismo repertorio de signos y tienen unas reglas semióticas (gramáticas) comunes. Tradicionalmente, la "comunicación" se ha definido como "el intercambio de sentimientos, opiniones o cualquier otro tipo de información mediante habla, la escritura u cualquier otra clase de señales".

Todas las formas de comunicación requieren un emisor, un mensaje y un receptor o destinatario; pero el receptor no necesita estar presente, ni siquiera consciente, del intento comunicativo por parte del emisor para que el acto de comunicación se realice. En el proceso comunicativo, la información es incluida por el emisor en un paquete y canalizada hacia el receptor a través del medio. Una vez recibida, el receptor decodifica el mensaje y proporciona una respuesta. El funcionamiento de las sociedades humanas es posible gracias a la comunicación. Ésta consiste en el intercambio de mensajes entre los individuos.

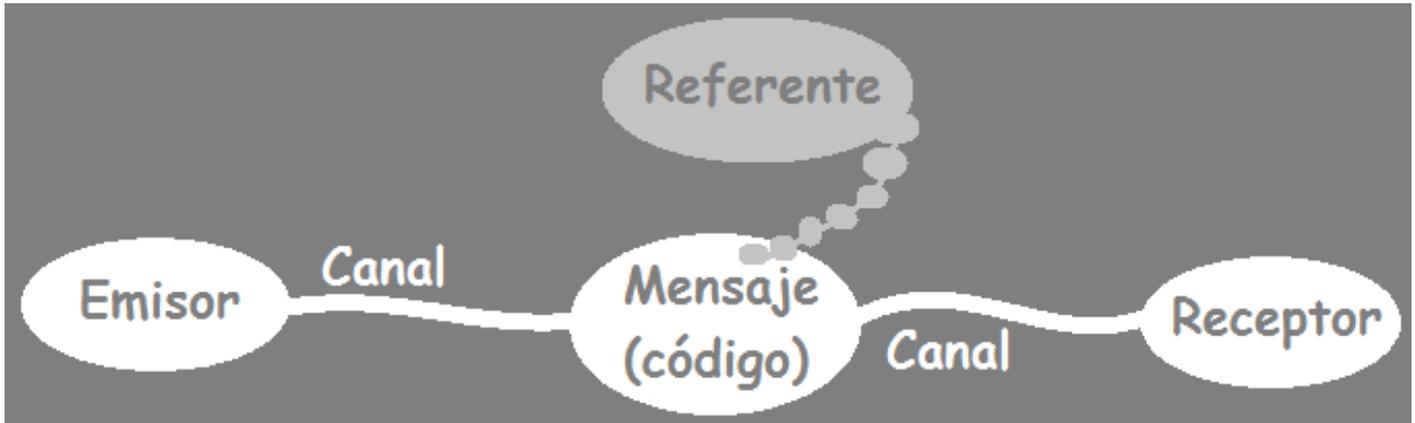
Existen muchos tipos de comunicación, y la clasificación se puede hacer tan engorrosa como se quiera; pero aquí consideraremos las siguientes:

- La "intracción, intracomunicación o comunicación intrapersonal", que es la comunicación que se efectúa con uno mismo. Por eso puede ser reducida (teóricamente) a procesos de pensamiento individual, que incluirían: las voces interiores, la conciencia (capacidad de autojuzgarse moralmente) y la consciencia (capacidad de "darse cuenta" de uno mismo y del entorno), las interacciones imaginadas, el estudio, la meditación o reflexión, el cálculo matemático, etc. De esta manera se comenzaría a sentar las bases para construir un mundo social o intercomunicativo, al extender la comunicación hacia individuos o entidades que están en el exterior o fuera del sujeto que se toma como referencia.

- La "comunicación interpersonal" o comunicación del individuo con las personas a su alrededor, mediante la cual puede reconocer sus fortalezas y debilidades, además de conocer la capacidad para comunicarse. Permite de alguna forma negociar con los demás y descubrir maneras efectivas de tomar decisiones. Es imposible no tener este tipo de comunicación, pues siempre se está comunicando algo: en conversaciones escritas o habladas, con la mirada, con los gestos, ilustraciones, apariencia, etc.

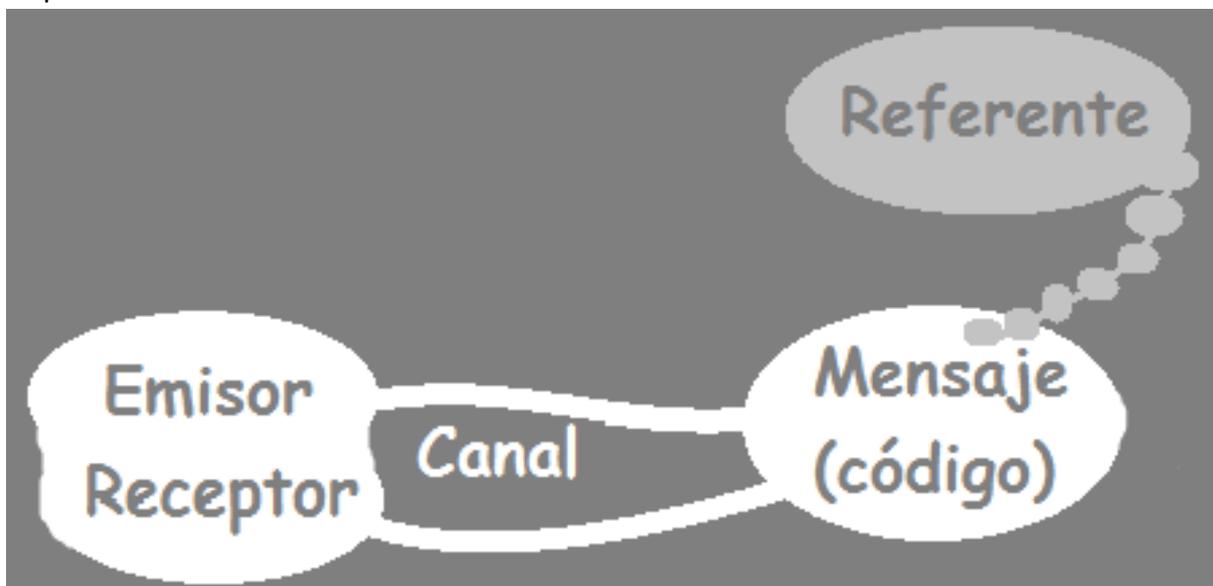
Básicamente, el acto de comunicación entre los seres humanos comporta 5 elementos, a saber: e-

emisor, receptor, canal, código y mensaje. No obstante, se puede añadir un 6º elemento, el REFERENTE, que es la cosa u objeto al que se refiere el mensaje. Por ejemplo, hablándose de pesca, el referente bien pudiera ser el pescador, o los útiles de pescar, o bien los peces...



En cuanto al proceso de comunicación, éste puede hacerse tan complejo como se quiera; y también se puede simplificar hasta llegar a un límite. Un caso típico es el de la EXTRACOMUNICACIÓN (comunicación exterior) moderada, donde el emisor y el receptor son entidades diferentes. En dicha extracomunicación los elementos interventores adoptan aproximadamente la configuración expuesta en la figura de arriba.

Simplificando este proceso, al grado de identificar al emisor con el receptor, nos encontraríamos con lo que pudiéramos llamar INTRACCIÓN (comunicación interior) holgada, donde el canal de comunicación es exterior al emisor-receptor. La resolución de problemas numéricos mediante operaciones matemáticas relativamente complejas, en las que necesariamente se impone el uso de lápiz y papel, podría constituir un caso típico de intracción holgada, en donde los elementos interventores adoptarían el siguiente esquema:



En el límite de la simplificación, nos encontraríamos en la INTRACCIÓN estricta, donde el canal es interno a la entidad formada por el emisor-receptor. A esta clase de comunicación interna podría pertenecer el pensamiento consciente o la CONSCIENCIA, y un caso particular de la misma quizá sería la CONCIENCIA (la voz de la conciencia y los remordimientos). El esquema aquí sería el que expone en la parte superior derecha de la página siguiente.

Ahora podemos detectar que parece existir una relación entre el pensamiento consciente (la conciencia) y el uso de vocablos, signos o similares, de tal manera que dicho pensamiento consciente consistiría básicamente en la captación de una estela de actividad de pensamiento conceptual (pensamiento inconsciente o subconsciente) en la forma de estructuras gramaticales de signos o palabras que mapean la

actividad mental basada en conceptos. Así, desde este prisma, la mayor parte de nuestro pensamiento o actividad mental nos pasa desapercibido, por pertenecer al "reino" del subconsciente (o inconsciente). Pero al usar los vocablos, entonces, nos comunicamos con nosotros mismos y con otras personas, de tal manera que dicho proceso comunicativo, basado en el juego gramatical de las palabras, es lo que se correspondería con el "reino" del consciente o de la consciencia.

### La mente emocional.

Hay dos aspectos de la mente humana que tradicionalmente se han considerado antagónicos: la emotividad y la racionalidad. Pero, al avanzar las pretensiones tecnológicas en la dirección de creación de inteligencia artificial, se ha visto con cada vez mayor claridad que cualquier tipo de inteligencia requiere para su optimización el concurso de la emotividad. Esto, por supuesto, ha generado una revolución en la manera de entender el intelecto humano.

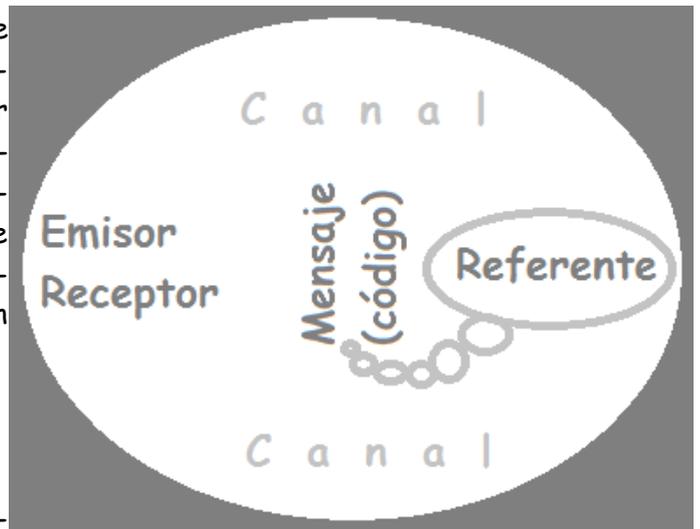
Hacia finales del siglo XX se había hecho ya bien patente que no podía hablarse de mente inteligente sin dar cabida al concepto subsidiario de "mente emocional". Pero antes de la segunda mitad de ese mismo siglo, las creencias que medraban acerca de la "inteligencia genial" se basaban en el dogma de que la razón debía permanecer lo más pura posible en una mente destinada a ser preclara; y las emociones y los sentimientos se tomaban como parásitos indeseables que perjudicaban dicho ideal.

La consideración de los fundamentos neurofisiológicos de la racionalidad comienza a plantearse de manera seria en la segunda mitad del siglo XX, al estudiarse la relación que pudiera existir entre "razonar" y "decidir". Pues bien, "razonar" y "decidir" han resultado estar tan entrelazados a los ojos de los investigadores, o tan indisolublemente vinculados, que a veces se emplean indistintamente para describir un mismo fenómeno cognitivo. Phillip Johnson (1906-2005) logró captar la fuerza de la interconexión y la expuso en forma de máxima: "Para decidir, hay que juzgar; para juzgar hay que razonar; para razonar hay que decidir (es decir, decidir sobre qué razonar)".

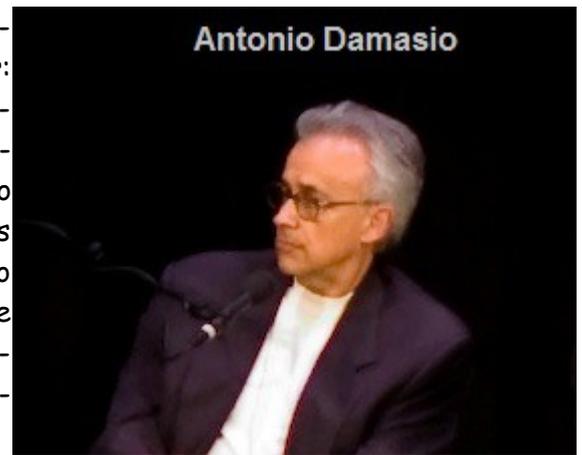
A medida que se han ido estudiando los procesos mentales del razonamiento y la toma de decisiones, se ha comprobado que las emociones y los sentimientos juegan un papel clave en los mismos. La gente siempre ha pensado que unos y otros comportan mecanismos disjuntos o separados, tanto desde el punto de vista mental como neural; tan separados que Descartes (1596-1650) colocó a uno fuera del cuerpo, como distintivo del espíritu humano, mientras que el otro permanecía dentro como distintivo de los animales; y tan distantes entre sí que uno simboliza la claridad de pensamiento, la competencia deductiva y la algoritmicidad, mientras que el otro tiene connotaciones de lobreguez, indisciplina y bajas pasiones.

Experimentos de laboratorio y exploraciones biomédicas han puesto de relieve que, a pesar de las diferencias aparentes y a pesar de la complejidad de los procesos, los fenómenos de la mente racional y los de la mente emocional poseen un hilo conductor común en forma de núcleo neurobiológico compartido. Por lo tanto, el aparato de la racionalidad da la impresión de estar construido no sólo encima del aparato de regulación biológica, sino también a partir de éste y con éste. Los mecanismos de comportamiento más allá de los impulsos y los instintos usan tanto el piso de arriba como el de abajo del cerebro; la neocorteza participa junto con el núcleo cerebral más profundo, y la racionalidad resulta de la actividad concertada de todos ellos.

Antonio Damasio es profesor de la cátedra "David Dornsife" de Psicología, Neurociencia y Neurología en la Universidad del Sur de California, donde dirige el "Institute for the Neurological Study of Emotion and Creativity" (Instituto para el estudio neurológico de la emoción y de la creatividad) de los Estados Unidos. Ha publicado un libro titulado "El error de Descartes: emoción, razón y cerebro huma-



no", de unas 400 páginas, editado originalmente en 1994. En dicha obra aclara cuál fue el gran error de Descartes, a saber: creer que la mente existe de forma independiente al cuerpo, una idea profundamente arraigada en la cultura occidental desde entonces. Descartes proclamó "pienso, luego existo", a lo que Damasio contrapone en su libro todo tipo de argumentos que demuestran que las emociones y los sentimientos no sólo tienen un papel relevante en la racionalidad humana, sino que cualquier daño en la corteza prefrontal del cerebro puede hacer que un individuo sea incapaz de generar las emociones necesarias para tomar decisiones de forma efectiva.



## Emotividad.

Como ya se ha dicho, en 1994 Damasio publicó el libro "El error de Descartes", que forma parte de una corriente de investigación que ha cambiado la forma de entender los procesos mentales en general. Desde que este neurocientífico propuso su hipótesis del "marcador somático" (un mecanismo por el cual los procesos emocionales guían e influyen en la conducta, y especialmente en los procesos de toma de decisiones) hasta hoy, han pasado ya 20 años. Este periodo ha sido de gran importancia para la comprensión del funcionamiento del cerebro, habiéndose aclarado muchas de las dudas que en principio se tenían sobre los procesos mentales de toma de decisiones.

Resulta evidente, cuando hablamos de la actividad humana, ya sea social, empresarial o de otra índole, que es extremadamente importante reconocer la existencia de la serie de elementos que contribuye a poder realizar dichos "procesos de relación". Uno de esos elementos contributivos más importantes está directamente relacionado con el "conocimiento" (que es una variedad de procesos entre los que encontramos la memoria, la organización de los datos y la capacidad de abstraernos). Otro elemento está relacionado con el "razonamiento" (basado en la posibilidad de manipular la información que hemos aprendido y que forma parte de nuestra base de conocimientos), en el proceso de toma de decisiones.

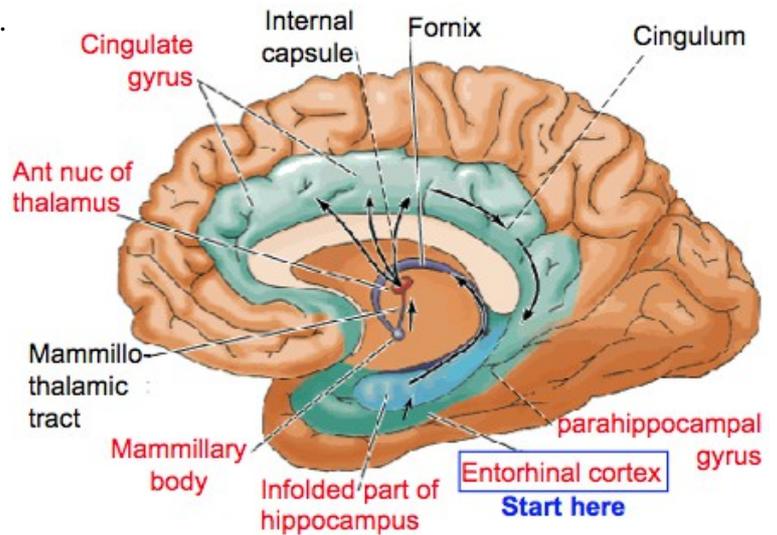
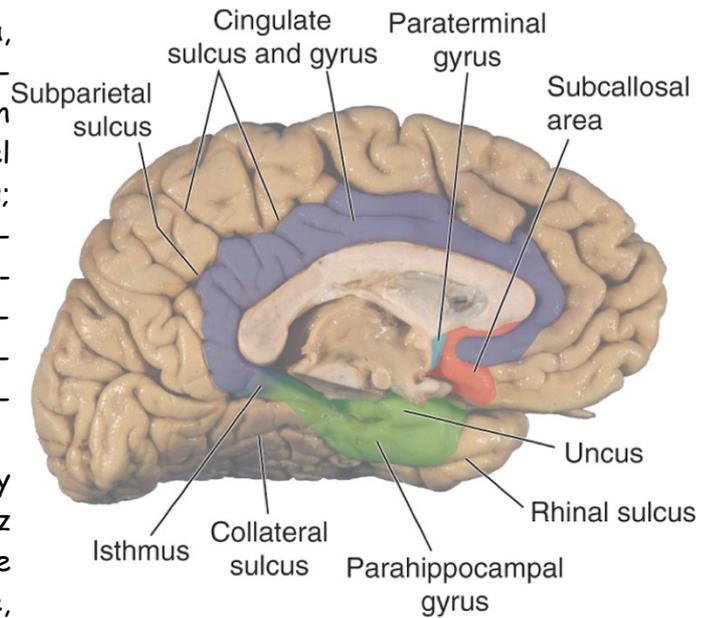
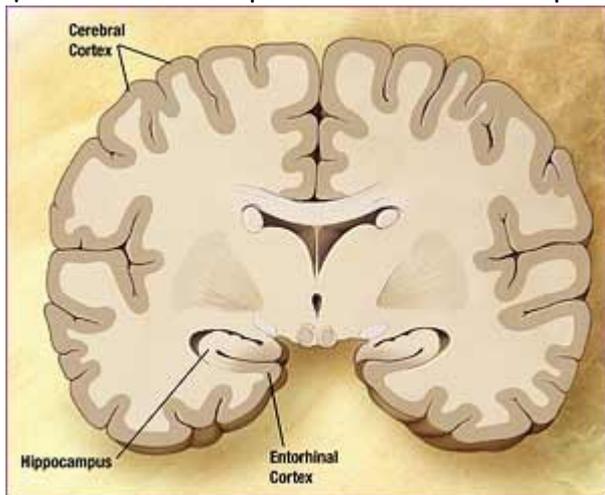
Ahora bien, con la publicación de Damasio en 1994, se puso en evidencia un nuevo elemento (de gran importancia) que nos aclara que no todo está exclusivamente relacionado con el conocimiento y el razonamiento; hay, pues, algo más. Y ese "algo más" tiene que ver con las emociones y los sentimientos. Las "emociones" son elementos que afectan e influyen en el proceso de aprendizaje; consecuentemente, influyen en el proceso de toma de decisiones. De hecho, somos esencialmente "creadores de soluciones" para nuestra vida. Algunas veces somos creadores "no-conscientes" y otras veces somos creadores "conscientes" (de una forma semi-automática o semi-consciente, o bien plenamente conscientes). En cualquier caso, a la hora de aportar las soluciones, necesitamos de ese elemento que es parte de todo el proceso y que tiene que ver con la emoción y el sentimiento.

¿Cómo es posible analizar científicamente un proceso donde intervienen emociones y sentimientos? Según Antonio Damasio, para tener una perspectiva adecuada, se necesita una visión global. Gracias a los progresos científicos que nos ayudan a conocer cómo funciona nuestro cerebro, en donde se emplea la resonancia magnética y otras técnicas, se ha conseguido no solamente observar el cerebro como un todo, sino también las diferentes partes que lo conforman, así como las uniones entre las neuronas. La resonancia magnética nos permite realizar miles de "cortes" del cerebro, para estudiarlo en profundidad y con detenimiento; esto (conjuntamente con otras nuevas tecnologías) facilita el estudio de las conexiones por debajo del córtex cerebral y su funcionamiento, y por ello muchas de las cosas que hoy sabemos sobre la función cerebral ya no están exclusivamente basadas en el comportamiento observable; ahora podemos visualizar lo que ocurre simultáneamente bajo la superficie del cerebro, en su interior.

El primer asunto a abordar es el del "aprendizaje" y la "memoria", partiendo de la idea de que ambos no se basan exclusivamente en los hechos observables, sino que hay algo más; el aprendizaje

se lleva a cabo conjuntamente, y de forma automática, a partir de los hechos y de la señal emocional que surge al mismo tiempo y la cual termina provocando un sentimiento que proviene de dicha emoción. Todo el proceso comienza con el conocimiento de los hechos; por ejemplo, si una persona se dedica al mundo empresarial, donde necesita tomar decisiones, el conocimiento de hechos se relaciona con el proceso de aprendizaje de su entorno y comienza en una estructura localizada en la parte media del cerebro, llamada "parahippocampal gyrus" o área del "giro parahippocampal".

Todas aquellas señales que estamos viendo y escuchando en un momento dado, unidas a nuestra voz y a cómo nos sentimos, etc., son llevadas a esa parte del cerebro, donde serán mezcladas conjuntamente, de forma que generen un efecto. Todas estas diferentes señales se unen entre sí en una región que conocemos como la "entorhinal cortex", una zona con pequeñas colinas lisas donde se localizan los grupos de neuronas que se unen con las conexiones que llegan y que, de hecho, se pueden detectar a simple vista.



¿Por qué dichas señales se unen justo en esa región del cerebro, es decir, en el "entorhinal cortex"? Porque esa región, donde llegan conexiones de otras partes, suele estar conectada a su vez con otra estructura (inmediatamente por debajo), llamada "hipocampo" (hippocampus). Es en esta zona donde ocurre un paso fundamental, que equivale a lo que sucede cuando le damos al botón de imprimir en un ordenador. La mala noticia es que es exactamente en este "entorhinal cortex", o corteza entorrinal, donde se pueden observar los efectos de la enfermedad de Alzheimer. Este "cortex entorrinal" aparece más pequeño y delgado cuando el paciente está afectado por la enfermedad, y las neuronas ahí localizadas están rellenas de un material proteico que destruye su capacidad de operar, impidiendo que se conecten más allá. Esta imposibilidad de transmisión de señales, este corte, es lo que produce los síntomas de la enfermedad de Alzheimer, con la pérdida de memorias específicas. Se trata de una enfermedad muy importante y cada vez hay más personas que la padecen debido al crecimiento en edad de la población.

El proceso de aprendizaje se puede realizar a través de diferentes vías, y los enfermos de Alzheimer, cuya capacidad de aprendizaje se encuentra muy comprometida y es diferente a la de las personas normales, son al mismo tiempo aptos para aprender habilidades como montar en bicicleta y nadar. Y con esto se demuestra que el aprendizaje no sigue siempre los mismos caminos, y que son diferentes partes del cerebro las que intervienen en el proceso (siendo capaces de realizarlo, según el tipo de aprendizaje que sea). De hecho, en el cerebelo es donde radican las capacidades esenciales para el apren-

dizaje de las habilidades físicas.

¿Se aprenden las emociones? Las emociones no se aprenden, sino que son parte de un sistema automatizado que nos permite reaccionar ante el mundo de una forma inmediata y sin necesidad de pensar, y con tal sistema ya venimos dotados desde el nacimiento. Las emociones forman parte de esa compleja maquinaria en la que intervienen las recompensas y los castigos, el estímulo y la motivación... y todo aquello que hace que deseemos comer, beber, dormir, etc. Las emociones son parte del proceso de la regulación de un cuerpo vivo, y se presentan con diferentes "formas y sabores". Hay unas emociones primarias y sencillas, como el miedo, la rabia, la felicidad o la desdicha; y hay emociones sociales, más complejas, como la compasión, el desprecio, la admiración, el orgullo, etc. Son, todas ellas, parte del equipo básico con el que nacemos.

Este equipamiento emotivo, primario y original, no es aprendido como un hecho. Lo que sí aprendemos a hacer, a lo largo de nuestra vida (desde muy temprano), es a asociar emociones (y sus correspondientes sentimientos) con ciertos objetos o eventos. Podemos aprender que una persona, objeto o casa, nos cause miedo. Aprendemos entonces esta conexión entre el objeto y la emoción, creando un "sentimiento".

Así, pues, no aprendemos las emociones, ya que nacemos con ellas; aprendemos a conectar las emociones a través del inagotable repertorio de los hechos, con una emoción que ya está ahí. Ambos van unidos. Éste es un asunto muy importante para todas aquellas personas que pueden estar interesadas en el marketing o la comunicación, o incluso para quienes estén diseñando modelos de negocio. Las emociones alcanzan sus objetivos al generar acciones. Y son esas acciones las que acaban generando lo que llamamos sentimientos. Esto ha sido algo que nunca se ha entendido, hasta hace poco tiempo. Cuando una emoción realiza su trabajo, crea una acción. Esta acción modifica el estado interior de nuestro organismo, produciendo un cambio en la conducta y en la mente.

¿Cómo se explica el miedo? El miedo es una de las emociones más sólidas y que no sólo afecta a los seres humanos, pues muchas especies animales lo sienten. No es algo que se pueda circunscribir exclusivamente a la mente, puesto que se dan una serie de acciones previas en el corazón, los pulmones, el intestino, etc.: acciones que provocan la elevación de la sensibilidad al dolor y la supresión de la cortisona, entre otros. Estos diferentes hechos ocurren a lo largo de todo el cuerpo y, por supuesto, se ha sabido desde hace mucho tiempo que el corazón juega un papel muy importante en las emociones (estar enamorado, estar triste, ...). También existe una serie de conductas específicas. Hay personas que se quedan bloqueadas; otras echan a correr, huyendo de la fuente que les produce miedo. Hay que valorar la atención que presta el sujeto a lo que está ocurriendo y, finalmente, cómo su modo de pensar se modifica o se ajusta con respecto a la fuente que provoca el miedo.

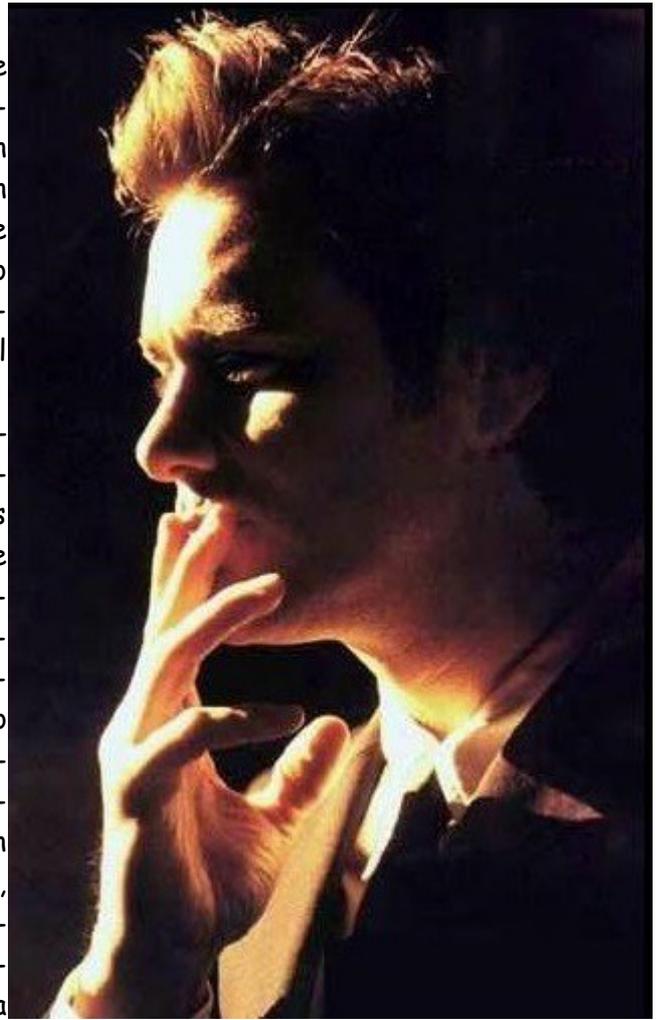
Una de las formas que tenemos para conocer cómo funciona todo el sistema emocional en donde aparece el miedo es a través de pacientes cuyos cerebros tienen alguna zona destruida por una enfermedad. Así, por ejemplo, es posible comparar una amígdala normal con la de un paciente que la tiene dañada. Gracias a esta comparación, ha sido factible descubrir que el miedo, y otras emociones, es procesado y se desencadena en esta región (la amígdala) cuando tiene que ver con condiciones exteriores al individuo. Por ejemplo, si alguien nos apunta con una pistola y tenemos amígdala, entonces sentiremos miedo; y lo mismo ocurre si vemos



una película de miedo.

Pero también existen otras formas de miedo, que no dependen de la amígdala, como pudiera ser el provocado por una reducción del oxígeno. Imaginemos a alguien que está practicando submarinismo y se queda sin aire. En ese momento, entraría en pánico, independientemente de tener o no amígdala, ya que lo que desencadena este tipo de miedo es de una índole diferente. Lo mismo pasa cuando alguien está sufriendo un ataque al corazón, pues el pánico viene del interior y no del exterior.

¿Qué diferencia hay entre las emociones y los sentimientos? Una emoción está siempre referida a una secuencia de acciones y los sentimientos se refieren a los resultados de esa secuencia de acciones. Es importante darse cuenta de que frente a un peligro (que provoca sensación de miedo), lo que protege o salva la situación es una serie de acciones que se desencadenan, no el sentimiento de miedo. Sin embargo, la sensación o sentimiento de miedo tiene la facultad de guiar nuestras acciones futuras haciendo más eficaz la respuesta. Nuestra naturaleza está provista de ambos aspectos: primeramente con una acción que hace que podamos huir de forma efectiva, sin pensar ni reflexionar, para alejarnos de un lugar donde hay un peligro; y secundariamente nos provee del beneficio adicional de mantener en nuestra memoria alguna



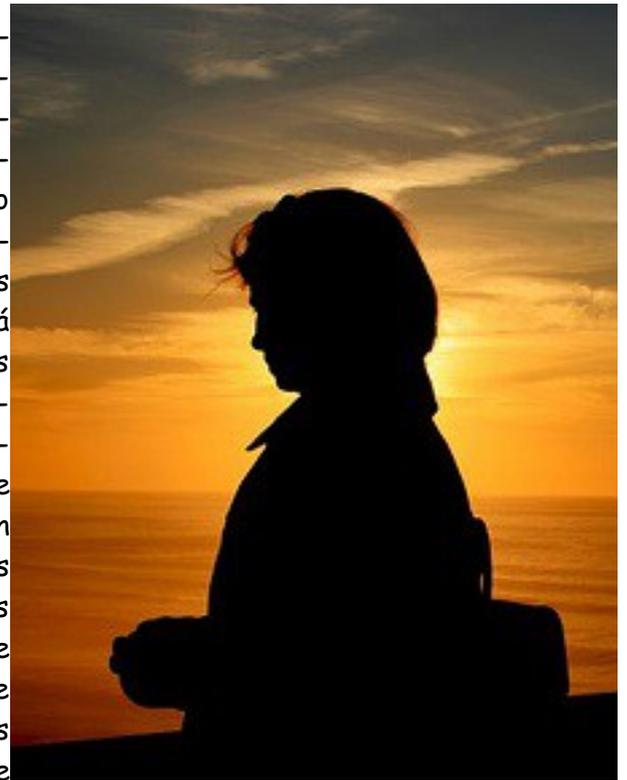
clave vivencial que nos recuerde esa fuente de peligro. Por ello, cuando reflexionamos sobre el por qué de nuestras decisiones como clientes observamos que éstas tienen que ver con la forma en la cual adherimos una emoción (no necesariamente el miedo, sino también placer, rechazo, etc.) a un objeto particular. Por ejemplo, detestamos una línea aérea porque nos ha perdido el equipaje y apreciamos otra por lo bien que nos ha tratado personalmente, independientemente de lo mal que vuele; estos apreciados y desprecios no son controlados por la emoción, sino por las consecuencias de las emociones (a saber: los sentimientos, los cuales permiten aprender de cierta manera).

Por lo tanto, una definición rápida podría ser que las "emociones" son unos programas de acción o respuesta de carácter instintivo, involuntario o primario que se generan en la mente a causa de una percepción (experimentada o imaginada) de la realidad. La "emoción" es incontrolable, porque no proviene de la consciencia sino del subconsciente, esto es, del cerebro profundo (amígdala), y parece nacer a partir de un "software fijo" que origina respuestas básicas de cara a la supervivencia.

A una emoción se le puede sumar la respuesta racional que le damos, la interpretación que generamos acerca de la misma, la cual será diferente según nuestra percepción de nosotros mismos, según las experiencias anteriores, y según las comparaciones mentales que podamos producir ante la emoción. La suma de "emoción" y "pensamiento consciente" (acerca de dicha emoción) es lo que denominamos "sentimiento". El "sentimiento" proviene de la consciencia o cerebro cortical (córtex).

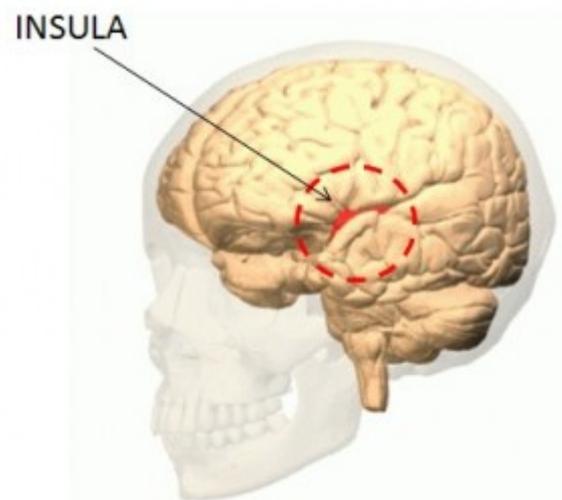
Es importante entender que la "emoción" suele ser inconsciente, pero el "sentimiento" siempre es consciente y puede ser regulado por nuestro pensamiento. No sólo eso, sino que nuestro pensamiento mantiene y alimenta ese sentimiento. Por ejemplo, mucho tiempo después de que una reunión de trabajo haya terminado puedo seguir alimentando mi enfado con mi jefe, incluso llegando a un estado en el que no recuerde siquiera por qué se provocó el enfado. Esto significa que somos responsables de los sentimientos que generamos y alimentamos; y esto es una gran noticia, ya que cuando los sentimientos se generan en nuestros pensamientos tenemos en nuestras manos la posibilidad de gestionarlos.

También, según Damasio, los "sentimientos" se forman a partir de las emociones y son las percepciones compuestas que provienen del estado del cuerpo durante una emoción, siendo dicha percepción la que genera el sentimiento. Por eso, si alguien afirma que las emociones son algo vago y difícil de comprender y los sentimientos son algo imposible de definir, o imposible de poner en la mente, tendríamos que señalarle en primer lugar que la mente es algo que está hecho por el cerebro y que las emociones son unos cambios muy reales y perceptibles en el sistema nervioso, no una ilusión que flota en el éter. Los sentimientos tienen una realidad; tan reales como la percepción de la audiencia durante una conferencia. Dicha percepción es fundamentalmente un mapa o trazado basado en entramados visuales generados en el cerebro, con color, profundidad, movimiento, etc., los cuales se forman en el sistema visual. Pues bien, al crearse estos mapas, y siguiendo con el ejemplo de la percepción de la audiencia en una conferencia, se incluyen las diferentes formas, escaleras, luces, etc., del auditorio, al tiempo que se



generan los mapas auditivos de las diferentes frecuencias de la voz del conferenciante (al oírse él a sí mismo) y de los sonidos del entorno. Pero no son sólo los estímulos exteriores los que se transforman en mapas dentro del sistema visual o auditivo. Al mismo tiempo, el cerebro del conferenciante está haciendo mapas del estado de su propio cuerpo, al reaccionar y responder emotivamente a lo que le rodea. Por ejemplo, si está cansado, esa sensación de fatiga proviene de la forma en la cual el cerebro está "mapeando" el estado en que se encuentra su cuerpo, el estado de su musculatura estriada, el estado de pérdida de energía y reservas, la temperatura corporal, etc. Y uno de los principales lugares donde ese "cuadro o dibujo de la situación" es pintado se denomina "ínsula".

¿Cómo se descubrió la ínsula y qué sucede en esa zona del cerebro? La ínsula fue descubierta y posicionada en el cerebro hace unos 35 años. Se propuso entonces que era en esta área donde fundamentalmente se realizaban los procesos de generación de mapas perceptivos. La "ínsula" está muy dentro del córtex, bajo los hemisferios cerebrales. Desde hace ya más de 30 años, sabemos que cualquier tipo de emoción que se tenga activará la ínsula. A través de "PET scanners" se ha podido comprobar, por primera vez, que frente a una emoción de tristeza, el área que demostraba tener más actividad (aunque hubiese actividad en otras partes también) era la ínsula. A partir de aquí, rápidamente se demostró que el resto de las emociones también tendían a generar actividad en la ínsula, al igual que una variedad de sentimientos que se asocian con la vida social de cada persona. Por ejemplo, si a una persona le gusta el vino y se encuentra feliz tras haberlo bebido (o si ha tomado drogas) se verá actividad en la ínsula; pero también en los drogodependientes que sufren abstinencia, o cuando se practica el sexo. La ínsula es, por decirlo así, un área de "sexo, drogas y rock & roll".

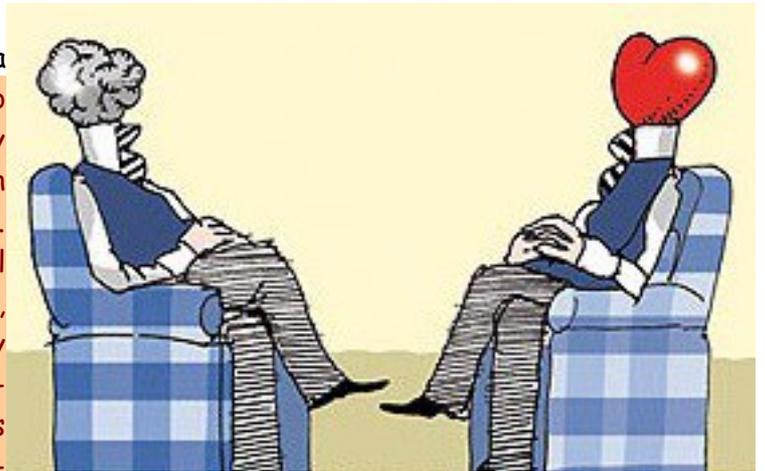


Damasio resalta el resultado de un estudio que hizo en 2007 sobre las personas que fumaban: "Fuimos capaces de demostrar que si personas adictas al tabaco sufrían un daño en la ínsula causado por un infarto, dejaban de ser adictas. Esto se debe a que el tabaquismo es una de esas adicciones que se "aprende". Los opiáceos, por ejemplo, son adicciones más naturales, dado que nuestro organismo genera

sustancias opiáceas, usándolas para regular conductas. Como el organismo no fabrica nicotina, esta adicción es una conducta aprendida, y un daño en la ínsula genera una rotura de ese aprendizaje".

¿Con qué velocidad se producen las reacciones en el cerebro? ¿Cómo afecta esto a la rapidez de los procesos de toma de decisiones? Damasio responde: "Tras realizar un estudio sobre el proceso de las emociones y sentimientos a través de una técnica denominada 'magneto-encefalografía', se descubrió que desde el momento que comienza el proceso de emoción hasta el sentimiento pasan 500 milisegundos. Esto nos da una idea de la rapidez de estos procesos. Lo que descubrimos, primero con la observación de pacientes y luego con una variedad de estudios, es que las emociones no son necesariamente las enemigas de la razón. Solíamos oír que si alguien utilizaba sus emociones para tomar decisiones y no tenía la cabeza fría y una actitud puramente racional, no estaba realizando su trabajo de forma adecuada. Lo que hoy sabemos es que quienes son hiper-rationales e intentan razonar sus decisiones sin ningún componente emocional son, de hecho, incapaces de alcanzar decisiones correctas. Esto lo hemos podido demostrar de forma incuestionable a través del estudio de pacientes que tenían daños importantes en el lóbulo frontal, en su región orbital. Fuimos capaces de descubrir en estos pacientes que, aun a pesar de tener una buena inteligencia (un alto coeficiente intelectual), no siempre decidían en su mejor provecho personal, tomando frecuentemente decisiones erróneas. Esto nos llevó la idea de que había un elemento que faltaba: la emoción".

¿Pero cómo se conjugan adecuadamente la razón y la emoción? Damasio: "No estoy diciendo que las personas puedan olvidarse de los riesgos y no ser precavidos, decidiendo exclusivamente con sus corazones, sin prestar atención a los hechos. El mensaje no es, ni remotamente, tan sencillo. El mensaje que quiero transmitir, aunque complejo, permite razonar hacia una forma más creativa y productiva. Cuando se aprende a entender las conexiones entre los hechos y las emociones, éstas pueden usarse de forma correcta, no hay que eliminarlas, sino utilizarlas de la forma más positiva para nosotros. De hecho, siempre estamos aprendiendo nuevas conexiones, hechos y emociones. Debemos ser capaces de separar aquellas emociones que son negativas; y un ejemplo ilustrativo es lo que ocurre en los mercados financieros. Cuando se piensa en la volatilidad, aparece el miedo, el pánico, y éste se extiende como una epidemia. Esta volatilidad proviene de una serie de reacciones espasmódicas emocionales: miedo, pánico, etc.; y dado que los sistemas de comunicación son tan rápidos, se permiten dominar todo el sistema, no dejando que los elementos racionales operen. Lo que tenemos entonces es una acumulación de condicionamientos que nos enseña que hemos de ser capaces de diferenciar las emociones positivas, que nos proporcionan creatividad y energía, de las improductivas, que nos conducen hacia reacciones de pánico. Para demostrar esto de forma fehaciente, creamos el Gambling Test (Test del Apostador). Combinamos pacientes e individuos sanos, haciéndoles jugar con dos barajas: Baraja-1 (grandes recompensas y grandes pérdidas); Baraja-2 (premios y castigos moderados). Se observó que las personas, muchas veces automáticamente, se inclinaban a jugar con la Baraja-2, evitando la Baraja-1. En cambio, cuando realizamos este test con pacientes que tenían lesiones en las partes implicadas en el proceso, la respuesta era absolutamente plana: los pacientes con daños en los lóbulos frontales no tenían una respuesta diferenciada".

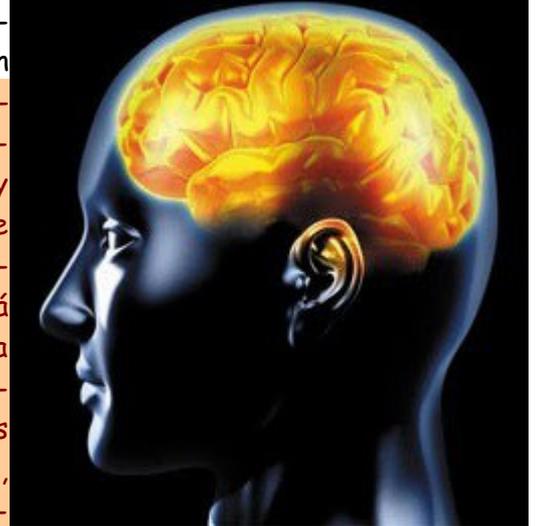


¿Qué aplicaciones tiene este experimento en los procesos de decisión? Damasio: "Podemos deducir que hay una clara utilidad. Una de las deducciones objetivas es que la emoción no es esencialmente algo malo, al contrario. Si es positiva, puede transmitir energía, haciendo que los equipos trabajen mejor juntos. Pero si la emoción es de rabia o miedo, será muy negativa. Para mí lo más importante se resume en que ignorar las emociones, en cualquier tipo de organización, es cometer un error. Incluso en una organización como la mía, de profesionales de la ciencia, donde uno no está gestionando un balance econó-

¿Qué aplicaciones tiene este experimento en los procesos de decisión? Damasio: "Podemos deducir que hay una clara utilidad. Una de las deducciones objetivas es que la emoción no es esencialmente algo malo, al contrario. Si es positiva, puede transmitir energía, haciendo que los equipos trabajen mejor juntos. Pero si la emoción es de rabia o miedo, será muy negativa. Para mí lo más importante se resume en que ignorar las emociones, en cualquier tipo de organización, es cometer un error. Incluso en una organización como la mía, de profesionales de la ciencia, donde uno no está gestionando un balance econó-

mico de pérdidas y ganancias, la importancia es muy grande, aunque más oculta. Quizás no hablemos de beneficios en el estricto sentido económico, pero sí de beneficios respecto de la imagen, conocimiento y otros aspectos importantes en el mundo académico o de investigación. Estamos hablando de cómo motivar a las personas y cómo utilizar el equilibrio entre los hechos y el conocimiento, las emociones y los sentimientos. Todos están íntimamente ligados, pues somos seres humanos con cerebros dentro de un cuerpo motivado, por lo que, en esencia, somos sistemas emocionales. La emoción precede a la razón".

¿Dónde se guardan las diferentes memorias en nuestro cerebro? ¿Se conservan en sitios diferentes, dependiendo del origen del estímulo? Damasio: "Los sistemas de 'cableado' llegan al Parahippocampal Gyrus y Entorhinal Cortex con la información, que está literalmente marcada y mezclada de forma conjunta. Luego hay una señal originada en el Hipocampo que permite a los sitios donde se originaron estas señales ser reactivados de una forma relativamente permanente. Cuando se regenera una memoria, ésta no está en el Hipocampo; la memoria se encuentra en trozos, donde quiera que se originen, y tendrá que ser reactivada en todas sus múltiples partes. El Hipocampo es en realidad el hacedor de memorias y, durante un tiempo, parece tener el mapa conjunto. Poco a poco, este mapa desaparece y las memorias están constituidas por multitud de fragmentos o partes, lo cual resulta muy interesante. Supongamos que yo ahora tengo memoria de la voz de un amigo y del hecho de que se encuentra conmigo, y a todo esto le añado la información de la sala donde estamos. Si tuviese un infarto en mi córtex auditivo que bloquease la posibilidad de revivir esa memoria auditiva, sería factible que cuando las personas me hablasen de este amigo mío, le recordase visualmente pero no pudiera recordar su voz. Esto, que es un simple ejemplo, nos da la idea de que cualquier recuerdo tiene muchas partes, y esas partes no están en el mismo sitio. Es un compuesto. Evidentemente, esto es muy distinto a cómo la gente tiende a imaginar la memoria: algo localizado específicamente en un lugar del cerebro. La realidad es que nuestra memoria no se encuentra en un 'fichero', sino que está en pequeños 'trocitos' por todo el cerebro. Somos bastante más complicados de lo que parece".



Hay quienes argumentan que las decisiones están ya tomadas de forma inconsciente y que el proceso que sigue es simplemente una justificación consciente de la decisión inconsciente. ¿Es esto así? Damasio: "Creo que depende del tipo de decisión. Es posible que haya situaciones en las que pensemos que estamos tomando la decisión, y la realidad es que sólo la estamos haciendo más vívida, pues ya se había tomado a nivel subconsciente. Hay abundantes evidencias al respecto. Depende de lo nuevo que sea el problema o la decisión a tomar. Evidentemente, tenemos un proceso mental no consciente muy importante, y lo integramos en la ecuación a resolver".

## La decisión.

Una decisión es el producto final del proceso mental-cognitivo específico de un individuo o un grupo de individuos u organizaciones, el cual se denomina "toma de decisiones". Por lo tanto, es un concepto subjetivo. En términos más precisos, un objeto mental D es una decisión si éste fue obtenido por una elección de sólo una opinión o una acción perteneciente a un conjunto conocido de "alternativas", y es designado para su aplicación. Últimamente, algunas decisiones pueden también ser tomadas por programas computacionales y robots autónomos que cuenten con inteligencia artificial. Aquello que esencialmente influencia una decisión es el conjunto de alternativas disponibles para el sujeto que debe tomar la decisión, así como los criterios de elección que se apliquen.

Los entes o individuos que son capaces de tomar decisiones pueden ser naturales, sobrenaturales y artificiales. En esta monografía hemos considerado varios de ellos: bacterias, eucariotas, eucariontes,

plantas pluricelulares, animales pluricelulares, superorganismos, enjambres robóticos, seres humanos, sistemas inteligentes, etc. En todos ellos se observa que existe una especie de "software" (más o menos sofisticado) que incorpora una criteriología de base para la toma de decisiones, y a esa criteriología de base se le puede denominar (en sentido lato) "emotividad". Dicha "emotividad" es el motor interno que mueve a "decidir", esto es, a elegir una opción entre varias. Las opciones estarían representadas en la memoria del ente, en su sistema cognitivo; pero sin la criteriología de base (emotividad) no se produciría ninguna elección.



## Conclusión.

Hemos recopilado argumentos científicos y técnicos de última hora que muestran que no puede existir ningún sistema inteligente (esto es, una entidad capaz de resolver problemas) desprovisto de emociones en sentido lato (o sea, una criteriología de base para tomar decisiones). Por lo tanto, no es factible afirmar la hipotética existencia de alguna "inteligencia creadora" desprovista de emociones, puesto que la capacidad de decidir que se requiere para "crear" depende directamente del concurso de ciertas emociones. De otro modo, el raciocinio y el conocimiento puros, aglutinados en un solo "ser" desprovisto de emociones, vendrían a ser algo así como un entramado impersonal e inerte, o una base de datos inoperante que vaga sin rumbo por el océano infinito del espacio y el tiempo, tal como un pedazo de madera que flotara sobre la superficie del mar. De hecho, una base de datos así concebida sería ficticia, inexistente, puesto que necesitaría previamente de una toma de decisiones para ser creada; su propia viabilidad o diseño dependería del concurso de la emotividad. Esto significa que sin un Creador Emotivo no podría existir nada, ni siquiera el Creador mismo.

Desde el punto de vista de las sagradas escrituras, las criaturas sobrenaturales (los ángeles) recibieron al menos, de parte de Dios, una criteriología de base inicial para tomar decisiones al tiempo de ser creados. Y esto mismo ha sucedido con todos los seres vivientes terrestres, incluido el hombre. Dicha criteriología de base, o emotividad, forma parte de la dotación creativa. Se transmite de padres a

hijos mediante el genoma; y parece que goza de cierta plasticidad, como el lenguaje humano. Así, en el caso del hombre, tal plasticidad comporta la capacidad notablemente grande de moldear el sistema emotivo propio, configurándolo de acuerdo a preferencias, influencias, etc.

Según las sagradas escrituras, la principal emoción divina es el "amor" a sus propias normas justas e insuperables, a sus criaturas y a sus creaciones: "Dios es amor" (Primera carta del apóstol Juan, capítulo 4, versículo 8). Por consiguiente, todo Su propósito se basa en el amor y el hecho de haber traído a la existencia criaturas también se basa en el amor. Lo que ha hecho en el pasado, lo que hace en el presente y lo que hará en el futuro tienen como criteriología de base el amor. Cuando trajo un diluvio lo hizo por amor a la justicia y a las criaturas justas, y cuando traiga el "fin del mundo" será impelido por el mismo motivo o emoción: el amor. Para no malinterpretar el amor divino, uno debe desprenderse de la influencia del egoísmo y de la ignorancia o tergiversación que pudiera albergar acerca de los "caminos superiores" de Dios.

