

PSICOLOGÍA del APRENDIZAJE

Emilio Ribes Iñesta

El concepto de aprendizaje ha representado uno de los problemas más importantes de la psicología y alrededor del tema se han construido numerosas teorías y enfoques de investigación que abarcan las más diversas áreas conceptuales. Una de las principales aproximaciones al tema la constituyen los métodos conductuales, fuertemente basados en la evidencia empírica, que a lo largo de los años han ido avanzando hasta incluir los últimos avances en psicología y ciencias del comportamiento.

La psicología del aprendizaje se puede encontrar una amplia variedad de aplicaciones de los conceptos, técnicas y descubrimientos relacionados con este concepto, desde la definición de los términos —aspecto vital para toda ciencia— hasta la influencia de la genética y la herencia en el desarrollo del sistema nervioso y en el aprendizaje, al igual que los métodos y programas experimentales utilizados, el desarrollo y adquisición del lenguaje y otras áreas más complejas y, como pináculo, la relación entre el aprendizaje, la inteligencia y la educación.

Esta obra, bajo la coordinación de Emilio Ribes Iñesta, **Psicología del aprendizaje** reúne el trabajo de conocidos investigadores pertenecientes a los departamentos de Psicología de la Universidad de Guadalajara, con sede en el Instituto de Estudios e Investigaciones del Comportamiento y el Instituto de Neurociencias, y constituye un libro indispensable tanto para el estudiante que desea adentrarse en los elementos básicos de esta ciencia, como para el profesional que tiene la aspiración de estar siempre actualizado en beneficio de su actividad.



Temas afines:

Aprendizaje y conducta, 3ª edición; P. Chance
Psicología comparada. Conducta humana y animal: un enfoque sociobiológico; T. Malim, A. Birch y S. Hayward
Psicología, la ciencia de la mente y la conducta, 2ª edición;
Psicología de las neurociencias cognitivas; V. M. Alcaraz

ISBN 968-426-964-1



9 789684 269644

ISBN 970-27-0110-4 (UDG)
ISBN 968-36-9830-1 (UNAM)

PSICOLOGÍA del APRENDIZAJE

Ribes



PSICOLOGÍA del APRENDIZAJE



Manual Moderno®



Presentación

Este libro dedicado a la Psicología del aprendizaje continúa la serie que el Instituto de Neurociencias de la Universidad de Guadalajara, junto con la Editorial El Manual Moderno y la UNAM, a través de su Facultad de Psicología, han elaborado en beneficio de los estudiantes de las carreras relacionadas con las Ciencias del Comportamiento.

En la obra que ahora se presenta, se busca proporcionar una visión más amplia de la que por lo general aparece en los libros dedicados a este tema, pues se tratan desde los antecedentes genéticos y los mecanismos mediante los cuales tiene lugar la evolución de los organismos a lo largo de la filogénesis, hasta los modos como el comportamiento más complejo se establece. Las relaciones que pudiera haber entre el aprendizaje y la inteligencia, considerada esta última como un desempeño mediante el cual los seres humanos logran resolver los problemas a los que se enfrentan durante su vida, son objeto de una especial atención, como también el análisis de los conceptos que se han formulado para tratar de dar cuenta de los cambios que ocurren en el comportamiento como consecuencia de todas aquellas interacciones con el medio que exigen a los organismos responder de modos variados a los retos adaptativos. Los métodos que se emplean para descubrir los determinantes del cambio en la conducta son, asimismo, analizados. El libro ofrece, de esa manera, no sólo información sobre los avances más recientes en este campo, sino también orienta respecto al uso de los procedimientos de investigación que constituyen la base de la Psicología científica.

Estamos seguros que los materiales ofrecidos en este libro servirán, tanto a maestros como alumnos, como guía e incentivo para adentrarse en los temas que en este momento ocupan a la Psicología moderna.

VÍCTOR MANUEL ALCARAZ ROMERO
Director del Instituto de Neurociencias
de la Universidad de Guadalajara

Declaración antirreduccionista	61
Desarrollo neuronal	65
Aprendizaje y sistema nervioso	66
La evolución de los homínidos	73
Conclusiones	77
Capítulo 4. Preparaciones experimentales para estudiar el aprendizaje	79
Método clásico	79
Excitación condicional	87
Inhibición condicional	88
Extinción	91
Método instrumental	93
Capítulo 5. Desarrollo de la conducta durante la primera infancia	113
Desarrollo perceptual	114
Desarrollo de las capacidades motrices	121
Desarrollo de las conductas afectivas y de afiliación	125
Capítulo 6. El aprendizaje del lenguaje	131
Presuposiciones en el estudio del lenguaje	131
Surgimiento de las primeras palabras	151
Capítulo 7. Conducta humana compleja	169
Enfoques generales	169
Metodología	173
Memoria, interferencia, olvido	176
Organización de los estímulos	182
La función del lenguaje	188
Conclusión	190
Capítulo 8. Aprendizaje, inteligencia y educación	191
Historia del concepto de inteligencia y su medición	192
La inteligencia como categoría adverbial: el comportamiento efectivo y variado	194
Inteligencia, habilidad y competencia	197
La enseñanza del comportamiento inteligente y la educación escolarizada	202
Referencias	205
Índice	211

Prólogo

El aprendizaje es un concepto central para la psicología, no sólo en lo que toca a las teorías que tratan de explicar el comportamiento animal y humano, sino también en lo que respecta a diversos campos de aplicación del conocimiento, como son la educación y la salud, entre otros. Por ello, no es tarea fácil elaborar un libro introductorio sobre el tema, que no sea una simple repetición actualizada de la amplia literatura disponible sobre el particular.

Este libro se planteó como una empresa colectiva, en la que los distintos autores de los capítulos han abordado el problema del aprendizaje desde diferentes perspectivas de análisis, conservando, sin embargo, una orientación teórica compatible. De este modo, el aprendizaje es examinado desde el punto de vista conceptual en los capítulos 1 y 8 por Emilio Ribes y Julio A. Varela, mientras que en los capítulos 2 y 3 José Enrique Burgos trata las relaciones entre aprendizaje, evolución, genética y sistema nervioso. En el capítulo 4, Carlos Aparicio revisa las principales preparaciones experimentales para el estudio del comportamiento animal, mientras que en el capítulo 7, F. Héctor Martínez y François Tonneau abordan el problema del aprendizaje en su relación con la conducta humana compleja (los llamados procesos psicológicos superiores). Finalmente, en los capítulos 5 y 6, María del Carmen Quintana y Víctor Manuel Alcaraz analizan el aprendizaje desde la perspectiva del desarrollo u ontogenia del comportamiento sensorial, motriz y lingüístico.

Este libro representa el logro colectivo de un grupo de investigación de la Universidad de Guadalajara, con sede en el Centro de Estudios e Investigaciones en Comportamiento y el Instituto de Neurociencias. A diferencia de otros libros sobre el tema que se restringen a una sola dimensión de análisis del aprendizaje o, por el contrario, adoptan una postura ecléctica que impiden que el estudiante desarrolle una posición conceptual y metodológica definida, esta obra plantea una postura conceptual y experimental coherente pero, a la vez, proporciona una visión multidimensional del aprendizaje, desde sus fundamentos evolutivos y biológicos hasta sus aplicaciones y extensiones a la educación.

Confiamos en que el libro tiene la suficiente claridad expositiva y amplitud temática para ser de utilidad en los cursos introductorios de licenciatura, a la vez que la especialización temática y disciplinaria de los diversos capítulos facilitará su uso como texto de consulta o de apoyo, tanto en el nivel del bachillerato como en el posgrado.

No es necesario agregar que los distintos autores de los capítulos hemos aprendido mucho de nuestros alumnos y colegas en la realización de este proyecto.

EMILIO RIBES IÑESTA
Guadalajara, México, enero del 2002

Emilio Ribes Iñesta

El problema del aprendizaje: un análisis conceptual e histórico

El término *aprendizaje* se emplea con gran profusión en el lenguaje cotidiano. Se usa para describir el desarrollo de los niños cuando comienzan a hablar, a reconocer a los padres, cuando inician sus primeros pasos caminando. También se utiliza en el ámbito de la educación para hablar acerca del aprovechamiento de los estudiantes y de su desempeño durante los cursos y los exámenes. Asimismo se habla de “aprender” en las situaciones laborales, para referirse a la capacitación de los trabajadores. En los oficios artesanales se tiene instituida incluso la figura del aprendiz como primera etapa de la capacitación laboral. En el uso ordinario, se dice que alguien no aprende cuando persevera en un error o no mejora sus condiciones de vida, en contraste con decir que alguien aprendió de la experiencia, y se iguala el aprendizaje con la sensatez y el buen sentido. Finalmente, en fechas recientes, algunos desarrollos experimentales y computacionales en la neurobiología han auspiciado que se hable metafóricamente —pues otro uso sería incorrecto— de que las neuronas o las máquinas “aprenden”.

En este capítulo se examinará el sentido del término *aprendizaje* y sus diversas acepciones conceptuales, el origen de su uso, y de sus aplicaciones en la psicología y en la educación.

EL CONCEPTO DE APRENDIZAJE COMO “SABER” Y COMO “CONOCER”

Cuando se habla de comportamiento aprendido el uso se contrapone a aquel que designa al comportamiento que no es aprendido. A este último se le llama “innato” y se supone que, de una manera u otra, el comportamiento “ya está” en algún lugar del organismo para simplemente emerger o aparecer cuando sea necesario.

Así, por ejemplo, nadie pone en duda que cuando se aplica un pequeño golpe en la rótula se produce una extensión refleja de la extremidad correspondiente. Este reflejo

aparentemente “está ahí” y la persona no tuvo que hacer nada especial ni adicional, para extender la extremidad una vez que se le estimuló en la rótula. Sin embargo, lo que “está ahí” es solamente una estructura anatómica, que incluye al sistema nervioso central, cuya función consiste en activar los músculos correspondientes cuando se estimula una zona específica. En sentido estricto, la persona no posee o tiene el reflejo rotuliano en el mismo sentido en que esa persona tiene una rodilla y, por consiguiente, no se puede decir que este reflejo esté guardado en alguna parte listo para aparecer. En realidad, lo que la persona posee es una estructura funcional que, al ser activada, se comporta en uno de sus momentos —el momento observable para otros—, mediante la extensión de la extremidad; a esta actividad funcional completa es a la que se le llama reflejo.

Cuando se estudia el comportamiento, siempre debe estar muy claro que no es una cosa. El comportamiento no es una entidad como lo son los objetos, los cuerpos, los materiales, los edificios, los instrumentos, etc. El comportamiento es un término que se utiliza para hablar acerca de la actividad, de acciones o funciones de los cuerpos, especialmente de los cuerpos vivos. Por consiguiente, el comportamiento, en tanto actividad o función, no puede identificarse nunca con el cuerpo o estructura de la que es actividad o función aunque, de hecho, no pueda ocurrir sin estos últimos. El comportamiento es siempre comportamiento de un cuerpo o estructura.

Cuando se hace la distinción entre comportamiento innato y aprendido se hace referencia a si las funciones o actividades del organismo dependen directamente de su estructura, tal como ésta evolucionó hasta el momento del nacimiento, o si se han visto influidas de manera directa por la *experiencia* particular con circunstancias, acontecimientos y objetos en el medio. Esta distinción es incluso arbitraria, pues se sabe desde hace muchos años (Kuo, 1967) que muchos de los movimientos y acciones supuestamente innatas —dado que se presentan desde el momento del nacimiento—, en realidad son auspiciadas, moduladas e influidas por factores del ambiente interno, previo al nacimiento. Por ello, la distinción entre comportamiento innato y aprendido constituye una separación muy tenue que conviene hacer a un lado.

Una distinción opcional, posiblemente útil, es la que se puede hacer entre comportamiento biológico y psicológico. El primero corresponde a las funciones y actividades del organismo que no cambian con la experiencia, mientras que el comportamiento psicológico alude a las funciones y actividades del organismo que cambian a través de ella. Es importante subrayar que el paso del tiempo no es equivalente a adquirir experiencia. Para atribuir a la experiencia un efecto en la función o actividad, se debe demostrar que ésta *cambió* como consecuencia de un tipo de relación o contacto particular entre el organismo y alguna propiedad o acontecimiento del medio ambiente.

De aceptarse este razonamiento, podría afirmarse que todo el comportamiento psicológico está en función de la experiencia, y que el aprendizaje se identifica a partir del *cambio* en las funciones y actividades del organismo particular en un ambiente dado. Dicho en otras palabras, el comportamiento psicológico consiste en el cambio de funciones del comportamiento biológico como efecto de la experiencia individual.

El concepto de aprendizaje, como cambio, está profundamente ligado a la metáfora de la *adquisición*. Se habla de aprendizaje cuando alguien tiene algo *adicional* a lo que ya tenía. En este sentido, aprender se vuelve sinónimo de adquirir algo nuevo. Así, por ejemplo, cuando un niño empieza a caminar, se dice que aprendió a caminar, lo que significa que el niño ahora tiene un tipo de comportamiento que antes *no tenía*. La figura de la

adquisición, sin embargo, es conceptualmente peligrosa pues implica, en sentido literal, la ganancia, obtención o posesión de *una cosa o algo tangible*. El peligro de esta figura del lenguaje reside en que, al tomarse literalmente el significado original del término “adquirir”, se plantean automáticamente dos preguntas: ¿*Qué* es lo que se adquiere? y ¿*Dónde y cómo* se guarda lo que se adquiere? Como se analizará a lo largo de este capítulo, estas dos preguntas son inadecuadas y surgen de un error conceptual: interpretar literalmente el término “adquirir” como sinónimo de “aprender”. En realidad, cuando se aprende no se obtiene algo tangible ni es necesario guardar en algún sitio lo aprendido.

Cuando se dice que alguien ha aprendido se implica que se ha desarrollado (o “adquirido”) una nueva función en su comportamiento. Esa función puede consistir en dos tipos de cambio: 1) el que haya aparecido una nueva forma de comportamiento (como puede ser la fonación de una nueva palabra, la ejecución de una nueva partitura en el piano, o la realización de movimientos finos y diferenciados en el uso de un instrumento), o 2) que un comportamiento ya existente como forma ocurra en circunstancias nuevas (como al leer un libro nuevo, realizar una operación aritmética nunca hecha, utilizar un cuchillo para quitar la cubierta del corcho de una botella o hablar de algo que ocurrió en ausencia de lo ocurrido u ocurrente).

En el primer caso de “adquisición”, la aparición de una forma nueva de comportamiento surge siempre como la diferenciación, integración, separación, eslabonamiento u ocurrencia oportuna de formas de comportamiento ya existentes, sea como actividades regulares del individuo, o como acciones que pueden ocurrir dadas las características de las estructuras corporales disponibles. Así, por ejemplo, un niño aprende a patear una pelota cuando al caminar, se detiene y extiende sólo una de sus piernas para golpearla.

En el segundo, las formas de comportamiento pertinentes ya ocurren con regularidad, y el aprendizaje se identifica en la medida en que éstas ocurren ahora en nuevas circunstancias, frente a nuevos objetos, personas o requerimientos. Así, por ejemplo, cuando una niña comienza a hablarle a una muñeca repitiendo lo que su madre le dice a ella, se dice que la niña aprendió a comportarse “como una mamá”.

En ambos casos, cuando se aprende nunca se “adquiere” o “surge” algo que no fuera posible esperar con base en el comportamiento biológico de la persona. Ocurren dos tipos de cambios. El primero representa la transformación de acciones ya existentes como movimientos o fonaciones. Otro consiste en realizar ciertas acciones en circunstancias novedosas, adaptándolas a las nuevas condiciones funcionales. Podría decirse que se aprenden tanto las acciones a realizar como las circunstancias en las que las acciones se tienen que realizar. El aprendizaje, por consiguiente, siempre implica cambios en el comportamiento y en la forma y función de las acciones respecto a sus circunstancias de ocurrencia.

Sin embargo, no todos los cambios en el comportamiento se consideran equivalentes al aprendizaje. ¿Cómo se determina que alguien ha aprendido algo? El comportamiento cambia continuamente, ajustándose a las variaciones en condiciones y circunstancias y, sin embargo, no todos esos cambios son identificados con actos de aprendizaje. Sólo algunos de ellos son considerados así. Podrían identificarse los actos de aprendizaje con cuatro tipos nuevos de condiciones o circunstancias para el individuo:

1. Cuando se tiene que hacer algo nuevo o diferente (p. ej., aprender a tocar una nueva pieza en el piano).

2. Al reconocer la circunstancia en qué hacer algo que ya se hace (p. ej., cuando un médico debe identificar un síntoma crítico para decidir que medicamento emplear).
3. Cuando es preciso identificar qué hacer en una nueva circunstancia (p. ej., cuando un ingeniero tiene que buscar y estudiar las características de un terreno apenas conocido para seleccionar los materiales y características de la construcción a realizar).
4. Si es posible hablar sobre lo que se tiene que hacer en una circunstancia y sobre cómo hacerlo (p. ej., cuando además de identificar una sintomatología y elegir la medicación apropiada, se es capaz de describir cómo se hace o hizo para reconocer al paciente y de especificar las razones, circunstancias y criterios requeridos para determinar la terapéutica apropiada).

El comportamiento “apropiado” o “adecuado” en estos cuatro tipos de circunstancias tiene como resultado diferentes aprendizajes, todos ellos relacionados con el uso de los términos *saber* y *conocer*. La tradición intelectualista sostiene que el aprendizaje es un proceso de *entendimiento*, que consiste en captar, percibir, aprehender y/o representar los aspectos fundamentales de aquello que se aprende. De acuerdo con esta tradición, cuando se aprende, se aprende “algo”, lo cual se convierte en una posesión o característica del individuo en la forma de saber o conocer.

El aprendizaje, para la tradición intelectualista, consiste en adquirir conocimiento acerca de las cosas y en cómo aplicarlo. Se aprende “algo” y “eso” que se aprende incluye el conocimiento de la manera de aplicarlo o hacerlo. En otras palabras, se aprende a “saber eso o algo” y de allí se desprende el “saber cómo”. El conocer, entendido como “saber eso”, tiene primacía sobre el saber hacer, entendido como “saber cómo”.

Así, por ejemplo, se supone que lo que un médico aprende primero son los síntomas de las enfermedades y los medicamentos a emplear, y que una vez que sabe “eso”, sabe cómo diagnosticar y recetar medicamentos. Sin embargo, ésta es una ilusión o error conceptual, pues difícilmente un médico aprendería los síntomas de las enfermedades y los medicamentos a emplear sin entrar en contacto con un enfermo, sus síntomas y los efectos observados de los medicamentos ante ellos. No existen médicos “teóricos”. Sólo se reconoce que alguien *sabe* “algo” en la medida que hace o dice “algo”. Entender, como sinónimo de conocer, sólo puede mostrarse como parte del saber “cómo” acerca de “algo”. Ryle (1949), filósofo inglés que ha examinado este problema a profundidad, lo expresa de esta manera: “Entender es una parte de saber cómo. El conocimiento que se requiere para entender los desempeños inteligentes de una clase específica es algún grado de competencia en desempeños de esa clase” (p.54).

Conocer o saber “algo”, como comportamiento, siempre implica un cierto dominio sobre el comportamiento en cuestión. Se sabe o se conoce en la medida en que se hace, se dice, se hace lo que se dice, o se dice sobre lo que se hace. Por consiguiente, cuando se aprende algo, el conocimiento adquirido no es ajeno o distinto a lo que se aprende a hacer o decir, a hacer lo que se dice, o a decir sobre lo que se hace. El saber y el conocer no son separables del desempeño o actividad que se aprende; ambos constituyen precisamente la consecuencia o resultado de haber aprendido un desempeño respecto de algo.

Es posible aprender distintos tipos de desempeño y, por consiguiente, varias formas de saber y conocimiento. Se puede aprender simplemente a decir algo como una forma de reconocimiento, discriminación o actividad verbal, pero también se puede aprender a hacer algo, en donde el hacer comprende algún tipo de decir integrado. Se puede aprender

a hacer lo que se dice o mientras se dice, pero también se puede aprender a decir lo que se hace y cómo se hace.

Estos tipos de desempeño constituyen distintos tipos de aprendizaje, pues involucran diferentes relaciones funcionales entre lo que se hace, lo que se dice (como otro tipo de hacer) y los criterios de eficacia o adecuación implícitos o explícitos en las circunstancias que delimitan la situación de aprendizaje. Sin embargo, a pesar de las diferencias que existen entre estos tipos de aprendizaje, saber o conocer “algo” siempre ocurre como el aprendizaje de saber o conocer “cómo”. Saber “algo” y saber “cómo” no son dos cosas diferentes. Son dos momentos de un mismo episodio. Saber “algo” sólo puede identificarse a partir de saber “cómo”.

EL APRENDIZAJE COMO UNA CATEGORÍA DE LOGRO

Se ha considerado cómo el término *aprendizaje* se emplea para referirse a ciertos tipos de cambio en el comportamiento relacionados con el saber y el conocer. Sin embargo, no se ha aclarado todavía la manera de identificar aquellos cambios del comportamiento que implican que se ha aprendido algo, cuyo resultado es una forma de saber o de conocer.

Aprender es un verbo, y se acostumbra suponer que los verbos describen o denotan acciones de algún tipo; sin embargo, esto no es siempre así. Aunque acciones como correr, comer, saltar, gritar y otras más se describen a través de verbos, existen muchos verbos que no denotan acciones, lo que no significa que no haya acciones involucradas en lo que se describe. Más bien, se afirma que ninguna de esas acciones corresponde al verbo como tal.

Así, por ejemplo, el verbo *pensar* no corresponde a ningún tipo de acción particular o específica. No existe una acción que inequívocamente permita afirmar que alguien está pensando, aunque se sabe que cuando alguien piensa habla consigo mismo, escribe, presta atención a notas o a lo que alguien le dice, etc. Sin embargo, ninguna de esas acciones por sí mismas —hablar, escribir, atender notas— constituyen o se identifican con pensar, pues muchas veces se escribe, se atienden notas o se habla y nadie afirmaría que se está pensando. Existen muchos verbos que poseen características similares a *pensar*. Son verbos que implican acciones, pero que no denotan o describen acciones, como *entusiasmar*, *alegrar*, *recordar*, *inspirar* y otros más. Ninguno de ellos se identifica con una acción específica, aunque todos se relacionan con una diversidad de acciones. Por ejemplo, cuando alguien alegra a otro o una situación, grita, salta, ríe, cuenta chistes, “hace el bobo” y muchas otras cosas, pero ninguna de esas acciones se puede describir como alegrar. Alegrar las incluye a todas, pero no es ninguna de ellas. Alegrar, como muchos otros verbos, se identifica con el resultado de las acciones involucradas, y no con la ocurrencia de las acciones *per se*. Alegrar se identifica con el hecho de que los que rodean al que alegra se ríen, se ponen contentos, etc., es decir, participan de sus mismas acciones. Por lo tanto, alegrar se identifica con el resultado de las acciones que se realizan y no con las acciones mismas aunque, en este ejemplo particular, el resultado sea que otros realicen acciones similares.

El verbo *aprender* es semejante a los ejemplos citados, pues no denota ninguna acción o actividad específica a diferencia de otros verbos que sí lo hacen (como escribir, golpear, barrer, hablar, etc.). Cuando se dice que alguien aprende, se implica que ese

individuo realiza actividades distintas, pero no son éstas las que permiten afirmar que se está aprendiendo. Se dice que se aprende cuando, en el proceso de realizar las actividades implicadas en o por el aprendizaje, estas actividades se identifican, por ellas mismas, como resultados parciales o finales del hecho de aprender. Si un niño está aprendiendo a caminar, el caminar en sí no constituye una actividad paralela, oculta o diferente del hecho de que el niño comience a moverse erguido, apoyándose en objetos y trastabillando. El aprender se identifica con el dominio progresivo de lo que se está aprendiendo. En el caso del niño que aprende a caminar, su aprendizaje se identifica por el número de pasos que da el niño sin ayuda, el número de caídas que sufre en un trayecto, la posición y velocidad del cuerpo al desplazarse, etc. El niño no hace dos cosas diferentes al mismo tiempo —caminar y aprender—, sino que hace una sola, aprender a caminar, es decir, aprende mientras camina, aprende a caminar caminando.

Aprender y aprendizaje constituyen, desde un punto de vista técnico, términos pertenecientes a categorías de logro. Una categoría de logro, como la palabra misma lo subraya, es aquella en la que los términos o expresiones indican, sugieren o tienen que ver con resultados, productos o consecuencias. Ejemplos de términos que se usan como categorías de logro son perforar, ablandar, levantar, alcanzar, buscar, herir y otros más. Aprender, de igual manera que estos términos, comparte una misma lógica de uso: la de referir logros. Aunque los términos de logro se expresan las más de las veces como verbos, no describen actividades propiamente dichas. Más bien, denotan los resultados, productos, consecuencias o logros de actividades; sin embargo, los verbos no especifican cuáles son las actividades que llevan a dichos logros o los producen.

Un error conceptual común es suponer que los verbos que expresan logros denotan en realidad actividades intrínsecas o inherentes a dichos logros. Las actividades relacionadas con la consecución de logros son siempre descritas o denotadas por verbos que constituyen categorías de *acción* u *ocurrencia*. Las acciones u ocurrencias constituyen siempre acontecimientos directamente observables como tales, y su aplicación ocurre con base en criterios de *ostensividad*, es decir, pueden ser señalados.

Un ejemplo de lo anterior se encuentra en las frases “estoy rayando un cuaderno”, “estoy cortando la carne”, “estoy mirando un libro”, “está lloviendo”, “el perro está ladrando”, etc. Así como en las categorías de ocurrencia, acción u objeto, el carácter ostensivo de su referencia determina la aplicación o uso correcto de los términos, en las categorías de logro su uso tiene que ver con la identificación de criterios de resultado o efectividad. El uso correcto o referencia de herir es, por ejemplo, que se produzca un determinado tipo de daño en otra persona o animal. Se usa apropiadamente herir cuando se refiere al daño producido por una actividad, no a la actividad misma. Así, por ejemplo, alguien puede producir una herida (herir) moviendo un cuchillo, pero mover un cuchillo no significa herir, pues para que se diga que se ha herido lo importante no es cómo se hizo, sino qué resultado tuvo lo que se hizo.

Es por eso que aunque los términos de logro implican la ocurrencia de actividades, no se refieren a ellas. Aprender, por consiguiente, no describe ningún tipo de acción o actividad especial, observable u oculta; más bien denota que se ha logrado cumplir con un criterio de logro, el cual quizá consista en la realización de un tipo de actividad con un determinado grado de dominio. Pero la actividad especificada como logro no es el resultado de otra actividad misteriosa conocida como aprender. Aprender no es una actividad; es alcanzar un criterio de eficacia en una actividad o sus productos y resultados.

Otro error conceptual muy frecuente ocurre cuando se supone que aprender constituye un proceso o conjunto de actividades de difícil observación, mediante las cuales un individuo adquiere ciertas conductas, habilidades o competencias. Aprender, en este sentido, se utiliza como equivalente a una categoría de acción, suponiendo que aprender tiene que ver con actividades y conductas distintas a las que ocurren cuando no se aprende. Cuando se considera, erróneamente, al aprendizaje como un *proceso*, se plantea que las actividades y conductas que ocurren cuando se aprende son distintas de las que tienen lugar cuando no se aprende. Es más, se supone que aprender constituye un conjunto de actividades específicas que subyacen y ocurren, quizá de manera simultánea, pero no observable, mientras se dan las actividades que se aprenden. Esto significa que aprender se considera como un conjunto de actividades cuya única función es la de que otras actividades se aprendan. Sin embargo, esto no tiene sentido y constituye solamente una confusión conceptual.

Se identifica que se está aprendiendo y que el aprendizaje ha ocurrido cuando se cumplen dos requisitos: 1) que se reconozca y se haya especificado previamente qué es lo que se va a aprender, ya sea en la forma de un tipo de actividad (como al hablar), de un resultado (como al obtener el producto de una multiplicación) o un efecto (que un automóvil se mueva de acuerdo a las reglas viales). 2) Que se realicen actividades directamente relacionadas con el cumplimiento de los criterios de aprendizaje (que se hable cuando lo que se aprende es a hablar, que se lleven a cabo operaciones escritas, orales o con marcas y objetos si se está aprendiendo a multiplicar, o bien que la persona esté dentro del automóvil y realice las operaciones y movimientos necesarios para que el automóvil se ponga en marcha y se desplace). Se dice que el aprendizaje ha ocurrido o que el individuo aprende en la medida en que, primero, se observan las conductas relativas al criterio de logro y, segundo, se observa que dichas conductas y/o sus productos lo satisfacen.

Aprender, desde esta perspectiva, no es hacer algo especial que lleve a “adquirir” un comportamiento o conocimientos; en realidad, consiste en realizar, *de manera especial*, las conductas, y los productos o efectos consecuentes que satisfarán el criterio de logro que se debe cumplir para justificar el dominio de una forma de hacer, saber o conocer determinado. Aprender no es un proceso, más bien es el resultado de un proceso que consiste en la adecuación de procedimientos y circunstancias para que ocurran las conductas y actividades previstas de la manera apropiada para cumplir con los criterios de logro. Estos últimos pueden estipular la ocurrencia de conductas en cierto orden y en determinada secuencia, o bien especificar que, al margen de las conductas particulares que ocurran, tengan lugar ciertos efectos, productos o resultados. Cuando se cumplen dichos criterios, se dice que el individuo ha aprendido.

Aprender, por consiguiente, no implica la ocurrencia de “procesos” distintos a los que tienen lugar cuando no se aprende. Decimos que no se aprende cuando el individuo comete errores, pues no se ajusta al criterio de lo que es aprender, o bien cuando realiza conductas ya aprendidas. Aprender consiste en realizar las conductas y producir los resultados especificados en las circunstancias establecidas para que ello ocurra. El proceso que tiene lugar cuando se aprende alude a la adecuación de las circunstancias que permiten satisfacer los criterios de efectividad previstos, y no implica ni requiere la suposición de una serie de actividades paralelas, ocultas o inobservables que “contienen” a las conductas bajo aprendizaje y a sus efectos potenciales.

Hay dos problemas adicionales que se relacionan directamente con el aprendizaje como concepto de logro y ambos tienen que ver con una confusión especial: se identifica

al aprendizaje como cumplimiento de un criterio de logro con los logros propiamente dichos y su supuesta localización o ubicación en el propio individuo que aprendió. A consecuencia de esta confusión, los conceptos de capacidad y de memoria son empleados regularmente de manera incorrecta.

Cuando se distingue aprender (un tipo de actividad o proceso especial) de lo aprendido (el contenido, efecto o conocimiento resultantes), se hace necesario tener dos conceptos distintos que se refieran a esos dos supuestos episodios o aspectos del aprendizaje. El primer error conceptual consiste en identificar el resultado del aprender con la "adquisición" de algo nuevo; lo cual, de alguna manera, se concibe como distinta al acto, actividad o proceso de "adquirir", es decir, de aprender. Dependiendo de la teoría particular de que se trate, la "adquisición" o lo "adquirido" pueden consistir en distintas cosas: información, conocimiento, representaciones, cambios estructurales en el sistema nervioso, respuestas musculares, etc. Los problemas que surgen de inmediato para estas teorías son: ¿dónde queda o se ubica lo adquirido? y ¿cómo se "recupera" lo aprendido para transformarlo nuevamente en acción o desempeño efectivos?

Estas preguntas sólo tienen sentido si se asume que el aprendizaje resulta en productos adicionales a las actividades, conductas o desempeños que tienen lugar en la situación especial en que se aprende (es decir, si se considera que no es equivalente a un resultado de hacer algo de cierta manera y bajo circunstancias determinadas para cumplir un criterio de logro). La confusión surge cuando se *supone la existencia de resultados que son consecuencia del aprendizaje* en vez de *identificar al aprendizaje con los resultados observados*.

Este error conceptual obliga a estas teorías a postular un proceso o entidad adicional al aprendizaje, a la que se le atribuye la responsabilidad de "guardar", "almacenar", "registrar", "seleccionar", "recuperar" y "activar" lo que se aprende, es decir, lo que se supone son consecuencias o productos del mismo, y que son distintos a las actividades mismas involucradas en el acto de aprender. Este proceso o entidad adicional postulada no es otra cosa más que la "memoria".

El concepto de memoria **no** es necesario cuando se dispone ya del concepto de aprendizaje. Solo cuando se confunde a los resultados, consecuencias o productos del aprender como algo distinto al aprendizaje, se requiere hablar de la memoria. Pero postular la memoria no sólo deja sin resolver este error conceptual sino que además crea nuevos problemas, por ejemplo, todos aquellos relativos a la localización de lo aprendido, cómo se selecciona qué almacenar y qué no almacenar, de qué manera se reconoce y recupera lo aprendido cuando se necesita usarlo, y el modo en que se transforma lo almacenado en comportamiento efectivo. Los problemas y confusiones conceptuales que surgen de la postulación de la memoria son múltiples e innecesarios (Ribes, 1990).

Un segundo caso de error conceptual ocurre al suponer que el aprendizaje refleja una "capacidad" especial para "adquirir" conocimientos o desempeños de cierto tipo. Una forma radical de este error tiene lugar cuando se habla de "aprender a aprender" (o de metaaprendizaje). Ser "capaz" significa siempre poder hacer o decir algo que es pertinente o requerido en una situación determinada. La capacidad se identifica a partir del desempeño eficaz y exitoso. Se tiene la capacidad de dirigir una empresa cuando se hacen y dicen las cosas pertinentes y necesarias para que la empresa funcione de manera eficiente y productiva. Se tiene la capacidad de escribir cuando lo escrito tiene calidad, pertinencia y es comprensible por otros. Se tiene la capacidad de conducir un automóvil

cuando éste se desplaza con suavidad, sin peligro, sin lentitud o velocidad excesivas, con comodidad y sin provocar accidentes. Hay múltiples ejemplos como los anteriores, todos ellos subrayando que al hablar de capacidad se requiere de la observación de un desempeño motor o verbal eficaz y pertinente. El término "capacidad", por consiguiente, se aplica para referirse a la posibilidad de que se haga o diga algo eficaz y pertinente con base en dos criterios. El primero se ajusta a lo que puede denominarse una categoría *modal*, el segundo se ciñe a lo que constituye una categoría *disposicional*.

La capacidad, como concepto modal, se refiere a que existe la *posibilidad* de hacer o decir. Cuando un niño tiene bien desarrollados sus músculos y huesos, y carece de trastornos de tipo neural se dice que *puede caminar*, aun cuando todavía no lo haga. De igual manera se afirma que alguien puede jugar bien un deporte, incluso si no posee experiencia alguna, en la medida en que sus características corporales sean apropiadas para ello. En estos casos, se habla de poder hacer o decir en términos que expresan que el individuo tiene la posibilidad de aprender, en la medida en que satisface los requerimientos necesarios para comportarse de manera adecuada dadas ciertas circunstancias.

La capacidad como concepto modal se refiere, por tanto, a la disponibilidad de los comportamientos biológicos necesarios para que se desarrollen nuevas funciones a partir de la experiencia. El concepto de capacidad enuncia lo que es posible aprender, pero no denota la causa de lo que se aprende. Por consiguiente, la capacidad, como término, sólo describe los logros posibles, pero no se constituye en causa de esos logros.

La capacidad, como concepto disposicional, refiere la *probabilidad* de que ocurra una conducta eficaz y pertinente con base en la ocurrencia previa de conductas similares. De este modo, hablar de capacidad es referirse a una tendencia a comportarse de manera eficaz y pertinente. Se afirma la capacidad de alguien en la medida en que en el pasado se ha comportado de manera tal que ha aprendido lo que se le ha enseñado o ha seguido comportándose de acuerdo con lo aprendido.

Así, alguien es capaz de resolver problemas matemáticos, por ejemplo, porque en el pasado los ha resuelto eficazmente, ya sea en el momento en que se le enseñó a hacerlo o al ejercitar el comportamiento aprendido en otras situaciones. La capacidad, en este sentido, no alude a una causa de que se aprenda o de que se ejercite lo aprendido; de hecho, sólo refiere la probabilidad de que se *continúen* manifestándose comportamientos eficaces y pertinentes dada la ocurrencia de tal tipo de desempeño en el pasado. El aprendizaje como logro no es una función de la capacidad, sino que la capacidad, como término, sólo describe la tendencia a producir o cumplir con cierto tipo de logros.

En resumen, la capacidad como concepto modal describe las condiciones que hacen posible aprender, sobre la base de que otros individuos, en condiciones similares, han aprendido. Es parecido a decir que es posible que llueva cuando hay nubes negras abundantes y viento, porque bajo estas circunstancias por lo general llueve. Las condiciones propicias *para* que llueva no son la causa de que ocurra la precipitación, aunque son necesarias para que ello ocurra. De la misma manera, decir que alguien es capaz de aprender sólo describe que están dadas las condiciones necesarias para que ocurran comportamientos que satisfagan ciertos criterios de logro, pero ello no concede a estas condiciones el carácter de causa de las conductas que permiten obtener dichos logros. Por otra parte, la capacidad como concepto disposicional, describe que es probable que un individuo realice una conducta que satisface un criterio de logro sobre la base de que ese mismo individuo lo ha hecho en el pasado de manera satisfactoria o con éxito. Es como

decir que es probable que llueva en determinado lugar porque en esas fechas es común que esto ocurra.

En ningún caso, el concepto de capacidad (modal y disposicional) constituye una causa del aprendizaje. En el uso modal, decir que se es capaz de aprender solamente significa que, dadas las circunstancias y condiciones, todos los que lo han intentado han aprendido, es decir, han realizado conductas que satisfacen determinados logros o resultados. Desde el punto de vista disposicional, la misma afirmación sólo implica que el individuo ya ha aprendido en el pasado, es decir, que es probable que se realice el comportamiento vinculado a logros porque ello ya ha sucedido antes. Se es capaz de aprender de dos maneras: en el primer caso, es *posible* lograr algo porque están dadas las condiciones; en el segundo, es *probable* conseguirlo porque ya se ha obtenido antes.

HISTORIA DEL CONCEPTO DE APRENDIZAJE

En esta sección, se revisa la historia del **concepto** de aprendizaje, el cual surgió vinculado al empleo de otros términos, fundamentalmente a los de “experiencia” e “inteligencia”. La psicología y las teorías del aprendizaje fueron el resultado histórico del estudio de la evolución de la adaptación animal, de la interrelación entre las funciones cerebrales y las demandas y cambios ambientales, así como del interés por conocer los efectos de la experiencia sobre el comportamiento y su importancia relativa respecto a los instintos y las formas “heredadas” de actividad.

Durante el medioevo, la Iglesia Católica impuso la doctrina oficial de que sólo el alma era capaz de conocer con certeza y que ese conocimiento se daba, fundamentalmente, por *revelación* (así lo afirmaban, San Agustín de Hipona y Santo Tomás de Aquino). A partir del Renacimiento, la discusión sobre la naturaleza del conocimiento cobró gran importancia, lo cual, entre otras cosas, sirvió como fundamento al desarrollo de la ciencia moderna. El fondo de los argumentos sobre la naturaleza del conocimiento tenía que ver con el problema de la confiabilidad de lo que se conocía o aprendía y de la certeza o verdad de dicho conocimiento. Nadie ponía en duda que el conocimiento provenía, al menos en parte, de la experiencia, es decir, del contacto del individuo con el mundo a través de los sentidos (vista, oído, tacto, olfato y gusto, entre otros). Lo que se cuestionaba era la importancia y la fiabilidad de lo que se conocía mediante los sentidos. Los nuevos descubrimientos geográficos y tecnológicos, así como los cambios en la organización política y económica de Europa, obligaron a reconsiderar bajo qué condiciones era posible suponer que el conocimiento humano era verdadero, sin la participación de la gracia divina (Kantor, 1990).

La discusión sobre la fiabilidad y certeza del conocimiento involucró dos argumentos fundamentales. El primero, llamado *racionalista* —representado de manera destacada por René Descartes—, planteaba que el conocimiento verdadero era aquel que se *revelaba* racionalmente como claro y evidente por sí mismo, y que el método apropiado para conocer era aquel que trataba con formas racionales puras: el método de la geometría. Un segundo enfoque, conocido como *empirista* —representado a su vez por Francis Bacon y John Locke—, proponía que todo el conocimiento provenía directa y exclusivamente de la experiencia a través de los sentidos, y se propuso al método experimental

como el cánón para descubrir y comprobar de manera sistemática el conocimiento sobre la naturaleza.

Estos dos planteamientos sobre el conocimiento dieron lugar a dos maneras distintas de entender y estudiarlo. Una, la racionalista, que se transformó en la llamada psicología “cognoscitiva”. La otra, empirista en sus fundamentos, que se constituyó en la llamada psicología del aprendizaje. Ambas tienen el mismo objetivo: estudiar cómo se conoce. Sin embargo, ambas divergen en sus supuestos sobre el conocimiento y su origen.

El empirismo influyó de manera decisiva para que, en el siglo XIX, surgieran dos campos de conocimiento científico cruciales para la psicología moderna: por una parte, fue la teoría de la evolución, formulada por Charles Darwin (Boakes, 1984); por la otra, fue la neurología experimental del reflejo, impulsada por Iván Sechenov y culminada por los trabajos experimentales de Iván Pavlov y Vladimir Bekhterev a principios del siglo XX. De la teoría de la evolución derivó el interés por estudiar los procesos de la llamada “inteligencia” animal y el comportamiento “instintivo”. A partir de la neurología experimental se elaboró el método de los reflejos condicionales, que posteriormente se constituyó en el paradigma experimental más importante para el estudio del aprendizaje animal y humano.

Aun cuando el interés por la evolución de las especies no se inició con Charles Darwin (recuérdese que su tío Erasmus, entre otros, fue un estudioso del proceso evolutivo), a él se debe la primera teoría fundamentada en una gran diversidad de observaciones naturales y paleontológicas, y la propuesta de los procesos involucrados en la evolución de las especies hasta culminar en el surgimiento del hombre moderno. Darwin concibió la evolución como un proceso en el que interactuaban tres factores: la selección natural ejercida por el medio respecto de los más aptos, la reproducción sexual de los caracteres, y la posible transmisión de caracteres adquiridos, idea original de Jean Lamarck y de Erasmus Darwin. La posible transmisión de los caracteres adquiridos y, sobre todo, la selección natural de los más aptos, obligaron a pensar en “mecanismos” o procesos que relacionaran el comportamiento de los individuos, en la forma de “hábitos”, con su efectividad adaptativa frente a las demandas y cambios en el medio ambiente.

Herbert Spencer, contemporáneo de Darwin, formuló tres principios que contextualizaban el cambio del comportamiento a través de la experiencia: 1) los instintos, como patrones característicos de una especie, se establecían como efecto de la contigüidad o proximidad temporal entre los estímulos y las respuestas, 2) la repetición de una respuesta frente al estímulo consolidaba la coordinación entre ellos, y 3) el comportamiento espontáneo, inicialmente aleatorio, era seleccionado naturalmente por sus consecuencias. Este último proceso, al que el filósofo Alexander Bain llamó originalmente “de ensayo y error”, se asociaba con las consecuencias en la forma de estados subjetivos de placer y dolor. Este principio, conocido como principio de Spencer-Bain, procuraba un fundamento psicológico del principio de selección natural.

Las contribuciones de Darwin y Spencer auspiciaron el interés por conocer cómo los animales adquirían hábitos (aprendían) a través de la experiencia, y cómo éstos se relacionaban con sus conductas “instintivas”, en tanto comportamientos adaptativos propios de cada especie. A partir de ese momento, surgieron distintos estudiosos del comportamiento animal, que observaron minuciosamente los patrones característicos de las diversas clases y especies (p. ej., George Romanes y William McDougall), o que se dedicaron a crear situaciones experimentales para analizar el aprendizaje de hábitos en circunstancias

adaptativas como la obtención de alimento y similares (p. ej., Douglas Spalding). Sin embargo, el estudio de la inteligencia animal se consolidó como un campo de investigación a partir de los experimentos realizados por Edward L. Thorndike (1911).

Thorndike aplicó los tres principios formulados por Spencer para dar cuenta de cómo aprendían los animales a obtener alimento en una tarea en la que se les colocaba en una caja de trampa. Se colocaba, por ejemplo, a un gato dentro de una caja con barras, que tenía una puerta con un dispositivo simple para abrirla (una aldaba primitiva). El gato podía salir y comer un pescado que estaba frente a la caja, fuera de su alcance, mediante un movimiento que girara la aldaba. Los gatos aprendían a resolver el problema, en cada ocasión realizaban menos movimientos fortuitos y tardaban menos tiempo para mover la aldaba y abrir la puerta de la caja. Thorndike describió la formación de estos hábitos en términos de un aprendizaje por ensayo y error, en donde los errores eran eliminados y el acierto era seleccionado por la posibilidad de salir y obtener la recompensa (ley del efecto). La repetición de los movimientos coordinados respecto a la aldaba facilitaban la consolidación y simplificación del hábito (ley del ejercicio). Thorndike suponía que el hábito consistía en una conexión entre la situación (la puerta de la caja con una aldaba) y el movimiento o acción del organismo (mover la aldaba en un sentido determinado) que se fortalecía por el efecto de la recompensa subsiguiente (obtener alimento).

La situación experimental diseñada por Thorndike, y su énfasis en los efectos y la repetición de la conducta, se convirtieron en el eje rector de las tendencias teóricas y experimentales que surgieron a partir de 1930 como teorías de la conducta o teorías del aprendizaje. Estas teorías examinaron el paradigma de Thorndike en términos de lo que denominaron condicionamiento instrumental o condicionamiento operante (p. ej., C. Hull, E. Tolman, E. Guthrie y B.F. Skinner).

Por otra parte, como ya se había mencionado, el estudio de las funciones reflejas del sistema nervioso auspició también el interés por examinar cómo el organismo se podía adaptar a los cambios en el medio ambiente. La contribución principal en este campo provino de Iván Pavlov (1993), quien obtuvo el Premio Nobel de Medicina por sus investigaciones sobre la fisiología digestiva; este investigador observó casualmente que los perros con una fístula en el esófago, así preparados para medir la salivación durante la ingesta de comida, salivaban también cuando se acercaba la hora en que los alimentaban o cuando se les presentaba alguna señal o indicio relacionados con el alimento. Pavlov llamó a este tipo de salivación “secreciones psíquicas”, queriendo significar con ese nombre que la secreción de saliva ocurría por algún factor vinculado con la experiencia, y en ausencia de los factores fisiológicos que la producían (es decir, la ingesta de alimento seco que aumentaba la tonicidad de la cavidad bucal, entre otros).

Pavlov había descubierto, sin proponérselo directamente, que las respuestas biológicas —algunas de carácter reflejo— como la salivación, podían ocurrir en circunstancias en las que el estímulo o factor que las educía o causaba todavía no se presentaba. A partir de esas observaciones, Pavlov desarrolló el método de los reflejos condicionales o de condicionamiento clásico. Este método consistía en elegir una respuesta biológica que se produjera de manera natural ante determinado tipo de estímulo; por ejemplo, la respuesta de salivar que ocurría tan pronto se colocaba alimento seco en la cavidad bucal de un animal. A la comida, que era el estímulo que educía de manera “natural” la salivación, se le llamó estímulo incondicional (EI), porque necesariamente producía la respuesta, mientras que a la salivación, misma que ocurría inevitablemente dada la presencia de

alimento seco en la cavidad bucal, recibió el nombre de respuesta o reflejo incondicional (RI). Pavlov agregaba la presentación de un estímulo que no tenía ninguna relación biológica con la respuesta de salivar antes de la ocurrencia de la comida, por ejemplo, el sonido de un diapasón o de una campana (ningún animal secreta saliva de manera refleja cuando oye un sonido). Este estímulo se presentaba antes de la comida y se superponía un tiempo a la presentación del alimento, si no se presentaba el sonido, no se entregaba la comida. De este modo, la entrega de la comida se volvía *condicional* a la ocurrencia del tono. El sonido —o cualquier otro estímulo que desempeñara un papel equivalente— recibió el nombre de estímulo condicional (EC).

Pavlov observó que después de repetidas presentaciones de la relación sonido-comida, el perro comenzaba a salivar tan pronto se presentaba el sonido, antes de la entrega de la comida. A esta respuesta salival *anticipatoria* a la comida se le llamó respuesta o reflejo condicional, y constituía un caso de aprendizaje. El perro había aprendido a salivar ante un estímulo que precedía la entrega de comida. El sonido se había vuelto *señal* de la comida, y la respuesta salival anticipada *preparaba* o *facilitaba* la respuesta alimentaria.

Los procedimientos y casos de aprendizaje desarrollados por Thorndike y Pavlov fueron considerados los paradigmas de dos maneras de aprender, aparentemente distintas. A partir de estos dos paradigmas se desarrollaron las llamadas teorías del aprendizaje (Hilgard y Bower, 1973). Las teorías basadas en el procedimiento de condicionamiento pavloviano o clásico subrayaron la importancia de la contigüidad o proximidad de los eventos como condición necesaria y suficiente para el aprendizaje, fueran estos eventos dos estímulos, o un estímulo y una respuesta. Las teorías basadas en el procedimiento de aprendizaje por ensayo y error —posteriormente llamado condicionamiento instrumental u operante—, subrayaron la importancia de las consecuencias de la conducta, identificadas genéricamente por el término de reforzamiento, y en ocasiones por los de recompensa y castigo.

Aunque algunas propuestas teóricas, como la de Skinner, consideraron que ambos tipos de procedimientos eran importantes, la mayor parte de las teorías trataron de explicar uno de los dos procedimientos en términos de otro. Así, por ejemplo, se propuso que el condicionamiento instrumental no era más que una sucesión de respuestas condicionadas clásicamente por contigüidad, mientras que otra propuesta fue que el condicionamiento clásico era solamente un artefacto observable en el laboratorio, pues en realidad toda la conducta era regulada por sus efectos o consecuencias.

Un común denominador de las teorías del aprendizaje que así surgieron fue la confusión de los procedimientos empleados para estudiar el aprendizaje con los procesos que daban cuenta del mismo. Las diversas aproximaciones teóricas establecieron criterios diferentes para identificar cuándo había ocurrido el aprendizaje, es decir, cuándo el animal (o el humano en aquellos estudios con aprendizaje verbal) había realizado las conductas requeridas para cumplir con un resultado o un logro. Tales resultados incluían, por ejemplo, salivar con determinada magnitud y anticipación antes de presentar la comida; el tiempo y el número de ensayos requeridos para abrir la caja de truco; y comer el alimento, el número de errores y la velocidad de la conducta de correr un laberinto y entrar en el brazo en el que se encontraba el alimento, o bien la frecuencia y el patrón con que se oprime una palanca o se pica una tecla para producir la entrega de alimento.

Las diversas teorías confundieron a las variables y criterios que empleaban en sus procedimientos, con lo que se aprendía como estado terminal de un proceso paralelo o isomórfico al procedimiento. Así, muchos investigadores del aprendizaje supusieron que

cuando se empleaba un procedimiento de condicionamiento clásico el proceso subyacente de aprendizaje era distinto al que tenía lugar cuando se empleaba un procedimiento de condicionamiento operante o instrumental (Kimble, 1985).

De este modo, se pensaba que el condicionamiento clásico y operante no eran solamente dos procedimientos distintos, sino que eran dos procesos diferentes de aprendizaje, con lo que se cometió uno de los errores conceptuales señalados anteriormente: confundir al criterio de logro con un proceso subyacente que permite que se realice un desempeño que cumple con dicho logro. Los errores conceptuales de las teorías del aprendizaje no se limitaron solamente a esta confusión entre procedimiento y proceso, sino que también plantearon que lo que se aprendía como resultado era distinto e iba más allá de lo que se medía en el procedimiento: lo que se aprendía de una manera u otra transformaba o modificaba al propio organismo como un cambio interno. Así, por ejemplo, dado que en el condicionamiento clásico se presentaban dos estímulos asociados, se supuso que el organismo aprendía “asociaciones” entre estímulos, o que como en el condicionamiento operante un “reforzador” sigue a un determinado criterio de conducta, se pensaba que el aprendizaje se limitaba a la relación entre la forma de la respuesta que producía el reforzador y las características de dicho estímulo. En estos ejemplos, se atribuyó al organismo el aprendizaje de las operaciones que estipulaba como criterio el investigador.

El análisis histórico de cómo surgieron y se emplearon los conceptos científicos —en este caso, el concepto de “aprendizaje” y todos los términos que cada teoría estructura en relación con él—, constituye una herramienta de inigualable valor para dilucidar muchos de los problemas teóricos y de investigación que se plantean en una u otra disciplina. En cuanto a la psicología, este análisis es de especial relevancia dado el nivel de confusión conceptual que existe. Una porción considerable de los problemas sometidos a investigación experimental no pueden ser resueltos por esta vía, por constituir problemas mal planteados. Un problema mal planteado no tiene solución, y el papel principal del análisis histórico-conceptual es auspiciar un examen cuidadoso de los términos y su uso, a fin de evitar errores conceptuales en el planteamiento de los problemas científicos.

José E. Burgos Triano*

Evolución y herencia genética

INTRODUCCIÓN

¿Es la inteligencia innata o adquirida? Los grandes músicos, ¿nacen o se hacen? ¿Es la conducta criminal determinada por lo genético o por lo ambiental? ¿Son los llamados ‘trastornos mentales’ heredados? ¿Qué significa que ‘el arte se lleva en la sangre’? Estas preguntas y otras del mismo tenor plantean el problema de las distinciones entre lo heredado y lo aprendido, *natura* y *nurtura*, lo innato y lo adquirido. El objetivo principal del presente capítulo y el siguiente, es examinar críticamente estas distinciones e intentar formularlas de manera más clara y precisa, desde la perspectiva de la ciencia actual.

Tal objetivo surge del hecho de que en muchas discusiones (tanto cotidianas como académicas), esas y otras distinciones tienden a ser planteadas de manera ambigua. Ello se debe a que en esas distinciones (y en muchas otras) se suele usar los términos (las palabras o vocablos) con ligereza, sin preguntarse hasta qué punto tal uso es consistente. Usar un mismo término en diferentes sentidos, sin declararlos explícitamente, es la forma más segura de incomunicación y, por tanto, de desacuerdo. Por supuesto, este problema no es exclusivo de la distinción entre lo heredado y lo adquirido, encontrándose frecuentemente en muchas otras distinciones. El problema es particularmente agudo en la Psicología, respecto a términos como ‘mente’, ‘personalidad’, ‘inteligencia’, ‘motivación’, ‘emoción’, ‘percepción’, ‘conducta’, ‘actitud’, y ‘cognición’, entre muchos otros.

Aclarar los significados de las palabras que se usan resulta imprescindible para llegar a acuerdos intersubjetivos sobre cualquier tema. Ciertamente, el peligro de estancarse en tal reflexión es muy real, por lo cual es preciso estar siempre en guardia al respecto.

* Agradezco a Felipe Cabrera González, Gerardo Ortiz Rueda, María Antonia Padilla Vargas, François Tonneau y Carlos Torres Ceja por sus comentarios a versiones previas de este capítulo.

Obviamente, no se trata de vivir reflexionando acerca de las palabras y sus significados. La idea, más bien, es invertir un esfuerzo y tiempo *razonables* en aclarar a qué se hace referencia con ciertas palabras, antes de utilizarlas para emitir cualquier juicio o hacer cualquier afirmación. Después de todo, las palabras son, por así decirlo, la 'materia prima' del lenguaje. Lo que se exponga será tan claro y preciso como los significados de las palabras que se utilicen. Si éstas se usan de manera oscura e imprecisa, lo que se diga y la comunicación resultante serán igualmente oscuras e imprecisas, lo cual resultará en profundos desacuerdos.

Estas consideraciones se aplican a las distinciones entre herencia y aprendizaje, lo innato y lo adquirido, lo genético y lo ambiental. Tales distinciones causan perplejidad en gran parte porque las palabras que las constituyen poseen múltiples significados. En este capítulo se utilizarán los significados *científicos*, con el fin de demarcar o *delimitar conceptualmente* las distinciones en cuestión. No se pretende que estos sean los únicos significados aceptables. Más bien, son los significados más precisos y claros disponibles. Por supuesto, el lenguaje científico no garantiza nada, ya que no es totalmente inmune a la ambigüedad. Sin embargo, los científicos tienden a preocuparse mucho más por el significado de sus palabras que el individuo no especializado, lo cual ha resultado en un vocabulario considerablemente más preciso que el del lenguaje cotidiano. Una vez armados con conceptos más precisos, estaremos en condiciones de formular más claramente las distinciones en cuestión y, en esa medida, responder el tipo de preguntas planteadas al inicio.

Desde una perspectiva científica, tales distinciones se relacionan íntimamente con dos hechos. Primero, las especies actuales (incluida *Homo sapiens sapiens*) son el resultado de un *proceso de evolución*, el cual es descrito y explicado en términos de la *teoría de la evolución por selección* y la *teoría de la herencia genética*. Estas dos teorías serán el tema del presente capítulo. Segundo, en aquellas especies en las cuales tiene sentido hablar de aprendizaje y conducta, existe una relación íntima entre estos fenómenos y el *sistema nervioso* de los organismos. Este hecho será el tema del capítulo 3.

LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN

Esta teoría fue ideada de modo simultáneo e independiente por Charles R. Darwin (1809-1882) y Alfred R. Wallace (1823-1913). La versión más conocida proviene del famoso libro de Darwin, *El origen de las especies por medio de la selección natural* (1859), y es la que se examinará aquí.

La contribución principal de Darwin no fue la idea de la evolución, puesto que esta idea ya era conocida en su tiempo. Su contribución fue la idea de la *selección natural* como el *mecanismo* de la evolución. Aquí es muy importante entender que los términos 'evolución' y 'selección' denotan conceptos muy diferentes, aunque íntimamente ligados en la teoría darwiniana. Más adelante se aborda el significado del término 'evolución' en la teoría darwiniana. Por el momento basta con decir que, en contra del uso cotidiano, este término *no* debe interpretarse en esta teoría para referirse a un progreso inexorable de algo primitivo a algo avanzado. Aquí se refiere, más bien, al hecho de que las especies *cambian* en el tiempo, independientemente de que los cambios vayan en

dirección hacia algo 'superior' (lo que sea que este término signifique). La selección fue una *explicación* de ese hecho. Una vez aceptada la evolución como un hecho, Darwin se preguntó *cómo* pudo haber ocurrido.

Su respuesta fue extremadamente poderosa y simple, basándose en una analogía con los criadores de aves de su época. En efecto, la estrategia básica del criador (ya sea de aves, perros, caballos o gatos) es *seleccionar*, a partir de un grupo de especímenes en cautiverio, aquellos que posean ciertos *rasgos* de interés (cierto color, pelaje, forma, tamaño, etc.), con el objeto de que se *reproduzcan* (es decir, para que se *apareen* y tengan *descendencia*). Los especímenes que no posean dichos rasgos mueren sin reproducirse. La aplicación de este procedimiento por varias *generaciones* (poblaciones sucesivas de *progenitores* y *descendientes*) resulta en una *cepa* o *raza* de especímenes que, en su mayoría, poseen los rasgos de interés.¹

En la actualidad, el conjunto de todos los rasgos de un organismo (excepto su 'carga genética'; véase más adelante), tanto *estructurales* (tamaño, forma, el número de extremidades, color de piel, pelo, ojos, tipos de órganos, sistemas, células, tejidos y proteínas) como *funcionales* (el *funcionamiento* de sus distintos sistemas, órganos y células), se denomina técnicamente '*fenotipo*'. En particular, la *actividad* o *movimiento*, como un aspecto del funcionamiento del *sistema nervioso* de un organismo, también forma parte de su fenotipo, idea que será el tema del capítulo 3.

El procedimiento de selección no depende sólo de que los especímenes posean o no ciertos rasgos. Aunque la presencia de tales rasgos es necesaria, no es suficiente. También es necesaria la acción selectiva del criador. El que los especímenes se reproduzcan o no, entonces, depende *tanto* de sus rasgos fenotípicos *como* de las acciones del criador. Si un espécimen no posee los rasgos de interés, entonces no será seleccionado para reproducirse. De igual modo, si el criador no actúa, si no realiza la selección, tampoco habrá reproducción. Y puesto que las acciones del criador son *externas* a los especímenes, es posible afirmar que aquéllas forman parte del *ambiente* de éstos. Entonces, la selección artificial depende de una cierta *relación* entre un organismo que posee ciertos rasgos y su ambiente.

La idea revolucionaria de Darwin fue suponer que en la naturaleza ocurría algo similar, con tres diferencias principales. Primero, bajo el concepto de selección natural, el ambiente no incluye la intervención humana, por lo cual no puede decirse que aquélla

¹ Es importante distinguir entre razas y *especies*, aunque no es posible hacerlo de manera unívoca, ya que no hay un concepto universalmente aceptado de especie en biología. El concepto más conocido se basa en la idea de que una especie es una población de individuos muy semejantes entre sí en ciertos *rasgos* o *características* consideradas como propias (*específicas*) de esa población. Según otro concepto ampliamente aceptado, propuesto explícitamente a principios del decenio de 1940-49 por el ornitólogo alemán Ernst Mayr (y anticipado por Darwin), una especie *animal* es una *población o comunidad de individuos reproductivamente aislados*, es decir, individuos que tienden a reproducirse *sólo* entre ellos. Bajo este concepto, resulta extremadamente difícil obtener *especies nuevas de animales multicelulares* a través de la selección artificial por parte de criadores individuales, puesto que ello requeriría de condiciones ambientales muy particulares mantenidas por tiempos muy prolongados (mucho más prolongados de lo que cualquier criador individual podría sobrevivir). Ni siquiera unas cuantas generaciones de criadores bastarían para obtener una nueva especie. Se requerirían por lo menos varios miles de años para obtener una nueva especie de animales multicelulares.

tiene propósito, objetivo o intención alguna, al menos en el sentido cotidiano de estos términos. Por ello se dice, metafóricamente, que la selección natural es 'ciega' o 'no dirigida'. Segundo, los intervalos de tiempo durante los cuales ha transcurrido la evolución por selección natural son formidablemente más prolongados (millones de años) que aquellos durante los cuales ha transcurrido la selección artificial (unos 10 000 años que, según se ha estimado, abarcan la historia de la selección a través de la domesticación y la crianza por parte de miembros de la especie humana, la cual ha resultado en nuevas especies de animales multicelulares; ver Nota 1). Asimismo, la selección natural supuestamente ha ocurrido en áreas geográficas mucho más extensas que las que se observan en la selección artificial. Tercero, el ambiente en la selección natural es mucho más complejo y diverso que en la selección artificial, y el número de individuos involucrados es considerablemente mayor.

Según la teoría de Darwin, entonces, la evolución de las especies salvajes ha ocurrido gracias a la selección natural. Ahora bien, para que la selección como tal sea posible, deben cumplirse por lo menos dos condiciones, a saber, *variación* y *reproducción diferencial*.

VARIACIÓN

La variación se refiere a la presencia de *diferencias fenotípicas* entre los individuos que constituyen una población particular. Considérese, por ejemplo, a un criador interesado en obtener una cepa inexistente de perros con ojos violeta, pelo lacio y orejas caídas. Sólo aquellos machos y hembras que posean tales rasgos (o, más frecuentemente, rasgos que se aproximen a los deseados) serán seleccionados para que se reproduzcan. Esto supone, de entrada, que ciertos especímenes se aproximan *más* que otros a los rasgos deseados. Si no existieran tales diferencias, el criador no podría aplicar su criterio de selección y, por tanto, no podría seleccionar espécimen alguno sobre la base de dichos rasgos. De esta manera, la variación es la *materia prima*, la *condición inicial necesaria* para la selección. Es decir, sin variación en la manera en la cual ocurren ciertos rasgos en una población de individuos es imposible que haya selección artificial que dependa de tales rasgos. Lo mismo se aplica a la selección natural, salvando las diferencias antes mencionadas.

El concepto de variación, entonces, posee un carácter *poblacional*, en el sentido de que se refiere a *grupos* de individuos.² La estadística proporciona herramientas para describir cuantitativamente el grado de variación de un cierto rasgo en cualquier grupo, muestra o población de interés. Hay varias medidas estadísticas de variación que no viene al caso discutir aquí (al respecto, se recomienda al lector que examine los primeros capítulos de cualquier texto introductorio de estadística). La idea central es que el concepto de variación es crucial para la teoría de la evolución por selección y que se refiere a la manera en la cual ciertos rasgos varían en una *población* particular de interés.

Por ejemplo, supóngase que se está interesado en determinar cómo el rasgo fenotípico llamado 'estatura' varía en un grupo de cinco individuos (p. ej., perros).

² También se puede hablar de variación *intraindividual*, es decir, de las diferencias observadas en un mismo individuo a lo largo del tiempo. Sin embargo, el concepto en la teoría darwiniana se refiere a diferencias observadas *entre* individuos.

Para ello, se debe medir la estatura de cada individuo. Supóngase que se obtiene lo siguiente:

Individuo	Estatura (cm)
A	60
B	75
C	40
D	85
E	100

A simple vista se observa que los especímenes tienen diferentes estaturas, sobre la base de lo cual es posible afirmar que este rasgo fenotípico varía en esa población. Supóngase ahora que se mide la estatura de otros cinco individuos, con los siguientes resultados:

Individuo	Estatura (cm)
F	55
G	57
H	60
I	59
J	61

En este grupo, la estatura también varía, aunque en menor grado que en el primero grupo.³

Supóngase ahora que se juntan estos dos grupos en uno solo y que un criador desea obtener, a partir del grupo resultante, especímenes de baja estatura. Para ello, el procedimiento típico consistiría en esperar hasta la época de celo, seleccionar el macho y la hembra de menor estatura, y colocarlos en un mismo habitáculo para que se apareen. Esto podrá realizarse en la medida en que haya diferencias observables en la estatura de los especímenes disponibles. En el caso extremo de ausencia total de variación, *todos* los individuos del grupo tendrían *exactamente la misma estatura*, lo cual haría imposible la aplicación del criterio de selección de 'ser el más bajo', ya que no habría individuos más bajos que otros. Quizá haya variación en *otros* rasgos, lo que permitiría, al menos en principio, una selección basada en cualquiera de ellos. Una selección basada en un rasgo cualquiera sería imposible si *todos* los individuos disponibles fueran idénticos en *todos* sus rasgos. Sin embargo, por razones que se examinarán después, ésta es una situación prácticamente imposible de obtener, sobre todo en la naturaleza. Es razonable suponer, entonces, que siempre habrá alguna variación, por muy pequeña que sea, disponible para la selección. En el caso de la selección artificial, claro está, las diferencias deben ser observables por el criador, o de lo contrario, éste será incapaz de llevar a cabo su trabajo.

³ El lector que conozca de estadística elemental podrá comprobar que la desviación estándar en el primer grupo es sustancialmente mayor que en el segundo.

Si los dos individuos seleccionados se reproducen exitosamente, el criador obtendrá un nuevo grupo de individuos y aplicará nuevamente el procedimiento. Y así sucesivamente por varias generaciones, hasta que se obtenga un grupo de individuos que satisfaga las expectativas del criador. En cada generación, debe haber diferencias observables (por muy pequeñas que sean) en la estatura de los individuos disponibles. De lo contrario, el criador no podrá seleccionar especímenes según sus estaturas. La misma idea vale para la selección natural, con las salvedades antes mencionadas. Para que cualquier condición o característica ambiental en la naturaleza logre desempeñar algún papel selectivo respecto a cualquier rasgo fenotípico, éste debe variar en alguna medida entre los individuos que lo poseen. De lo contrario, no habrá selección natural que dependa de ese rasgo.

La variación, entonces, es necesaria (aunque no suficiente, como se verá más adelante) para que ocurra la selección, sea natural o artificial. No obstante, es bien sabido por los criadores que la aplicación repetida del procedimiento de selección a lo largo de varias generaciones tiende a reducir las diferencias individuales de una generación a otra, sobre todo en aquellos rasgos que fueron utilizados como criterios de selección. En efecto, si bien el punto de partida del criador es un grupo de especímenes que muestran diferencias notables en los rasgos de interés, la aplicación del procedimiento de selección por varias generaciones tiende a resultar en un grupo de individuos fenotípicamente *más semejantes* entre sí de lo que lo eran los individuos del grupo inicial, especialmente en aquellos rasgos.

En la naturaleza también se observa que los miembros de una *misma especie* tienden a ser semejantes entre sí. Tanto, que la semejanza fenotípica es un criterio aún muy utilizado para decidir si dos especímenes son miembros de una misma especie o de diferentes (véase Nota 1). Por analogía con lo que se observa en la crianza artificial, la teoría darwiniana supone que las semejanzas observadas entre los miembros de cualquier especie actual son el resultado de la ocurrencia repetida de la selección natural a lo largo de millones de años en grupos de millones de individuos.

La teoría entonces supone que dicha ocurrencia a lo largo de cientos de miles generaciones ha reducido la variación disponible para la selección.⁴ Para entender la razón de esta reducción, se debe examinar la segunda condición necesaria para que la selección sea posible, a saber, *la reproducción diferencial*.

REPRODUCCIÓN DIFERENCIAL

En el ejemplo anterior, el criterio de selección era tal que mientras menor fuera la estatura de un espécimen, mayor era la *probabilidad* de que fuera seleccionado por el criador para su reproducción. Esto conduce a la segunda condición para que pueda haber selección, a saber, *la reproducción diferencial*. Para que la selección sea posible, la probabilidad de

⁴ Aquí surgen dos implicaciones que merecen ser mencionadas. Primero, la teoría debe suponer que las diferencias fenotípicas entre individuos que vivieron hace millones de años fueron considerablemente mayores que las que se observan entre individuos actuales. Esta implicación ha sido apoyada por evidencia basada en *fósiles*. Segundo, asumir que siempre habrá alguna variación disponible para la selección obliga a pensar que una reducción en la variación debida a la selección debe tener un límite mayor que cero. Entonces, aun cuando se supone que la selección reduce la variación, también se supone que tal reducción no es total.

reproducción de aquellos individuos que posean los rasgos relevantes debe ser mayor que la de aquellos que no los posean (o los posean en menor grado). Ello significa que si la selección depende de ciertos rasgos fenotípicos, entonces aquellos individuos que los posean tenderán a reproducirse *más frecuentemente* que quienes carezcan de ellos.

El concepto de reproducción diferencial alude no sólo a la presencia de rasgos fenotípicos que aumentan la probabilidad de reproducción, sino también a la presencia de aquellos que la disminuyen. Los individuos que posean los últimos rasgos se reproducirán *menos* frecuentemente que los demás.

En la selección artificial, la reproducción diferencial viene dada por el objetivo mismo de la crianza. Al estipular que se reproducirán sólo aquellos especímenes que posean tales o cuales rasgos en mayor (o menor) grado, el criador aumenta su probabilidad de reproducción. En la naturaleza, los factores de los cuales depende que dos organismos salvajes logren aparearse y reproducirse son numerosos y muy diversos. En general, cualquier factor que afecte (ya sea positiva o negativamente) la *supervivencia* de un organismo, afectará (en el mismo sentido) sus posibilidades de aparearse. Obviamente, en condiciones naturales, se requiere estar vivo para reproducirse; sin embargo, la supervivencia por sí misma no es suficiente.

Por ejemplo, la reproducción sexual requiere de una cantidad considerable de energía, por lo cual, un organismo debe alimentarse más de lo que necesita mínimamente para sobrevivir. Un organismo, entonces, puede estar vivo pero carecer de la energía necesaria para buscar pareja y aparearse. De esta manera, procurarse suficiente alimento para satisfacer las demandas energéticas de la búsqueda de pareja y del apareamiento sexual es otro requisito para aparearse adecuadamente. Además, un organismo requiere de energía para la búsqueda misma de alimento. Un organismo también necesita protegerse de posibles *depredadores*. Asimismo, existe la posibilidad de que ocurran desastres naturales (sequías, inundaciones, incendios, tormentas eléctricas, derrumbes y terremotos) que un organismo debe ser capaz de sobrevivir si ha de reproducirse con éxito.

En fin, para poder reproducirse exitosamente, los organismos en la naturaleza deben enfrentar numerosos obstáculos impuestos por su ambiente. En situaciones extremas, las condiciones ambientales pueden ser tan drásticas que absolutamente ningún individuo en la población logra reproducirse. Ello resultará en la *extinción* de esa población, es decir, en la muerte de todos sus miembros sin dejar descendencia alguna.

Al postular la reproducción diferencial como condición necesaria para la selección, la teoría darwiniana obliga a considerar la supervivencia sin reproducción como evolutivamente irrelevante.⁵ Es la reproducción *exitosa* lo que en esta teoría hace la diferencia más importante entre organismos *aptos* y organismos *no aptos*. Por ejemplo, un organismo que viva un año y se reproduzca es considerado como evolutivamente más apto que uno que viva cinco años (o 10 o 100) sin reproducirse. De hecho, un organismo que viva cinco años y se reproduzca una vez por año es considerado como más apto que un organismo que viva cinco años y se reproduzca sólo una vez cada tres años. Aun cuando

⁵ Esta afirmación (como muchas que se hacen en los capítulos 2 y 3) tiene sus excepciones. Por ejemplo, un organismo que sobreviva y no se reproduzca, pero que cuide (alimente y proteja) a alguno de sus familiares cercanos (p. ej., un hermano o hermana) aumentará la probabilidad de que éste se reproduzca y, con ello, de que ciertos rasgos que posee en común con sus familiares aparezcan nuevamente en la siguiente generación.

es frecuente asociar la teoría darwiniana con la idea de 'la supervivencia del más apto', esta idea alude al hecho de que la supervivencia es condición *necesaria* para la reproducción exitosa. Sin embargo, tal condición no es suficiente. Incluso, el adjetivo 'apto' en este contexto significa '*reproductivamente exitoso*', no más grande o más fuerte.

Aquellos organismos que logran superar todos los obstáculos impuestos por el ambiente, al punto de reproducirse con éxito, deben poseer *ciertos* rasgos, características o atributos que, en interacción con el medio ambiente, permitieron tal hazaña. Se hace énfasis sobre 'ciertos' dado que es poco probable que la selección dependa del fenotipo *total* de un individuo. El mismo Darwin reconoció esta posibilidad. Por lo general, se supone que la selección (sea natural o artificial) depende sólo de *algunos* rasgos fenotípicos. Así como el criador (como parte del ambiente de los especímenes) determina cuáles rasgos son necesarios para que los especímenes puedan reproducirse, el ambiente en la naturaleza determina (de nuevo, sin intención o propósito consciente alguno) cuáles son los rasgos necesarios para la reproducción exitosa.

En principio, el concepto de reproducción dependiente de una relación entre fenotipo y ambiente se aplica a organismos individuales, por cuanto es el organismo individual el que, en última instancia, se reproduce. Sin embargo, el concepto de *éxito reproductivo* es *comparativo*, como lo son los *usos comparativos* de los conceptos de longitud, duración y velocidad. ¿Es larga o corta una longitud de un metro? ¿Es breve o prolongado el lapso de un año? ¿Es alta o baja una velocidad de 100 km/h? Respuestas a estas preguntas y a otras semejantes dependen de los puntos de comparación o referencia respectivos. Un metro es una longitud muy corta en comparación con la distancia que recorre la luz en un año, pero muy larga en comparación, por ejemplo, con el diámetro de un átomo. Del mismo modo, un intervalo de un año es muy breve en relación con la edad de la Tierra, pero enorme si el punto de referencia es la vida de ciertas partículas subatómicas (algunas de las cuales viven sólo milésimas de segundo). Y una velocidad de 100 km/h es baja ante la velocidad de la luz, pero alta si se le contrasta con la de una persona caminando.

Lo mismo se aplica al concepto de éxito reproductivo. Supóngase que un individuo tiene una descendencia de 10 vástagos. ¿Es reproductivamente exitoso o no? Pues es *más* exitoso que un individuo sin descendencia o con una descendencia de cinco crías, pero *menos* que otro con una descendencia de 20 vástagos. Este carácter comparativo, y el hecho de que en la naturaleza los organismos tienden a vivir y a reproducirse en el contexto de poblaciones, hacen que el concepto de éxito reproductivo, al igual que el de variación, posea un carácter estadístico.

Sobre la base del concepto de éxito reproductivo, Darwin intentó explicar el porqué los miembros de las especies actuales poseen ciertos rasgos fenotípicos. Según su explicación, ello se debe a que esos rasgos incrementaron el éxito reproductivo de sus *ancestros*. Esta explicación, aunada a la suposición de que la selección depende sólo de algunos rasgos fenotípicos, lleva a una distinción entre dos tipos de rasgos, a saber, rasgos que son *adaptativos* y rasgos que son *adaptaciones*.

Un rasgo es considerado como adaptativo si su presencia incrementa el éxito reproductivo de aquellos individuos que lo poseen, independientemente de que haya o no incrementado el de sus ancestros. Un rasgo fenotípico, por su parte, califica como una adaptación si su presencia en ciertos individuos se debe a que incrementó el éxito reproductivo de sus ancestros, independientemente de que sea o no adaptativo para este individuo en particular.

Para que un rasgo observado en un individuo cualquiera califique como una adaptación, debe necesariamente haber sido adaptativo para los ancestros de ese individuo. Es en este sentido que estos dos tipos de rasgos se relacionan íntimamente entre sí. Sin embargo, es posible que un rasgo que haya sido adaptativo para ciertos individuos deje de serlo para sus descendientes, si el ambiente cambia de tal manera que el rasgo en cuestión se torna neutral (o incluso desventajoso) para los segundos. Cuando esto sucede, la presencia de ese rasgo en los descendientes calificará como una adaptación, a pesar de que no sea adaptativo para estos individuos. También es posible que un rasgo que haya sido neutral (es decir, que no haya favorecido ni desfavorecido el éxito reproductivo) para un individuo llegue a ser adaptativo para sus descendientes, si el ambiente cambia de tal manera que el rasgo en cuestión aumenta el éxito reproductivo de los segundos. En esta situación, el rasgo en cuestión no calificará como una adaptación, aun cuando califique como adaptativo.

Una tercera posibilidad es que un rasgo sea adaptativo para ciertos individuos y que el ambiente permanezca lo suficientemente constante como para que también sea adaptativo para sus descendientes. En este caso, el rasgo en cuestión calificará como una adaptación y como adaptativo.⁶ Darwin reconoció estas tres posibilidades, aunque su explicación se concentra principalmente sobre la primera.

La distinción entre ambos tipos de rasgos supone una distinción entre progenitores (o ancestros) y descendientes. Esta distinción, aunada al concepto de reproducción, remite a la condición principal para que la *evolución* por selección sea posible, a saber, el hecho de que los rasgos de los cuales dependa la selección deben ser *heredables*. En términos muy generales, esto significa que la presencia de tales características en los progenitores debe hacer muy probable su presencia en los descendientes. Sólo así un rasgo cualquiera podrá calificar al menos como una adaptación.⁷

Ahora se abordará la segunda parte de esta historia, a saber, los conceptos de herencia y heredabilidad. El resto del capítulo se dedicará a un análisis más detallado de estos dos conceptos desde el punto de vista de lo que actualmente se conoce como '*genética*', la disciplina encargada de estudiar científicamente los aspectos estructurales y funcionales de la transmisión hereditaria.

⁶ Un rasgo puede haber sido adaptativo para los progenitores y seguir siéndolo para los descendientes *por la misma razón o de la misma manera particular*. Sin embargo, un rasgo que ha sido adaptativo para los progenitores por ciertas razones, puede seguir siendo adaptativo para los descendientes, pero por razones *diferentes*. Un rasgo que permanece como adaptativo, pero que cambia en la manera particular en la cual lo es, se denomina '*exaptación*'. Por ejemplo, la evidencia fósil sugiere que las alas de las aves prehistóricas eran demasiado pequeñas en relación con sus cuerpos, lo cual sugiere que estas aves eran incapaces de volar. Sin embargo, poseían plumas. Se cree entonces que el plumaje de esas aves fue adaptativo por razones inicialmente ligadas a la termorregulación pero que, con la disminución del tamaño corporal (y el aumento del tamaño de las alas), se fue haciendo paulatinamente adaptativa en la manera más familiar para nosotros actualmente (relacionada con la posibilidad de volar). Igualmente, se cree que la anatomía particular de la lengua y garganta humanas fue inicialmente adaptativa por razones relacionadas con una mayor eficiencia en la deglución de alimentos y en la respiración, pero que a la larga se hizo adaptativa para permitir un lenguaje articulado.

⁷ Darwin también reconoció que un rasgo puede haber sido neutral para un individuo y permanecer como tal para sus descendientes. Esta posibilidad surge del hecho de que ciertos rasgos van

HERENCIA Y HEREDABILIDAD

Como la gran mayoría de los términos, 'herencia' y 'heredable' son términos que poseen múltiples significados. Por ejemplo, algunas veces se dice que una persona 'heredó una fortuna de su padre', con lo cual se quiere decir que dicha persona ha recibido, en virtud de cierto tipo de documento (un testamento), ciertos bienes que solían pertenecer a su padre fallecido. Más relacionado con el significado que aquí se desarrolla, se dice que alguien heredó 'los ojos del padre', 'la nariz de la madre' o 'la boca del abuelo', o quizá la 'honestidad del padre' o 'la inteligencia de la madre'. Un objetivo específico de este capítulo es aclarar estos y otros usos relacionados. Sin embargo, tales usos ya contienen un primer elemento definitorio del concepto científico de herencia, a saber, una relación de *semejanza fenotípica* entre progenitores y descendientes.

En efecto, cuando en biología se dice que cierto individuo ha heredado tales o cuales rasgos de sus progenitores, se quiere decir, antes que nada, que el primero se *asemeja* a los segundos en esos rasgos. Bajo este primer aspecto del concepto de herencia, entonces, resulta perfectamente legítimo decir que una persona 'heredó la honestidad de su padre', pero sólo en el sentido de que ciertos comportamientos identificados con 'ser honesto' (p. ej., decir la verdad, no robar, etc.) y que han sido observados en el padre, *también* son observados en el hijo. Igualmente, cuando se dice que una persona 'heredó la inteligencia de su madre' se afirma, antes que nada, que dicha persona ejecuta cierto tipo de comportamiento al que se identifica como 'inteligentes' (p. ej., resolver ciertos problemas de manera eficaz y eficiente; véase el capítulo 8) y que también han sido observados en la madre.

Al decir que algunos individuos *han* heredado ciertos rasgos de sus progenitores, se habla de *ocurrencias concretas*. Cuando tales ocurrencias se observan de manera regular a lo largo de varias generaciones y en la mayoría de los miembros de una especie, se habla de *tendencias*, lo cual conduce al concepto de *heredabilidad*. Se dice, entonces, que un rasgo fenotípico es heredable si (y sólo si) se ha observado que los miembros de una cierta especie *tienden* a parecerse a sus progenitores en ese rasgo, *a lo largo de varias generaciones*. La heredabilidad pues, es un concepto tanto disposicional (por cuanto se refiere a tendencias) como poblacional (dado que alude a poblaciones sucesivas de individuos). Esto significa que el hecho de que un cierto rasgo haya sido heredado no necesariamente significa que sea heredable. Para decir que un rasgo es 'heredable' debe haber sido observado con cierta regularidad a lo largo de varias generaciones y en la mayoría de los miembros de la especie de interés.

El concepto general de heredabilidad permite explicar la reducción de la variación fenotípica como resultado de la selección. Si el éxito reproductivo depende de ciertos

siempre juntos (es decir, están altamente *correlacionados* entre sí), de tal manera que la presencia de uno necesariamente involucra la presencia de los otros (Darwin estaba al tanto de este fenómeno, aunque nunca pudo explicarlo satisfactoriamente). Si la selección a lo largo de varias generaciones depende sólo de algunos de esos rasgos, si todos ellos son heredables y, además, si el ambiente permanece relativamente constante, entonces todos los rasgos aparecerán en los descendientes, pero sólo aquellos que favorecieron el éxito reproductivo de los ancestros calificarán como adaptaciones (y, supuestamente, como adaptativos, en la medida en que también favorezcan el éxito reproductivo de los descendientes mismos). Los otros rasgos no calificarán ni como adaptaciones ni como adaptativos.

rasgos y éstos son heredables, entonces la selección a lo largo de varias generaciones con el tiempo resultará en una población de individuos que poseen esos rasgos (además, por supuesto, de cualesquiera rasgos que estén altamente correlacionados con tales adaptaciones; véase Nota 7). Aquellos rasgos que sean desventajosos para la reproducción y que también sean heredables, tenderán a desaparecer. El resultado neto es una reducción en la variación fenotípica. Tómese de nuevo el ejemplo antes mencionado del criador que selecciona los especímenes de menor estatura. Si en la población inicial se observa una variación sustancial en la altura de los individuos, si el criador selecciona sólo los especímenes más bajos y, además, si la altura es un rasgo heredable, luego de varias generaciones el criador obtendrá una cepa de organismos que, en su *mayoría*, serán bajos.

La semejanza fenotípica es necesaria pero no suficiente para definir adecuadamente el concepto de herencia. Los hermanos gemelos son muy parecidos entre sí pero no por eso uno 'heredó' los rasgos del otro; más bien, se considera que ambos heredaron sus rasgos de sus progenitores. Es necesario también especificar el *mecanismo* gracias al cual un organismo tiende a parecerse a sus progenitores. Un aspecto crítico de ese mecanismo tiene que ver con la *transmisión de cierto material* de progenitores a descendientes, vía la reproducción.

Darwin estaba tan convencido de la necesidad de una teoría de la herencia por reproducción que propuso su propia teoría denominándola '*pangenesia*'. Según esta teoría, todos los rasgos fenotípicos de un organismo están de alguna manera 'codificados' o 'representados' en partículas diminutas llamadas '*gémulas*'. Las gémulas supuestamente se encuentran repartidas por todo el cuerpo del organismo y pueden ser modificadas por la interacción de éste con su ambiente. Tales modificaciones resultan en rasgos *adquiridos* por el organismo a lo largo de su vida. Las gémulas migran de las distintas partes del cuerpo hacia las células sexuales o *gametos*, desde donde son transmitidas a los descendientes en el momento de la reproducción. Así, las modificaciones sufridas por las gémulas, como resultado de la interacción del organismo con su ambiente, son literalmente *transmitidas* a sus descendientes.

Las tres condiciones para que ocurra la evolución por selección natural (variación, reproducción diferencial y herencia) constituyen el núcleo de la teoría darwiniana, el cual Darwin resumió en la frase '*descendencia con modificación*'. Vista de esta forma, la evolución consiste en *cambios* ocurridos en rasgos fenotípicos heredables, como resultado de la selección a lo largo de múltiples generaciones de organismos. Una implicación de esto es que las especies actuales (incluido el humano) descienden de especies ancestrales, muchas de ellas ya extintas. Así, la teoría darwiniana admite la posibilidad de que miembros de distintas especies actuales posean *ancestros comunes* y, en esa medida, compartan una porción sustancial de sus historias evolutivas. Ello permite explicar ciertas *semejanzas biológicas* que se observan entre los miembros de distintas especies actuales. Tales semejanzas proveen una base para generalizar ciertas observaciones realizadas en los miembros de ciertas especies a los miembros de especies diferentes.⁸

⁸ Ésta es la base principal sobre la cual resultados de experimentos realizados con organismos no humanos son generalizados a humanos. Por supuesto, existen diferencias importantes entre miembros de diferentes especies, por lo cual este tipo de generalización debe hacerse con mucho cuidado. Las generalizaciones deben estar justificadas en términos de *semejanzas relevantes bien establecidas*. De lo contrario, se cometerán errores que pueden resultar dañinos y hasta fatales para los seres humanos, especialmente cuando se trata de probar nuevas sustancias con fines médicos.

Es muy importante aclarar el sentido preciso del término 'evolución' en este contexto, por cuanto su uso común puede llevar a interpretaciones erróneas. En efecto, se tiende a usar este término cotidianamente para referirse a cualquier proceso que involucre una mejora, un progreso, un cambio de peor a mejor. Sin embargo, este no es el sentido del término en la teoría de la evolución, aunque ciertamente dicho sentido admite la posibilidad de progreso. Bajo esta teoría, "evolución" significa, antes que nada, *cambio*, independientemente de su dirección particular. Lo que cambia son rasgos fenotípicos heredables, como resultado de la selección.

En la biología actual se considera que la idea de la selección natural como el mecanismo de la evolución es fundamentalmente correcta (aunque todavía se encuentra bajo elaboración y aclaración). No puede decirse lo mismo de la teoría de la pangenesis, aunque se debe reconocer que iba en la dirección correcta respecto a la idea de que los rasgos de un organismo están de alguna manera 'codificados' o 'representados' en cierto tipo de 'partículas'. Ese concepto es la base de la teoría genética.

LA TEORÍA GENÉTICA (I): LA TEORÍA MENDELIANA

Paradójicamente, las bases de esta teoría fueron sentadas por un sacerdote agustino contemporáneo de Darwin, llamado Gregor Mendel (1822-1884), nacido en lo que actualmente se conoce como Checoslovaquia. Darwin, así como la mayoría de los biólogos de su época, desconocía el trabajo de Mendel, el cual había sido publicado en 1865 (apenas seis años después de *El origen de las especies*), en una revista poco conocida de historia natural. De hecho, las profundas implicaciones de este artículo no fueron reconocidas sino hasta 1900, cuando fue redescubierto, reinterpretado y extendido por Hugo de Vries, Carl Correns y Erik von Tschermak.

Mendel realizó experimentos de *fertilización artificial* con la planta del guisante de jardín (*Pisum sativum*) durante más de 15 años. En estos experimentos, Mendel cruzaba sistemáticamente especímenes de plantas para determinar cuáles de sus rasgos se transmitían de una generación a otra y en qué medida. En este sentido, Mendel jugó al criador de plantas, con el objeto de estudiar las características mismas de la herencia. Los detalles de estos experimentos son muy numerosos como para examinarlos todos aquí. Más bien, se resumen los resultados principales y el tipo de controles experimentales realizados.

Mendel intentaba responder dos preguntas básicas: 1) ¿cuántos tipos diferentes de *descendientes* resultaban de cruzar dos tipos diferentes de plantas? 2) ¿cuántas instancias de cada tipo se producían? Para responder estas preguntas cabalmente, los especímenes debían cumplir ciertas condiciones de *simplicidad fenotípica*, lo cual representó un aspecto clave de estos experimentos.⁹ El uso de plantas en lugar de animales es parte de la simplificación, ya que las plantas tienden a ser considerablemente más

⁹ De hecho, esta es la piedra angular de la experimentación como forma de conocimiento, ya sea en física, biología o psicología. Experimentar significa, antes que nada, *simplificar*. La realidad, tal y como se nos presenta en la naturaleza, es extremadamente compleja. Un aspecto de lo que se conoce como la 'actitud científica' consiste, precisamente, en reconocer ese hecho. Tal comple-

simples que los animales. Mendel utilizó la planta del guisante de jardín porque cumplía con estas condiciones. En particular, el fenotipo de los especímenes debía consistir de unos pocos rasgos que fueran *mutuamente excluyentes* (es decir, que no pudieran aparecer simultáneamente *en un mismo espécimen*), *claramente distinguibles a simple vista*, y *relativamente estables de una generación a otra*.

Mendel estudió siete *variables*, cada una con sólo dos *valores* (o *instancias* o *realizaciones*) *posibles*. Una variable puede ser vista como un rasgo *genérico*, mientras que un valor puede ser visto como una *forma posible* de ese rasgo. Entre las variables se encontraban la longitud del tallo, la textura y color de las semillas, y el color de las flores. Cada una de estas variables podía adquirir dos formas posibles. Así, los tallos podían ser largos o cortos, las semillas rugosas o lisas, amarillas o verdes, y las flores blancas o púrpura.

Una forma posible de cada variable podía coincidir en un mismo espécimen (p. ej., tener el tallo alto, la flor púrpura, y las semillas lisas y amarillas). Por el contrario, es imposible que formas diferentes de *una misma variable* coincidan *en un mismo espécimen*. Una misma planta, entonces, *no* puede tener el tallo largo y corto a la vez, ni la flor blanca y púrpura a la vez, ni las semillas lisas y rugosas a la vez. El tallo de una planta es *o* largo *o* corto, su flor es *o* blanca *o* púrpura, sus semillas son *o* lisas *o* rugosas.

Otro aspecto importante de estos experimentos es la distinción entre *interfertilización* e *intrafertilización*. En la *interfertilización* se cruzan los gametos masculino y femenino provenientes de especímenes *diferentes*, mientras que en la *intrafertilización* se cruzan los gametos masculinos y femeninos provenientes del *mismo* espécimen. La idea de que un mismo espécimen pueda contener tanto gametos masculinos como femeninos puede parecer extraña, pero es común en las plantas.

En su experimento básico, Mendel estudió la herencia de cada par de formas diferentes de cada rasgo genérico, interfertilizando plantas que mostraban formas diferentes *del mismo rasgo genérico*. Para ello, utilizó, como condiciones iniciales, poblaciones *puras* de plantas, es decir, plantas que al ser *intrafertilizadas* tuvieran solamente descendientes con el rasgo de interés (p. ej., plantas que tuvieran el tallo largo y produjeran *sólo* descendientes con tallo largo). Así, el experimento comenzó con poblaciones puras de plantas para cada forma posible de cada rasgo (p. ej., una población de plantas puramente de tallo largo, una población de plantas puramente de tallo corto, etc.).

Luego, Mendel interfertilizó plantas que diferían *sólo* en la longitud del tallo (plantas de tallo largo con otras de tallo corto). En otra condición, interfertilizó plantas que diferían *sólo* en el color de la flor (plantas de flor blanca con otras de flor púrpura), y así sucesivamente. A través de este tipo de manipulación, Mendel observó que consistentemente una de las dos formas era *dominante*, mientras que la otra era *recesiva*. Por ejemplo, observó que si interfertilizaba una planta de tallo largo con una de tallo corto, *todas* las plantas descendientes de las dos originales tenían el tallo largo. Sobre esta

alidad dificulta mucho la tarea de determinar exactamente cuáles fenómenos, procesos, eventos u objetos están relacionados entre sí y cómo. Una contribución importante de Mendel (tan importante como sus descubrimientos) fue demostrar que la herencia podía ser estudiada de manera experimental. El presente libro se basa sobre la idea de que el aprendizaje y la conducta también pueden (y deben) ser estudiados de manera experimental. Otra contribución importante de Mendel fue la adopción de una aproximación *cuantitativa* al estudio de la herencia.

base, consideró que el tallo largo era un rasgo dominante. Lo mismo observó con respecto al color verde y la textura lisa de las semillas, y al color púrpura de las flores.

Ante tal resultado, uno pensaría que lo que causó el rasgo recesivo, había desaparecido junto con éste en esa primera generación de plantas. Sin embargo, cuando Mendel intrafertilizó las plantas de tallo largo de esta primera generación, obtuvo una segunda generación de plantas que poseían el rasgo dominante y plantas con el recesivo, en una proporción de aproximadamente 3:1.

Mendel realizó otros experimentos más complejos. Por ejemplo, trabajó con *dos* factores (p. ej., color y textura de las semillas) simultáneamente, en lugar de uno, para determinar si se heredaban juntos o separados, y en qué proporción. Pero el experimento ya descrito será suficiente para el propósito introductorio de este capítulo.

El resultado clave del experimento en cuestión fue la desaparición de la forma recesiva en la primera generación (luego de interfertilizar plantas que poseían el rasgo dominante con otras que poseían el rasgo recesivo) y su reaparición en la segunda (luego de intrafertilizar las plantas de la primera generación), según una proporción de aproximadamente 3:1. Para explicar este fenómeno, Mendel adoptó una serie de supuestos que constituyen lo que actualmente se conoce como 'Teoría mendeliana de la Herencia'. A continuación se listan dichos supuestos:

- Cada rasgo observado en un espécimen está determinado por *unidades discretas microscópicas*, denominadas '*factores*' (el término utilizado por Mendel). Se supone que los factores están contenidos en *todas* las células de un individuo, incluyendo sus gametos.
- La presencia de la forma dominante de un factor es *suficiente* para determinar la forma dominante del rasgo correspondiente, aun cuando la forma recesiva del factor también esté presente. Ello significa que un espécimen mostrará la forma recesiva del rasgo sólo en caso de que sus células posean la forma recesiva del factor.
- Los factores deben, de alguna manera, ser *transmitidos* de progenitores a descendientes en el momento de la reproducción. Ello significa que cada rasgo de cada descendiente está determinado por una *combinación* de los factores transmitidos por un progenitor con los del otro. Entonces, los factores deben ocurrir *en pares* en todas las células de un organismo.
- Los gametos son la excepción y, por tanto, deben contener *sólo una* forma posible de cualquier factor. Sobre la base de este supuesto se piensa que algunos especímenes son *factorialmente puros*, en el sentido de que *todos* sus gametos contienen sólo una de las dos posibles formas del factor en cuestión (la dominante o la recesiva). En otros especímenes, se cree que la mitad de los gametos contiene la forma dominante y la otra mitad posee la forma recesiva de dicho factor. En terminología actual, los primeros especímenes son llamados '*homocigóticos*' y los segundos '*heterocigóticos*' términos, ambos, que están en relación con el factor en cuestión.

Los dos últimos supuestos implican que, de alguna manera, los factores se *separan* o *segregan* cuando se forman los gametos por división celular durante el desarrollo embrionario. Mendel supuso que como resultado de esta segregación, los factores provenientes de los progenitores se repartían equitativamente entre los distintos gametos del individuo descendiente, lo cual se conoce como su '*Ley de la Segregación*'. El proceso de división celular que resulta en tal segregación de factores se conoce como '*meiosis*'.

A partir de estos supuestos, Mendel explicó sus resultados utilizando letras para representar factores. Utilizó una misma letra para representar cada factor, utilizando la letra mayúscula para la forma dominante y la minúscula para la forma recesiva del rasgo. Por ejemplo, se denomina '*T*' al factor que determina el tallo largo y '*t*' al que determina el tallo corto. Los resultados del experimento descrito arriba pueden explicarse en términos de la teoría mendeliana mediante una tabla conocida como *Cuadro de Punnett* (nombrada así en honor del geneticista de aves británico R. C. Punnett, quien utilizó este método por primera vez a principios de 1900).

Un Cuadro de Punnett es una tabla de dos filas y dos columnas. Ello se debe a que, bajo la teoría mendeliana, un factor puede adquirir una de *dos formas teóricamente posibles*. Las filas representan las formas *teóricamente transmisibles* por un progenitor y las columnas indican las del otro. Se catalogan como '*teóricamente transmisibles*' (en lugar de '*realmente transmitidas*') porque, por una parte, los factores son unidades hipotéticas (como el mismo Mendel lo reconoció explícitamente) y, por otra, el cuadro representa una *tabla de probabilidades*.

En este sentido, la herencia es concebida bajo esta teoría como un *fenómeno estadístico*, en el sentido de que las regularidades empíricas emergen sólo en forma de frecuencias, razones y proporciones calculadas a partir de la observación de grandes números de especímenes (Mendel observó miles de plantas en sus experimentos, describió y explicó sus resultados en términos de frecuencias, razones y proporciones). Esta manera de concebir la herencia influyó en desarrollos teórico-matemáticos posteriores a Mendel, a cargo de investigadores como Ronald A. Fisher (1890-1962),¹⁰ Sewall Wright (1889-1988), y J. B. S. Haldane (1892-1964), y permanece actualmente en gran parte de la genética (véase más adelante).

Para representar *teóricamente* mediante un Cuadro de Punnett el experimento descrito arriba, se necesitan dos tablas, una para la primera y otra para la segunda generación. La tabla para la primera generación sería:

	<i>t</i>	<i>t</i>
<i>T</i>	<i>Tt</i>	<i>Tt</i>
<i>T</i>	<i>Tt</i>	<i>Tt</i>

Las filas representan los factores supuestamente contenidos en los gametos de un *tipo* de progenitor (las plantas de tallo largo), mientras que las columnas representan los de otro progenitor (las de tallo corto). Las filas y columnas, pues, representan lo que la teoría nos dice acerca de la supuesta *composición factorial* de los gametos al inicio del experimento. Según la teoría, las plantas de estas dos poblaciones eran *factorialmente puras*. Específicamente, 100% de los gametos de todo integrante de una población contenían la forma dominante (*T*) y 100% de la otra poseían la forma recesiva (*t*) del factor que determinaba la longitud del tallo.

¹⁰ Fisher es famoso en la psicología por ser el inventor del *análisis de varianza*, herramienta estadística de amplio uso en esa disciplina. La razón principal de dicha invención fue, precisamente, el carácter estadístico, poblacional de la herencia.

Puesto que estas plantas iniciales eran factorialmente puras, dividir cualquiera de sus gametos en dos partes iguales no hace diferencia *respecto a las condiciones iniciales*. Sin embargo, tal y como lo muestran las celdas de la tabla, dicha división hace una diferencia importante con respecto a la *explicación* de los resultados. Nótese que el par de letras que llena cualquiera de las celdas resulta de combinar una letra de una fila con una letra de una columna y que siempre se obtiene el par Tt . Los pares obtenidos representan las formas contenidas en las *células no sexuales de los descendientes*. Entonces, 100% de los descendientes de estas plantas supuestamente poseían (en sus células no sexuales) *ambas* formas del factor que determinaba la longitud del tallo. Ello explica por qué 100% de los descendientes poseían el tallo largo (véase el segundo supuesto de la teoría).

Según Mendel, entonces, todos los especímenes de la primera generación mostraban tallo largo porque todos poseían la forma dominante del factor que determinaba la longitud del tallo. Al intrafertilizar estas plantas, Mendel obtuvo una segunda generación de plantas, tales que de cada cuatro, tres tenían tallo largo y una tallo corto. El Cuadro de Punnett para esta segunda generación muestra por qué:

	T	t
T	TT	Tt
t	Tt	tt

En este caso la división de los gametos en dos tipos (el dominante y el recesivo) sí hace una diferencia importante respecto de los progenitores. Según Mendel, aproximadamente 25% de las plantas de la segunda generación poseía (en sus células no sexuales) sólo la forma recesiva del factor que determinaba la longitud del tallo, por lo cual tenían el tallo corto, mientras que 75% poseía la forma dominante de dicho factor, ya fuera de manera pura (par TT) o en combinación con la forma recesiva (par Tt). Ello fue suficiente para que estas plantas tuvieran el tallo largo.

Puesto que estos resultados hacen referencia a proporciones, pueden ser expresados en términos de *probabilidades*. Sea $p(T)$ la probabilidad de que un gameto de un espécimen progenitor cualquiera contenga la forma dominante y $p(t)$ la probabilidad de que un gameto de ese *mismo* espécimen contenga la forma recesiva del factor que determina la longitud del tallo. En la primera tabla, $p(T) = 1$ para los especímenes de una población y $p(t) = 1$ para los especímenes de la otra población de progenitores (se debe recordar que una probabilidad es un número entre 0 y 1). La probabilidad de que un gameto masculino de un tipo particular (dominante o recesivo) fertilice a un gameto femenino de un tipo particular (dominante o recesivo), resultado en la combinación de los factores de cada gameto, está determinada por la Ley de Multiplicación de Probabilidades. Según ésta, la probabilidad de que dos eventos independientes coincidan en tiempo y espacio es igual a la multiplicación de las probabilidades de que dichos eventos ocurran por separado. Sea $p(Tt)$ la probabilidad de que las células (no sexuales) de un espécimen cualquiera de la primera generación contenga la combinación de los factores T y t transmitidos por sus progenitores. Sobre esta base se puede decir que $p(Tt) = p(T) \times p(t) = 1$, lo cual es consistente con el hecho de que todos los especímenes de la primera generación tenían el tallo largo.

En el caso de la segunda tabla, los miembros de la primera generación fueron los progenitores de la segunda generación. Con base en la Ley Mendeliana de Segregación, y para cualquier progenitor, se asume que $p(T) = p(t) = 1/2$.¹¹ Así, se pueden calcular las probabilidades de las tres combinaciones posibles de factores, a saber, TT , Tt , y tt :

$$p(TT) = p(T) \times p(T) = 0.5 \times 0.5 = 1/4$$

$$p(Tt) = p(T) \times p(t) = 2 \times 0.5 \times 0.5 = 2/4$$

$$p(tt) = p(t) \times p(t) = 0.5 \times 0.5 = 1/4$$

En la segunda línea, se multiplica por 2 dado que hay dos celdas con la combinación Tt . Estas probabilidades pueden ahora ser utilizadas para *estimar* cuántos especímenes de la segunda generación poseen cuáles combinaciones posibles de factores. Supóngase que la segunda generación consistió de 100 plantas. Entonces, el número de plantas con cada combinación posible de factores vendría dada por:

$$p(TT) \times 100 = 1/4 \times 100 = 25$$

$$p(Tt) \times 100 = 2/4 \times 100 = 50$$

$$p(tt) \times 100 = 1/4 \times 100 = 25$$

Estos cálculos resultan en una razón 3:1 de especímenes con la forma dominante y plantas con el rasgo recesivo, la cual se aproxima muy bien a la razón observada por Mendel en la segunda generación.

No se emplea el término 'gen' en este resumen de la teoría mendeliana simplemente porque Mendel tampoco lo utilizó. El término no fue acuñado sino hasta 1909 por Wilhelm Johannsen, para referirse a la *unidad* de la herencia biológica, sin implicación teórica alguna respecto a su estructura particular. En general, lo que Mendel llamó 'factor' se conoce como 'gen', y lo que denominó 'forma del factor' es referida como 'alelo'. También, los biólogos han introducido el término 'genotipo' para referirse a la *totalidad* del material genético de un individuo, y 'genoma' cuando se alude al material genético total de una especie.¹²

La distinción entre fenotipo y genotipo es fundamental en la teoría de la herencia genética (tanto mendeliana como molecular) y permite un tratamiento más sistemático, claro y preciso de la distinción entre lo heredado, lo innato y lo adquirido. En el fondo, esta distinción puede ser vista en términos de la *relación* entre fenotipo y genotipo; tal interpretación, por supuesto, será útil en la medida en que los términos 'fenotipo' y 'genotipo' se definan de manera más clara y precisa. Hasta ahora, esos términos han adquirido un sentido intuitivo. Sin embargo, un entendimiento intuitivo no es suficiente.

¹¹ El hecho de que un gameto contenga una forma *excluye* que contenga la otra. En el lenguaje de probabilidades, esto se expresa diciendo que $p(T) = 1 - p(t)$ y $p(t) = 1 - p(T)$, por lo cual $p(T) + p(t) = 1$.

¹² Los biólogos no usan estos términos de manera uniforme. Por ejemplo, algunos autores utilizan 'gen' y 'alelo' como si fueran sinónimos, y hacen lo mismo con 'genotipo' y 'genoma'. Así que no hay un acuerdo universal respecto al significado de estos cuatro términos, aun dentro de la biología. Sin embargo, no se debe olvidar que ni siquiera el lenguaje científico es inmune a la ambigüedad. Afortunadamente, no resulta crítico para el propósito del presente capítulo resolver esta cuestión. Aquí se emplearán los términos de la manera especificada primero, manteniendo una distinción entre gen y alelo, por una parte, y entre genotipo y genoma, por otra.

Para mostrar qué es lo que hay que aclarar, lo primero sería examinar una implicación importante del segundo Cuadro de Punnett (véase antes), en términos de la distinción entre fenotipo y genotipo. Este cuadro muestra que puede haber *diferencias genotípicas* entre los miembros de una misma especie, inclusive entre individuos fenotípicamente muy semejantes entre sí. Entonces, el hecho de que dos individuos posean fenotipos muy semejantes no implica que también posean genotipos semejantes.

El ejemplo que se presenta a continuación, como de costumbre, representará una simplificación considerable con respecto a la realidad. La idea es señalar exactamente cuáles aspectos de la distinción entre fenotipo y genotipo serán aclarados en el resto del capítulo. Considérese una especie hipotética tal que todos sus miembros poseen sólo cuatro rasgos fenotípicos genéricos, y que (siguiendo la teoría mendeliana) cada uno de ellos puede adquirir dos formas particulares (una recesiva y otra dominante). Se obtiene así un total de ocho rasgos particulares posibles. Aquí surge una primera pregunta: ¿exactamente qué son esos rasgos y sus formas alternativas?

En secciones anteriores se han utilizado ejemplos relativamente obvios, donde un rasgo fenotípico era una característica o atributo observable a simple vista (la longitud del tallo de una planta, el color de su flor, etc.). Sin embargo, esto necesita ser aclarado, puesto que hay rasgos fenotípicos que no son tan fáciles de observar. Entonces, la observabilidad a simple vista *no* es definitoria del concepto de rasgo fenotípico, aun cuando haya sido un requisito metodológico impuesto por Mendel para sus experimentos. Lo mismo se aplica a la distinción entre sólo dos formas alternativas. Más adelante se verá que prácticamente todo rasgo fenotípico puede adquirir más de dos formas, por lo cual el concepto de rasgo fenotípico es más complejo de lo que parece a partir de los experimentos de Mendel.¹³

Supóngase también que cada rasgo está determinado por un par de genes. Ello significa que el genotipo de los miembros de esta especie estará constituido por cuatro pares de genes, para un total de ocho genes. Aquí surge una segunda pregunta: ¿exactamente en qué consiste la determinación genética de un rasgo fenotípico? Esta cuestión sólo puede ser respondida sobre la base de la respuesta a la primera pregunta y, además, en función a una tercera pregunta: ¿exactamente qué es un gen? El resto del capítulo responderá estas tres preguntas; por el momento, se examinará la anunciada implicación del segundo Cuadro de Punnett, para lo cual un entendimiento mendeliano de los conceptos de fenotipo y genotipo será suficiente.

La implicación en cuestión es que, bajo la teoría mendeliana, dos individuos pueden poseer genotipos diferentes, aun con fenotipos semejantes. Considérense dos miembros de la especie hipotética, en los que el genotipo de uno viene dado por el conjunto {Aa, Bb, cc, DD} y el del otro por {AA, BB, cc, Dd}. Estos dos individuos serán fenotípicamente idénticos, a pesar de ser genotípicamente diferentes. Por tanto, el fenotipo no representa una fuente absolutamente confiable de inferencias acerca del genotipo, al menos bajo la teoría mendeliana.

¹³ Este reconocimiento no contradice la máxima de que la simplificación es el sendero hacia la claridad. En esta máxima, la simplificación es vista como un *medio*, no un fin en sí mismo. La teoría mendeliana representó un excelente punto de partida para el estudio científico de la herencia, precisamente debido a su simplicidad; sin embargo, no representa la teoría final, ni mucho menos. En este sentido, la teoría mendeliana debe ser vista sólo como un comienzo, un medio para alcanzar teorías menos simples y, en esa medida, más realistas.

El hecho de que dos individuos sean fenotípicamente idénticos no necesariamente significa que lo sean también en términos genotípicos. Claro está, la identidad fenotípica absoluta es una imposibilidad empírica, en el sentido de que no se observa en la realidad; tal identidad es sólo una posibilidad teórica de la aproximación mendeliana. Pero esta posibilidad ofrece una base de reflexión a partir de la cual es posible obtener respuestas más claras y precisas a las preguntas planteadas. Con frecuencia, los científicos contemplan lo que es teóricamente posible, aun cuando sea imposible desde un punto de vista empírico, como medio para entender lo que podría ser posible empíricamente.

Mendel mostró que la herencia podía estudiarse experimentalmente (de manera sistemática y rigurosa) y caracterizarse en términos cuantitativos, al punto de permitir la formulación de una teoría que le permitía hacer predicciones que se cumplían con asombrosa precisión. Este logro, de nuevo, se debe en gran parte a la simplicidad de la situación estudiada por Mendel. Por supuesto, la realidad es mucho más compleja. Los organismos por lo general muestran una gran variedad de rasgos fenotípicos capaces de adquirir múltiples formas. A pesar de la relativa simplicidad de su trabajo (o, quizá, debido a ella), los logros de Mendel ejercieron una poderosa influencia sobre la investigación biológica y la condujeron a lo que actualmente se conoce como 'genética'. Un pionero en esta área fue el estadounidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), quien realizó estudios con la mosca de la fruta (*Drosophila melanogaster*); otros investigadores utilizaron ratones. Todos estos estudios ampliaron considerablemente las observaciones de Mendel e introdujeron muchas de las técnicas que después se convirtieron en métodos estándar de análisis genético.

Actualmente, existen dos áreas complementarias que llevan el nombre de 'genética', a saber, *poblacional* y *molecular*. La genética poblacional es el estudio teórico-formal de variaciones estadísticas en las distribuciones de ciertos genes en poblaciones tanto hipotéticas como reales, donde un gen es visto como una unidad funcional de herencia, cuya *estructura química* particular es ignorada como un recurso conveniente de simplificación. Por su parte, la genética molecular es el estudio experimental de dicha estructura y de la función que desempeña en los organismos. En ambas ramas la evolución es considerada como un conjunto de cambios en las frecuencias de ciertos genes en poblaciones sucesivas de individuos, mientras que la herencia es considerada como la transmisión de genes de progenitores a descendientes, por vía de la reproducción.

Aun cuando Mendel supuso que los factores eran estructuras físicas microscópicas dentro de las células, la química de su época no estaba lo suficientemente avanzada como para permitirle vislumbrar la estructura molecular de los mismos. En la siguiente sección, se responderán, desde la perspectiva de la genética molecular, las tres cuestiones planteadas. El énfasis sobre esta perspectiva proviene del hecho de que permite las respuestas más claras y precisas disponibles a tales preguntas.

TEORÍA DE LA HERENCIA GENÉTICA (II): LA TEORÍA MOLECULAR

No fue sino hasta el decenio de 1950-59 cuando James Watson y Francis Crick determinaron la estructura química del material genético, lo cual representó un avance formidable

en la biología. Como bien se sabe, los genes están hechos de *ácido desoxirribonucleico*, o ADN. En concreto, y según la teoría molecular, un gen es un *segmento de ADN que 'codifica' la información necesaria para la síntesis de proteínas*.

Se debe recordar que tanto las proteínas como el ADN son *moléculas*, es decir, *colecciones de átomos* de distintos tipos (carbono, oxígeno, hidrógeno, etc.), relacionados entre sí formando una cierta *configuración espacial*. Se sabe que las moléculas son la materia prima química de la estructura y funcionamiento de toda *célula*, y que las células constituyen *tejidos*, que los tejidos constituyen *órganos*, y que éstos constituyen *sistemas*. La estructura y funcionamiento de un organismo, por tanto, se organizan de manera *jerárquica*. Ello permite una formulación un poco más clara (y, a la vez, más elaborada) del concepto de rasgo fenotípico. En efecto, no sólo las características observables a simple vista califican como rasgos fenotípicos; todas las estructuras y funciones no genéticas presentes en cada uno de los niveles de esta jerarquía califican como rasgos fenotípicos, aun las que se encuentran en los niveles celular y molecular.

También debe entenderse que el funcionamiento de un organismo depende de su *ambiente*. El funcionamiento del sistema digestivo de un organismo, por ejemplo, depende de la disponibilidad de alimento, lo cual es una condición ambiental y, por tanto, *externa* al organismo. Asimismo, el funcionamiento de los sistemas circulatorio y respiratorio depende críticamente de la disponibilidad de oxígeno, lo cual también es, en última instancia, una condición del ambiente. Del mismo modo, el funcionamiento del sistema inmunitario depende de la presencia de microorganismos (como virus y bacterias) que son considerados como 'extraños', en el sentido de que son externos al organismo.

Por lo general, las relaciones entre un organismo y su ambiente, por lo general, son *bidireccionales*, en el sentido de que el funcionamiento del primero usualmente afecta al segundo. Por ejemplo, un organismo hambriento buscará alimento en su ambiente. Al hallar alimento y consumirlo, el organismo afecta la distribución de alimento en ese ambiente. De la misma manera, un organismo que consume oxígeno disminuye la concentración local de este elemento en ese entorno en particular. También, el fortalecimiento del sistema inmunitario de un organismo puede modificar el número y tipo de microorganismos en el ambiente, ya que éstos pueden adaptarse a tal fortalecimiento (la evolución por selección puede ocurrir incluso al nivel de los microorganismos).

También es importante entender que la relación entre un organismo y su ambiente ocurre en *todo* nivel de organización, *incluyendo el nivel molecular*. Ello significa que aun cuando fuera posible afirmar que el funcionamiento de un órgano depende del funcionamiento de sus células constituyentes y que el funcionamiento de cada una de éstas depende, a su vez, de las moléculas que las constituyen, es imprescindible reconocer que el funcionamiento de las moléculas mismas depende de moléculas que provienen del ambiente externo. Por ejemplo, el funcionamiento de la pepsina (una de las enzimas que participan en la digestión) depende de la presencia de ciertas moléculas (proteínas) que han sido *ingeridas* por el organismo y que, por tanto, provienen del ambiente externo. El funcionamiento de la hemoglobina, por su parte, depende de la presencia de átomos de oxígeno, cuyo origen es también el ambiente externo. Lo mismo sucede con el funcionamiento de las inmunoglobulinas (también llamadas 'anticuerpos'), el cual depende de la presencia de moléculas que constituyen ciertos tipos de microorganismos (p. ej., virus), también externos.

No se afirma con esto que el funcionamiento de un organismo depende exclusivamente de su ambiente. Más bien, dicho funcionamiento *en el nivel molecular* emerge

como una relación entre la *microestructura* del organismo (las moléculas que constituyen sus células) y la microestructura físico-química de su ambiente. La relación organismo-ambiente, entonces, se observa aun en los micro-niveles de organización de una y otra parte de la misma.

La división entre los distintos sistemas biológicos (digestivo, respiratorio, circulatorio, muscular, linfático, urinario, nervioso) emerge como una distinción estructural y *funcional* entre tipos de células. En el presente contexto, 'funcional' significa '*dependiente de*' o '*modificable por*' el ambiente. Los glóbulos rojos, glóbulos blancos, células epiteliales que constituyen la piel, fibroblastos (células que constituyen el tejido de los tendones), células renales, células gástricas y células hepáticas, son tipos de células que se diferencian funcionalmente en el sentido de que su funcionamiento depende de y es modificable por el ambiente del organismo.

A pesar de sus diferencias, también existen semejanzas fundamentales entre las células (los científicos se interesan tanto por las semejanzas como por las diferencias). La semejanza que aquí interesa es que el funcionamiento de cualquier tipo de célula en cualquier organismo (desde bacterias hasta humanos) depende en gran medida de *proteínas*. Ejemplos de proteínas son el colágeno (la proteína más abundante en el cuerpo humano y que constituye el sustrato molecular de la resistencia del tejido conjuntivo, como los tendones), la pepsina (y el resto de las enzimas), la hemoglobina, los anticuerpos, y algunas hormonas (como insulina y glucagón).

A pesar de la diversidad morfológica y funcional que existe entre las células, se encuentra una semejanza profunda entre ellas, a saber, las proteínas como las moléculas de las cuales depende la mayor parte de su funcionamiento. Se estima que hay aproximadamente 100 mil millones de tipos diferentes de proteínas en todos los seres vivos actuales. Sin embargo, todos esos tipos constituyen una gran clase de moléculas, en el sentido de que son semejantes en su *estructura química básica*. Ciertamente, hay algunos aspectos de las células que no dependen de las proteínas (p. ej., la membrana de las células está constituida por lípidos), pero éstas son responsables de la gran mayoría de las funciones celulares. De hecho, el término 'proteína' proviene de la palabra griega para 'primario' o 'primero'.

Es frecuente decir que las proteínas son *cadena de aminoácidos*, aunque es más preciso decir que son *cadena de péptidos* (o *polipéptidos*), donde un péptido es una cadena de *dos* aminoácidos unidos por un enlace peptídico. Un aminoácido es una molécula constituida por un átomo de hidrógeno, un grupo carboxilo, un grupo amino y un grupo R diferente para cada aminoácido. Hay un total de 20 aminoácidos, como 'alanina', 'glicina', 'arginina', 'ácido glutámico', 'lisina', 'fenilalanina', etc., los cuales son suficientes para sintetizar *todas* las proteínas necesarias para el funcionamiento de las células de cualquier organismo.

Las proteínas de las cuales depende el funcionamiento de una célula son sintetizadas (o 'ensambladas') en la misma célula a través de un proceso que depende de la estructura química del ADN, del '*ácido ribonucleico*' (ARN) y de una estructura intracelular denominada '*ribosoma*'. El ADN y el ARN son largas cadenas de moléculas más pequeñas llamadas '*nucleótidos*' las cuales, a su vez, consisten de tres moléculas aún más pequeñas. Una de éstas, llamada '*base*', es la que difiere de un nucleótido a otro. Los nucleótidos que constituyen el ADN son '*adenina*' (A), '*citocina*' (C), '*guanina*' (G) y '*timina*' (T; no confundir con la 'tiamina', otro nombre para la vitamina B1, ni tampoco con la letra T usada anteriormente para hablar del factor de tallo largo). Una molécula de ARN está constituida por los mismos nucleótidos, con la diferencia de que T es reemplazado por *uracilo* (U).

La síntesis de proteínas es, fundamentalmente, un proceso de dos etapas. Primero, *secuencias de nucleótidos* son transferidas del ADN a un tipo de ARN llamado 'mensajero' (ARNm). La transferencia de ADN a ARNm es un proceso de copia de secuencias de nucleótidos de ADN en secuencias de nucleótidos de ARN, donde *T* es sustituido por *U*. Segundo, las secuencias de nucleótidos copiadas en el ARNm son transformadas en secuencias de aminoácidos por otros dos tipos de ARN, a saber, *ribosómico* (ARNr) y *de transferencia* (ARNt).

Esta transformación se lleva a cabo en los ribosomas, los cuales se encuentran fuera del núcleo de la célula. La función principal del ARNm es transportar las secuencias de nucleótidos del ADN del núcleo y llevarlas a los ribosomas, donde son transformadas en cadenas de aminoácidos por el ARNr y el ARNt, con la ayuda de ciertas enzimas especiales.¹⁴

La síntesis directa de proteínas a partir de ADN ha sido obtenida artificialmente bajo condiciones muy particulares, pero es poco probable que ocurra de manera natural. Por otra parte, se ha observado que en algunos casos la transferencia de ADN a ARNm es reversible.¹⁵ Sin embargo, en los cientos de miles de casos de síntesis de proteínas que han sido estudiados, jamás se ha observado que una proteína, una vez sintetizada, sea reconvertida en ARNm. Sobre esta base, la biología molecular actual supone que la transferencia de ARNm a proteínas es *irreversible*. Ello implica que las proteínas sintetizadas durante la vida de un organismo no son transmisibles genéticamente a sus descendientes, ni siquiera aquellas proteínas sintetizadas en los gametos (mucho menos las sintetizadas en otras células). Ésta es la base molecular del rechazo que muestra la biología molecular contemporánea hacia cualquier teoría de la herencia *genética* de caracteres adquiridos.¹⁶

El conjunto de transferencias que la biología molecular actual supone como posibles, constituye lo que Crick denominó el '*Dogma Central de la Biología Molecular*'.¹⁷ La figura 2-1 resume este dogma, en esa figura las flechas representan las transferencias que se aceptan como posibles en la biología molecular actual.

La secuencia de nucleótidos mínima significativa para la síntesis de proteínas es el *codón*, una secuencia de *tres* nucleótidos adyacentes. El término clave aquí es '*secuencia*', el cual se refiere a la *posición espacial* de nucleótidos a lo largo del ADN y el ARNm.¹⁸ Los distintos aminoácidos están codificados en secuencias específicas, en las cuales los

¹⁴ Si las enzimas constituyen un tipo de proteína, entonces aquellas enzimas que participan en la síntesis de proteínas deben a su vez ser sintetizadas a través del mismo proceso de síntesis en el que ellas mismas participan. La síntesis de proteínas, entonces, necesita de sí misma para poder ocurrir.

¹⁵ Esta reversibilidad es utilizada por los llamados 'retrovirus de ARN', de los cuales el virus que causa el SIDA es un ejemplo.

¹⁶ La teoría de Sigmund Freud (1856-1939), tan popular en la psicología y la psiquiatría, supone, entre otras cosas, una teoría de la herencia genética de caracteres adquiridos. En este sentido, la teoría de Freud es fundamentalmente inconsistente con la biología molecular contemporánea.

¹⁷ El sentido del término 'dogma' en esta denominación no es el de 'creencia religiosa indiscutible' sino el de su etimología griega de 'creencia'.

¹⁸ Se debe recordar que cualquier molécula es una colección de átomos en una cierta *configuración espacial*. La idea de *secuencia espacial* es también crítica en el caso de las proteínas, donde distintas secuencias de aminoácidos determinan distintas proteínas.

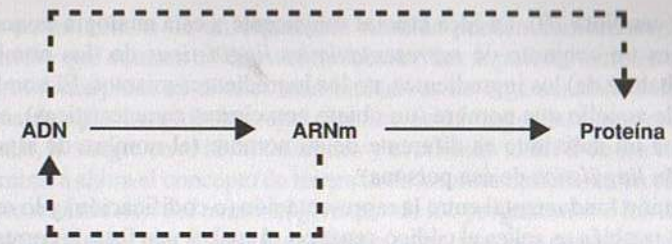


Figura 2-1. Representación esquemática del Dogma Central de la Biología Molecular, el cual especifica las transferencias que son consideradas como posibles entre ADN, ARNm y proteínas. Las flechas continuas representan las transferencias más comunes y las discontinuas representan las transferencias raras. El hecho de que ninguna flecha se origine en la etiqueta 'proteína' significa que la transferencia de ARNm (o de ADN) a proteínas es considerada, bajo este dogma, como irreversible.

nucleótidos ocurren a lo largo del ADN y el ARNm. Por ejemplo, el aminoácido fenilalanina está codificado por los codones UUU y UUC, mientras que el aminoácido triptófano está codificado por el codón UGG.¹⁹ El llamado '*código genético*' es una *tabla de correspondencia* o '*diccionario*' que especifica cuáles codones *codifican* cuáles aminoácidos. El código es relativamente uniforme para todas las plantas y animales superiores conocidos hasta ahora.²⁰

Todos los aminoácidos comunes son biosintetizados en plantas y microorganismos, con la ayuda de ciertas proteínas. Sin embargo, organismos más complejos, incluyendo a los humanos, sintetizan sólo algunos aminoácidos. El resto de los aminoácidos en estas especies debe ser adquirido a través de la ingestión de alimentos. Un aspecto de la digestión consiste, precisamente, en la descomposición de las proteínas contenidas en ciertos tipos de alimentos, en sus aminoácidos constituyentes. Entonces, los aminoácidos ingeridos en los alimentos ya se encuentran presentes en la célula, por lo cual es incorrecto decir que son 'sintetizados' directamente a partir del material genético. De hecho, aquellos aminoácidos que son biosintetizados por el organismo no se sintetizan a partir del material genético, sino de proteínas que han sido sintetizadas a partir de dicho material. *Lo único que se sintetiza a partir del material genético son proteínas.* ¿Qué significa entonces que un aminoácido sea 'codificado' en un codón? La siguiente analogía intenta responder esta pregunta.

Imagine que alguien desea elaborar cierto platillo siguiendo una receta. El platillo sería análogo a una proteína particular, mientras que los ingredientes lo serían a los aminoácidos. Es obvio que se debe contar con los ingredientes necesarios *antes* de hacer el platillo, así que se requiere una *lista* de ingredientes. El código genético sería análogo

¹⁹ El triptófano y la metionina son los únicos aminoácidos que están codificados por un solo codón; el resto está codificado por dos o más codones

²⁰ El código genético, como tal —al contrario del ADN, los aminoácidos y las proteínas—, no se encuentra físicamente presente en parte alguna de la célula. El código es simplemente una *abstracción* que ha sido construida por los biólogos moleculares para resumir las relaciones entre codones y aminoácidos.

a dicha lista (ver Nota 20). La idea crucial subyacente a esta analogía es que la lista de ingredientes es un conjunto de *representaciones lingüísticas* de (los nombres que se utilizan para hablar de) los ingredientes, no los ingredientes mismos. El nombre 'huevo' es diferente de aquello que nombra (un objeto con ciertas características), en el mismo sentido en que un individuo es diferente de su nombre (el nombre de alguien es una *representación lingüística* de esa persona).

La distinción fundamental entre la representación (o codificación) y lo representado (o codificado) también se aplica al código genético, el cual es una lista de correspondencias entre *nombres* de codones ('UUU', 'UUC', 'UGG', etc.) y de aminoácidos ('fenilalanina', 'triptófano', etc.), de allí su carácter abstracto (ver Nota 20). Estos nombres representan (lingüísticamente) estructuras químicamente diferentes. Un codón, a su vez, es una *representación química* de un aminoácido, y es en este sentido que se dice que un codón 'codifica' un aminoácido.²¹ Nótese que se han considerado dos tipos diferentes de representaciones o codificaciones, a saber, lingüísticas y químicas. Una representación lingüística adquiere la forma de secuencias de signos o símbolos que poseen un cierto significado para ciertas personas, mientras que la representación química adquiere la forma de un codón.

Para continuar con la analogía, el ADN y los tres tipos de ARN serían análogos a la *receta*, en el sentido de que todos especifican *qué hacer* con cuáles 'ingredientes'. Así como es posible elaborar muchos platillos diferentes con exactamente los mismos ingredientes, también es posible sintetizar muchas proteínas diferentes a partir de exactamente los mismos aminoácidos. Y así como un platillo se elabora utilizando determinados ingredientes (representados lingüísticamente en una lista) según cierta receta, una proteína se ensambla utilizando aminoácidos, según las secuencias de codones especificadas en el ADN (y en los tres tipos de ARN).

Cuando una proteína particular es sintetizada según las 'instrucciones' especificadas por un gen particular, se habla de la '*expresión fenotípica*' de ese gen. Ello significa, entre otras cosas, que los rasgos fenotípicos de un organismo dependen de la síntesis de proteínas (y, en esa medida, del genotipo). De hecho, tal y como ya se mencionó, el fenotipo de un organismo también puede ser analizado en niveles de organización, por lo cual es legítimo hablar de rasgos fenotípicos aun en el nivel *molecular*. En este sentido, las proteínas

²¹ Aparte de las diferencias obvias entre una lista de ingredientes de una receta y el código genético (p. ej., que una involucra representaciones lingüísticas y el otro moleculares), una diferencia conceptual importante es que en el código genético se especifica tanto el codón como aquello que éste representa, mientras que en la lista de ingredientes se especifica sólo el nombre (la representación). Para que una lista de ingredientes se parezca un poco más (conceptualmente) al código genético, debería también ser una tabla de correspondencia en la cual se especificara no sólo el nombre de los ingredientes sino también alguna otra representación (p. ej., fotos) de los ingredientes nombrados por esos nombres. Otra característica del código genético es que la mayoría de los aminoácidos (con excepción del triptófano y la metionina; ver Nota 19) tienen varios 'nombres' moleculares, puesto que están codificados por dos o más codones. Por eso se dice que el código genético es altamente *redundante* (o, como lo expresan los biólogos moleculares, 'degenerativo'). En el caso de una lista de ingredientes sería muy confuso especificar diferentes nombres para un mismo ingrediente, por lo cual es típico que cada nombre ('huevo', 'harina', 'aceite', 'sal') represente a un ingrediente distinto. La situación es diferente en el código genético, puesto que distintos codones pueden representar (molecularmente) a un mismo aminoácido.

sintetizadas en las células de un organismo también pueden considerarse como rasgos fenotípicos, sólo que ocurren en el nivel molecular. Por supuesto, también es posible hablar de rasgos fenotípicos en niveles más inclusivos de organización (células, tejidos y órganos). Por ejemplo, los glóbulos rojos constituyen un rasgo fenotípico que se define en el nivel celular, la sangre en el nivel de tejidos y el corazón al nivel de los órganos.

Se examinará ahora el concepto de herencia en la teoría molecular; en ella, la herencia consiste en la *transmisión del material genético* de los progenitores a los descendientes, a través de la reproducción. Dicha transmisión es un proceso complejo, cuyos detalles trascienden los límites de un capítulo introductorio. En lo fundamental, se sabe que en la reproducción tiene lugar, antes que nada, la fusión de una pequeña sección de la membrana de un gameto masculino con la membrana de uno femenino. El contacto exitoso es la *fertilización*, en la cual el primero 'activa' al segundo. La fertilización involucra, entre otras cosas, la *combinación* del ADN de cada gameto. Inmediatamente se desencadena lo que se conoce como *desarrollo embrionario*, cuyo mecanismo básico es la *división celular*, proceso mediante el cual se multiplican o proliferan las células que más adelante conformarán al organismo adulto. Un aspecto de este proceso es la *replicación* del ADN original contenido en los gametos de los progenitores, fundamentalmente, la *producción de copias* de ese ADN, las cuales constituirán el ADN contenido en el núcleo de cada célula del organismo adulto.

Cabe preguntar cómo la replicación del ADN original contenido en los gametos de un organismo cualquiera puede resultar en la gran diversidad (tanto estructural como funcional) que se observa en las células de sus descendientes, dado que ese ADN es, en sí mismo, considerablemente menos diverso. Ésta es la gran pregunta que se hacen los investigadores dedicados al estudio del desarrollo embrionario y aún permanece sin respuesta final. La idea generalmente aceptada es que todas las células que constituyen un organismo contienen el mismo material genético. Sin embargo, durante el proceso de división celular también ocurre un proceso de *diferenciación* celular, en el cual los distintos tipos de células adquieren la *identidad* estructural y funcional que muestran en el organismo adulto. Esta identidad consiste fundamentalmente en utilizar de maneras diferentes el material genético, de tal modo que ciertos tipos de células terminan sintetizando ciertos tipos de proteínas, justamente aquellas de las cuales depende su funcionamiento particular. Aún no se conoce completamente el mecanismo a través del cual esto ocurre, pero se piensa que es el resultado de una compleja interacción entre factores ambientales y genéticos.

La replicación de ADN no es un proceso absolutamente perfecto. En raras ocasiones ocurren errores de copia. A estos últimos se les conoce comúnmente como *mutaciones*. Una mutación es una alteración en la secuencia original de nucleótidos de una molécula de ADN, debida a un error en el proceso de copia. Una gran parte de las mutaciones son espontáneas o *aleatorias*, en el sentido de que ocurren en virtud de un error intrínseco al proceso de copia. Se ha estimado, por ejemplo, que en una célula bacteriana ocurre *espontáneamente* una mutación por cada 10^8 divisiones celulares. En organismos más complejos, como los humanos, la tasa de mutación *espontánea* parece ser sustancialmente más alta. La tasa de mutación, sin embargo, puede incrementarse debido a ciertos factores ambientales, denominados '*mutagénicos*', entre los cuales se encuentran el calor y los rayos ultravioleta. Por supuesto, para que una mutación sea genéticamente transmitida, tiene que haber ocurrido en el ADN contenido en los gametos.

Las mutaciones representan una fuente de variación genética, la cual mantiene un cierto grado de variación fenotípica disponible para la selección. Sin embargo, ésta es una fuente relativamente débil y en la mayoría de las ocasiones desventajosa para el éxito reproductivo del organismo. Una fuente sustancialmente más poderosa y menos perjudicial es la *recombinación genética*, una de cuyas formas resulta del *entrecruzamiento* de segmentos de ADN provenientes de ambos progenitores. Gracias al entrecruzamiento genético, la variación fenotípica disponible para la selección es bastante mayor y más adaptativa.

En suma, desde el punto de vista *genético*, lo único que un individuo hereda de sus progenitores es ADN. Gracias al ADN, las células que constituyen un organismo pueden sintetizar las proteínas necesarias para su funcionamiento, tanto durante el desarrollo embrionario como en la vida adulta. Un individuo se asemeja a sus progenitores biológicamente en el sentido de que las células del primero realizan funciones semejantes a las de las células de los segundos. Sobre esta base, se puede decir que tal funcionamiento es 'heredable', en el sentido general de que tiende a ser semejante en progenitores y descendientes; sin embargo, no es *genéticamente* heredable, por cuanto las proteínas no están hechas de ADN.

Si las proteínas mismas no se heredan genéticamente, mucho menos lo será su funcionamiento. Se debe recordar que el ambiente desempeña una función central en la manera en la cual funcionan los distintos sistemas que constituyen un organismo, aun en sus niveles molecular y celular. De modo que la semejanza en el funcionamiento biológico entre progenitores y descendientes no sólo se debe a una semejanza en el tipo de moléculas que son sintetizadas a partir del material genético, sino también a una semejanza en el ambiente en el cual habitan progenitores y descendientes.

Sobre esta base, se introduce ahora el concepto de *herencia ambiental*, distinguiéndolo con suma claridad (aunque relacionándolo estrechamente con) herencia genética. Por herencia ambiental aquí se alude a una semejanza entre el *ambiente* de los progenitores y el de los descendientes. Si el funcionamiento de un organismo, *aun en el nivel molecular* de la síntesis de proteínas, depende del ambiente en el cual habita, entonces se obtiene una relación indisoluble entre herencia genética y herencia ambiental. Un organismo será fenotípicamente semejante a sus progenitores no sólo en la medida en que el primero herede el material genético de los segundos, sino también en la medida en que el ambiente del primero sea lo suficientemente semejante al de los segundos. Sólo en ambientes semejantes las proteínas sintetizadas a partir del genotipo cumplirán funciones parecidas.

LO INNATO, LO ADQUIRIDO Y LO GENÉTICAMENTE HEREDADO

Ahora es posible formular de manera más precisa una distinción *general* entre lo innato y lo adquirido, y aclarar cómo esta distinción se relaciona con lo genéticamente heredado. En su acepción más común, lo innato es aquello que se encuentra presente en un organismo recién nacido, lo cual plantea el problema de especificar exactamente qué significa 'recién nacido'. ¿Durante cuánto tiempo después de nacer debe considerarse a un organismo como 'recién nacido'? ¿Un minuto? ¿Una hora? ¿Un día? ¿Un mes? La res-

puesta deberá ser relativa a la vida esperada de los otros miembros de la misma especie a la cual pertenece el organismo de interés, por lo cual deberá darse en términos de porcentaje de vida transcurrida desde el momento de nacer. Sobre esta base, podría calificarse de 'recién nacido' a un organismo que ha vivido, desde el momento de nacer, un porcentaje menor de su vida esperada (podría ser un 0.1%, un 1%, un 5% o un 10%; siempre que se ejerza cuidado con la unidad de medida de tiempo utilizada). Lo importante es que para obtener intervalos de tiempo que no desafíen demasiado el sentido intuitivo del término 'recién nacido', ese porcentaje debe ser mayor que cero, donde un porcentaje de cero define el 'momento' o 'instante' del nacimiento. También, ese porcentaje debe ser sustancialmente menor que 100, donde 100% representaría el tiempo total de vida esperada para los miembros de la especie de interés.

Por ejemplo, si el tiempo de vida esperado para un humano es de aproximadamente 28 800 días (80 años de vida estimada, por 12 meses por 30 días), 0.1% de ese total sería cercano a 29 días. Sobre esta base, un miembro de la especie humana se considerará como recién nacido si tiene menos de un mes de vida. Sobre esta base, todo lo que se observe durante el primer mes de vida será considerado como 'innato'. Si el investigador considera que eso es demasiado tiempo, es factible escoger un porcentaje más bajo para obtener un intervalo que se adecue más a su intuición de lo que significa ser 'recién nacido'. El porcentaje particular no es importante. Lo importante es que ser recién nacido es necesariamente una condición *extendida en el tiempo*, no un momento o instante puntual.

El calificativo de 'innato', entonces, es aplicable a todo aquello que se encuentra en un organismo durante un *intervalo* relativamente arbitrario de tiempo posterior al nacimiento, no importa cuán corto (o largo) sea. A partir de esta definición de lo innato, es posible considerar lo adquirido como todo lo que no es innato o, para expresarlo de otro modo, todo aquello que es producido, sintetizado u originado en el organismo *después* del periodo designado como 'de recién nacido'.

Lo heredado genéticamente, por su parte, es todo aquello que está constituido por el material genético transmitido por los progenitores, el cual consiste no sólo del material original contenido en sus gametos sino también, en su mayoría, por *copias* de ese material que son producidas durante el desarrollo biológico del organismo mediante la división celular. Indudablemente, una parte de ese material está presente en el organismo recién nacido, por lo cual califica como innata. Sin embargo, la replicación de ADN continúa ocurriendo durante el desarrollo biológico posterior al periodo de recién nacido. Por consiguiente, una parte sustancial del genotipo de un organismo se origina después de ese periodo. En este sentido, esa parte del genotipo califica como adquirida, a pesar de que es heredada genéticamente.

De acuerdo con lo anterior, decir que algo es innato no implica que es heredado genéticamente. Esta conclusión resulta evidente si se toma en cuenta que algunas proteínas, células y tejidos también se encuentran presentes en el organismo recién nacido, por lo que califican como rasgos innatos. Sin embargo, no puede decirse que tales rasgos sean genéticamente heredados, ya que no están constituidos por el material genético transmitido por los progenitores. Es muy importante, entonces, no confundir lo innato con lo heredado genéticamente; sólo una pequeña parte de esto último es innata, en tanto está presente en un organismo 'recién nacido'. No todo lo innato es heredado genéticamente, pues no está constituido por el material genético transmitido por los progenitores (proteínas, células y tejidos), aun cuando esté presente en el organismo recién nacido.

Lo único que un organismo hereda genéticamente es su genotipo, es decir, el material genético transmitido por sus progenitores.

También se debe distinguir entre el concepto *general* de herencia y el *específico* de herencia genética. El primero se refiere a una relación de semejanza (usualmente fenotípica, a menos que se trate de una semejanza ambiental) entre un organismo y sus progenitores, mientras que el segundo se refiere al mecanismo mediante el cual dicha semejanza es *en parte* posible. Entonces, decir que algo se hereda no necesariamente significa decir que se hereda genéticamente. Por esta razón, siempre que se utilice el término 'herencia' debe declararse explícitamente si se está empleando en su sentido general de semejanza (ya sea fenotípica o ambiental) entre progenitores y descendientes, o en su sentido más específico de transmisión genética.

Lo anterior también aplica a la conducta, entendida como el conjunto de relaciones entre la actividad y el ambiente de un organismo. Ciertos tipos de relaciones, conocidas como 'reflejos', por ejemplo, son observadas en organismos recién nacidos. En este sentido, tales relaciones califican como innatas. Sin embargo, resulta obvio que esas relaciones no califican como genéticamente heredadas, puesto que no están constituidas por el genotipo del organismo, aun cuando puedan calificarse como heredadas en el sentido general del término (es decir, como semejantes a las observadas en los progenitores). Por supuesto, ese tipo de relaciones (así como otros más complejos examinados a lo largo del presente libro) depende del genotipo, en la medida en que dependa de la síntesis de proteínas. Pero, de nuevo, ello no significa que tales relaciones sean en sí mismas heredadas genéticamente y que no dependan, de manera igualmente crítica, del ambiente.

La conducta de un organismo, entonces, depende *tanto* de su genotipo *como* de su ambiente. Con frecuencia, se plantea la posibilidad de que ciertas conductas (p. ej., los reflejos) dependen *más* del genotipo y *menos* del ambiente que otras (p. ej., escribir un libro o tocar un instrumento musical). El capítulo 3 demostrará que tal posibilidad carece por completo de sentido, y que *cualquier* conducta —sin importar cuán compleja sea, o si es innata o adquirida— depende *igualmente* del genotipo y del ambiente. A fin de lograr ese objetivo, se analizará exactamente qué significa que la conducta (y, en esa medida, el aprendizaje) depende del genotipo, examinando la función que cumplen las proteínas en el sistema nervioso de un organismo.

Herencia genética, sistema nervioso y conducta

INTRODUCCIÓN

Es importante comenzar este capítulo con un resumen de cuatro ideas centrales del capítulo 2:

1. El concepto general de herencia (el cual se refiere a una *semejanza fenotípica* entre progenitores y descendientes) debe distinguirse claramente del concepto específico de herencia *genética* (el cual se refiere a la *transmisión del ADN* contenido en el núcleo de los gametos de los progenitores a los descendientes, por vía de la reproducción). Al hablar de herencia, entonces, siempre debe especificarse el concepto que se está utilizando; de lo contrario, habrá confusión.
2. En la gran mayoría de las especies (excepto ciertos tipos de virus), lo único que un individuo hereda *genéticamente* de sus progenitores es ADN, cuya función es la *síntesis de proteínas*.
3. La función de una proteína depende tanto de su estructura molecular como del medio ambiente. Un organismo funcionará en el nivel molecular de manera semejante a sus progenitores en la medida en que sintetice el mismo tipo de proteínas y se encuentre inmerso en un ambiente semejante. La idea de herencia genética, pues, debe ser complementada con la de herencia ambiental.
4. Lo innato *no es coextensivo* con lo heredado genéticamente, es decir, no todo lo innato es heredado genéticamente ni viceversa, aun cuando *parte* de lo heredado así

* Agradezco a Felipe Cabrera González, Gerardo Ortiz Rueda, María Antonia Padilla Vargas, François Tonneau y Carlos Torres Ceja por sus comentarios a versiones previas de este capítulo.

se encuentre en el organismo recién nacido. Algo puede ser innato sin ser genéticamente heredado (todas las proteínas, células y tejidos que se encuentran presentes en el organismo recién nacido). También, algo puede ser adquirido y heredado genéticamente (el ADN producido después del período de recién nacido). Sólo el ADN presente en las células de un organismo recién nacido califica como innato y heredado genéticamente.

Tomando en cuenta estas cuatro ideas, resulta legítimo afirmar que ciertas conductas son heredadas, en el sentido general de semejanzas observadas en progenitores y descendientes respecto al tipo de relación entre su actividad y su medio ambiente. Dado el carácter relacional del concepto de conducta, una semejanza conductual involucra una semejanza en las actividades, las condiciones ambientales y la manera en la cual unas y otras se relacionan entre sí. Sin embargo, aun cuando ciertas conductas sean innatas (en el sentido de que involucran la actividad de organismos recién nacidos), ninguna conducta se hereda genéticamente, ya que ninguna conducta está constituida por ADN. La noción misma de conducta heredada genéticamente, entonces, carece por completo de sentido.

Al mismo tiempo, parece intuitivamente obvio que *toda* conducta debe depender del genotipo. Sin embargo, se debe tomar esta intuición con cautela. Las intuiciones constituyen sólo un primer paso, la materia prima de las reflexiones. Como tales, nuestras intuiciones deben ser clarificadas, precisadas y elaboradas. El objetivo principal del presente capítulo es clarificar, precisar y elaborar esa intuición.

Para alcanzar tal objetivo, es preciso hacer dos consideraciones preliminares. Primero, el uso de la noción de *dependencia* debe definirse en términos de la distinción entre *condiciones necesarias* y *condiciones suficientes*. Una condición necesaria es aquella cuya presencia es *indispensable* o *imprescindible* para que cierto evento, fenómeno o proceso de interés ocurra. Por otra parte, una condición suficiente es aquella cuya presencia, por sí sola, basta para que tal evento, fenómeno o proceso ocurra. Por ejemplo, en circunstancias habituales, tener dinero es una condición necesaria para poder entrar en un cine y ver una película. Sin dinero, ello no será posible. Sin embargo, tener dinero no es una condición suficiente. Entrar en un cine y ver una película depende de otras condiciones que también son imprescindibles (p. ej., debe haber algún lugar en el que se exhiba alguna película, se debe estar en condiciones físicas de ir a ese sitio, etc.).

Yendo a un extremo, es indispensable estar vivos para poder ir a ver una película. De hecho, ¡se debe estar con vida para hacer cualquier cosa! Estar vivo, entonces, es una condición necesaria para poder llevar a cabo prácticamente cualquier tipo de actividad, en cualquier momento o lugar. Es una condición tan familiar, que con frecuencia se olvida cuán necesaria es. A pesar de ello, no es suficiente para la gran mayoría de las actividades cotidianas. Alguien puede estar vivo pero no tener dinero, en cuyo caso no podrá ir a ver la película.

En otro ejemplo, la presencia excesiva y prolongada de monóxido de carbono es una condición *suficiente* para la muerte por asfixia; sin embargo, no es necesaria, ya que la muerte por asfixia *puede* ocurrir por otras razones, cada una de ellas en sí misma suficiente (permanecer bajo el agua por un tiempo prolongado, ser estrangulado con una soga, la obstrucción de la tráquea por algún objeto, un ataque de asma, etc.).

Al afirmar que *toda* conducta 'depende' del genotipo, se implica que la síntesis de proteínas es una condición *necesaria más no suficiente* para que *cualquier* conducta pueda ocurrir. De este modo, la discusión acerca de los determinantes genéticos de la

conducta se enmarca en el contexto de la función de la síntesis de proteínas en las relaciones entre la actividad de un organismo y su ambiente. En general, si se asume que un fenómeno cualquiera es *multideterminado* (es decir, depende de múltiples condiciones), entonces ninguna condición será, por sí misma, suficiente. Bajo tal suposición, y dadas al menos dos condiciones posibles diferentes, carece de sentido preguntarse si el fenómeno en cuestión depende de una o de la otra condición, ya que esa misma suposición obliga a creer que debe depender de *ambas* condiciones (y quizá de otras más).

Es importante entender que si la presencia de algo es necesaria para la presencia de otra cosa, entonces la *ausencia* de lo primero será condición *suficiente* para la *ausencia* de lo segundo. Por ejemplo, si tener dinero es necesario para ir al cine, entonces *no* tener dinero es *suficiente* para *no* ir. Sin embargo, como ya se explicó, tener dinero en sí mismo no es suficiente para ir al cine (aun cuando no tenerlo sea suficiente para no hacerlo). Asimismo, si tener por lo menos una mano es condición necesaria para poder manipular objetos, entonces *carecer* de ambas manos es condición *suficiente* para que la manipulación de objetos sea imposible (aun en presencia de algún objeto que pueda ser manipulado). No obstante, tener manos, en sí mismo, *no* es condición suficiente para manipular objetos. También es necesaria, entre muchas otras condiciones, la presencia de algún objeto que pueda ser manipulado (que tenga un tamaño y peso tales que pueda ser tomado con las manos y manipulado de alguna forma). Entonces, el hecho de que la ausencia de algo sea suficiente para determinar que falte otra cosa, no necesariamente significa que la presencia de lo primero sea condición suficiente para la presencia de lo segundo.

Con las condiciones suficientes sucede algo parecido. Si la presencia excesiva y prolongada de monóxido de carbono es condición suficiente para la muerte por asfixia, entonces tiene sentido decir que la *ausencia* de monóxido de carbono es una condición necesaria para la vida (la ausencia de muerte). Lo mismo puede decirse del resto de las condiciones que son suficientes para la muerte por asfixia. De hecho, la *ausencia* de *todas* estas condiciones es *necesaria* para la vida.

Para expresarlo de manera un poco más formal, sean *A* y *B* dos objetos o eventos. Si la presencia (u ocurrencia) de *A* es necesaria para la presencia (u ocurrencia) de *B*, entonces la ausencia (o no ocurrencia) de *A* será suficiente para la ausencia (o no ocurrencia) de *B*. Si la presencia (u ocurrencia) de *A* es suficiente para la presencia (u ocurrencia) de *B*, entonces la ausencia (o no ocurrencia) de *A* será condición necesaria para la ausencia (o no ocurrencia) de *B*. En general, entonces, la relación de antonimia entre presencia (u ocurrencia) y ausencia (o no ocurrencia) *invierte la condicionalidad* de cualquier objeto o evento con respecto a otro.

Lo anterior se aplica a la relación entre la síntesis de proteínas y la conducta. Si la síntesis de proteínas es una condición necesaria para la presencia de cualquier conducta, entonces la *ausencia* de proteínas será una condición *suficiente* para la *ausencia* de conducta. No obstante, la síntesis de proteínas, en sí misma, no es suficiente para la presencia de conducta. Por supuesto, aquí se define el término 'conducta' como 'relación entre la actividad de un *organismo biológico* y su ambiente'. Es posible utilizar ese término de otras maneras, referidas a sistemas no biológicos que, como tales, carecen de proteínas. Bajo estos usos (perfectamente legítimos), la presencia de proteínas obviamente no es necesaria para que tales sistemas se 'comporten' de alguna manera. No obstante, bajo el uso adoptado aquí, la síntesis de proteínas es una condición necesaria (mas no suficiente) para que ocurra la conducta.

Si se acepta la suposición de que la conducta es un fenómeno multideterminado, entonces ninguna condición, por sí sola, será suficiente para su ocurrencia. En consecuencia, carece de sentido preguntar si la conducta está determinada por lo genético o lo ambiental. De hecho, tal y como se argüirá más adelante, carece igualmente de sentido preguntarse si ciertos tipos de conducta están más o menos determinados por lo genético o lo ambiental. Una conclusión central del presente capítulo será que *toda* conducta está *igualmente* determinada por ambos.

Lo segundo es que para dilucidar la función de la síntesis de proteínas (y, en esa medida, de lo genéticamente heredado) en la conducta de un organismo, debe tomarse en consideración la estructura y funcionamiento de su *sistema nervioso*. De este modo, el problema de los determinantes genéticos de la conducta se convierte en el problema mucho más preciso de la función que cumplen las proteínas del sistema nervioso en la manera en la cual la actividad de un organismo se relaciona con su ambiente. El énfasis en este sistema en particular, por supuesto, no significa que sea el único que existe en un organismo ni siquiera que sea el más importante. Lo único que denota es que el sistema nervioso es *un* sistema involucrado en la ocurrencia de conducta. En este sentido, tal énfasis posee un carácter *analítico*.

En efecto, resulta obvio que en condiciones naturales los distintos sistemas de un organismo funcionan de manera *interdependiente*. Sin embargo, la ciencia es analítica, lo cual significa que un aspecto importante de su método consiste en *dividir la realidad*, para hacerla más simple y, en esa medida, más accesible. Como se expuso en el capítulo 2, la realidad 'bruta' es extremadamente compleja. Entender la realidad científicamente implica, en gran medida, analizarla y estudiar por separado las partes o segmentos resultantes de ese análisis. Ello permite el diseño y la ejecución de experimentos mediante los cuales sea posible vislumbrar de manera precisa y detallada cómo distintos fenómenos y procesos se relacionan entre sí.

En el estudio científico de la conducta, un aspecto de tal estrategia ha consistido justamente en investigar la función del sistema nervioso. Este tipo de investigación muestra que un entendimiento cabal de la relación entre evolución, herencia genética y conducta, debe tomar en cuenta la manera en que funciona el sistema nervioso de un organismo cuando éste se relaciona con su ambiente.

Así, el funcionamiento del sistema nervioso constituye un *aspecto integral* de la conducta. Hablando en términos de causas y efectos, se dirá que el ambiente está en el lado de las causas y el funcionamiento del sistema nervioso en los efectos. En todo caso, si lo que nos interesa es el organismo total, separar la conducta del sistema nervioso es conceptualmente tan incorrecto como separarla del ambiente. Es decir, si se define "conducta" como una relación entre la actividad del organismo *total* y su medio ambiente, y si el sistema nervioso es parte del organismo, entonces el funcionamiento del sistema nervioso es parte integral de la conducta (aunque no idéntico a ella).

Cuando se habla de la relación entre conducta y sistema nervioso, resulta útil distinguir entre *estructura* y *función*. Estructuralmente, el sistema nervioso (como cualquier otro sistema biológico) está constituido por órganos vinculados entre sí de manera compleja. Por ejemplo, el sistema nervioso humano está conformado por dos grandes subsistemas, a saber, el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP). El SNC, a su vez, se subdivide en encéfalo (o cerebro) y médula espinal, mientras que el SNP en el sistema nervioso somático y sistema nervioso visceral (o autónomo).

Por su parte, el encéfalo se compone de prosencéfalo, mesencéfalo y romboencéfalo. El prosencéfalo se divide en telencéfalo y diencéfalo; el telencéfalo en corteza cerebral, ganglios basales y sistema límbico, y así sucesivamente.

Estas subdivisiones del sistema nervioso en sistemas cada vez más reducidos es sólo un aspecto de su estructura. El otro es la forma en la cual los distintos subsistemas se vinculan entre sí y cómo tal vinculación determina el funcionamiento global del sistema. Para entender este aspecto es preciso recordar que, como cualquier otro sistema biológico, el sistema nervioso está constituido por *células*, cuya función depende en su mayor parte de la síntesis de proteínas, la cual, a su vez, depende del material genético contenido en el núcleo de las células. De este modo, la jerarquía de niveles de organización que se mencionó en el capítulo 2 también se aplica al sistema nervioso.

Las *neuronas* y las *neuroglías* son las células que constituyen el tejido nervioso. La función principal de algunas neuroglías es nutrir y proveer soporte físico a las neuronas (para que sus posiciones relativas en el espacio permanezcan más o menos fijas), además de eliminar otras células que mueren en su derredor. Otras neuroglías constituyen lo que se conoce como '*mielina*' (véase más adelante). Las neuroglías han sido mucho menos estudiadas que las neuronas lo cual, por supuesto, no necesariamente significa que las primeras no jueguen algún papel más allá de los ya conocidos. Este capítulo se concentrará en la estructura y funcionamiento de las neuronas. En particular, se hará énfasis sobre los distintos tipos de proteínas que son sintetizadas en las neuronas y la función que cumplen, por cuanto la relevancia más clara y directa de lo heredado genéticamente para el aprendizaje y la conducta viene dada por dicha función.

NEURONAS Y POTENCIALES DE ACCIÓN

La figura 3-1 muestra una representación simplificada de una neurona típica. Como toda célula, una neurona posee una *membrana* que la recubre y le otorga individualidad física. También posee un cuerpo o *soma* que contiene todos los componentes que se hallan en el interior de cualquier otro tipo de célula, incluso un núcleo con ADN. Entonces, las neuronas sintetizan proteínas, tanto como las células estomacales y las hepáticas; además, poseen ciertas estructuras que no se encuentran en ningún otro tipo de célula. Su estructura más distintiva es el *axón*, una prolongación única del soma. En muchas especies (incluida la humana), los axones son demasiado finos como para ser observados a simple vista. En ciertas especies, sin embargo, los axones son lo suficientemente gruesos como para ser observados a simple vista, ofreciendo un aspecto de hebra o hilo. Lo que llamamos vulgarmente 'nervios' son, precisamente, fajos o haces de axones. Además del axón, la mayor parte de las neuronas poseen otras dos estructuras distintivas, las *dendritas* y los *terminales axónicos*. Las dendritas son prolongaciones ramificadas del soma en sentido contrario del axón. Los terminales axónicos son ramificaciones del axón cuyos extremos forman especies de 'botones' que contienen vesículas llenas de una sustancia denominada '*neurotransmisor*'.

La función principal de las neuronas es *generar impulsos nerviosos*. Un impulso nervioso es un evento denominado técnicamente '*potencial de acción*', el cual consiste en un cambio momentáneo pero significativo en la *polaridad* de la membrana de la neurona. Entendido de esta manera, un impulso nervioso es un evento eléctrico, definido como

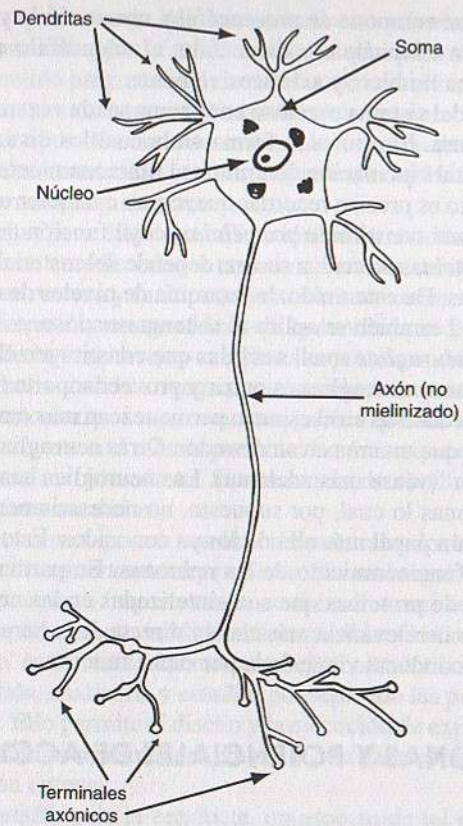


Figura 3-1. Representación simplificada de una neurona típica.

una *relación* entre tiempo (medido en milésimas de segundo [mseg]) y voltaje (medido en milésimas de voltio [mV]), registrada en algún segmento de la célula. Esta relación adquiere la forma general esquematizada en la figura 3-2.

Esta gráfica representa la ocurrencia de un evento en un segmento diminuto de la membrana (nótese que el eje horizontal de la gráfica representa *tiempo*, no espacio). Lo que se sabe actualmente sobre el potencial de acción proviene del trabajo experimental y teórico de los investigadores ingleses Alan Hodgkin y Andrew Huxley a finales del decenio de 1940-49 y principios del de 1950-59, trabajo que les mereció el Premio Nobel de Medicina en 1963. Su trabajo experimental consistió en observar el funcionamiento eléctrico de uno de los axones que median la respuesta de escape del calamar (*Loligo forbesi*). Estos axones son lo suficientemente gruesos, no sólo como para ser observados a simple vista, sino también como para resistir una variedad de tratamientos experimentales (tanto eléctricos como químicos) por un tiempo prolongado. El trabajo teórico consistió en la construcción de un modelo matemático de la generación y propagación de potenciales de acción a lo largo de un axón.

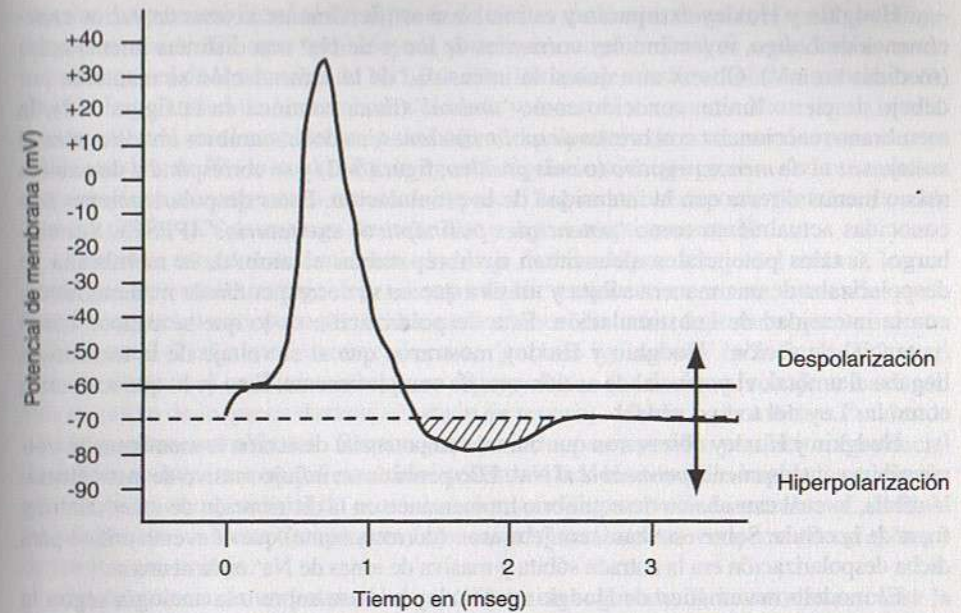


Figura 3-2. Relación entre tiempo y voltaje de un impulso nervioso en un segmento diminuto del axón de *Loligo*, según los experimentos de Hodgkin y Huxley. (---), estado de reposo; (—), umbral; (///), período refractario.

En ausencia de estimulación, una neurona se encuentra en un *estado o potencial de reposo* (línea punteada en la figura 3-2), el cual consiste en una especie de *equilibrio* entre la concentración de iones de distintos tipos dentro y fuera de la célula. Durante este estado, se dice que las inmediaciones internas de la membrana de la neurona se encuentran '*negativamente polarizadas*' con respecto a las inmediaciones externas.¹ Ello se debe fundamentalmente a dos factores. Primero, cationes de *sodio* (Na^+) predominan en el exterior de la célula, mientras que *aniones orgánicos* (A^-) y cationes de *potasio* (K^+) lo hacen en el interior. Segundo, la membrana es virtualmente impermeable a A^- y muy poco permeable a Na^+ . Sin embargo, estos iones se atraen entre sí, debido a que poseen cargas diferentes, lo cual resulta en una acumulación de los mismos en sus respectivas inmediaciones.²

¹ 'Inmediaciones' porque la polarización es un estado *limítrofe o marginal*, en el sentido de que ocurre en una franja diminuta adyacente a la membrana.

² La acumulación de aniones en las inmediaciones internas de la membrana se debe además al hecho de que aniones de *cloro* (Cl^-) también predominan en el exterior de la membrana y ésta es medianamente permeable a los primeros. Entonces, algunos iones de Cl^- logran entrar en la célula. Sin embargo, no llegan lejos, puesto que son atraídos por los Na^+ acumulados en las inmediaciones externas y repelidos por los A^- acumulados en las inmediaciones internas. Ello hace que algunos iones de Cl^- se acumulen en las inmediaciones internas de la membrana, contribuyendo así a la polaridad negativa de la misma. Por su parte, la acumulación de cationes en las inmediaciones

Hodgkin y Huxley extirparon y estimularon artificialmente axones de varios especímenes de *Loligo*, inyectándoles corrientes de iones de Na^+ con distintas intensidades (medidas en mV). Observaron que si la intensidad de la estimulación se mantenía por debajo de cierto límite, conocido como 'umbral' (línea continua en la figura 3-2), la membrana reaccionaba con breves *despolarizaciones*, es decir, cambios en los cuales el voltaje se volvía *menos negativo* (o *más positivo*; figura 3-2) y se correspondía de manera más o menos directa con la intensidad de la estimulación. Estas despolarizaciones son conocidas actualmente como '*potenciales posinápticos excitatorios*' (PPSE). Sin embargo, si tales potenciales alcanzaban o sobrepasaban el umbral, la membrana se despolarizaba de una manera súbita y masiva que no se correspondía de manera directa con la intensidad de la estimulación. Esta despolarización es lo que se conoce como 'potencial de acción'. Hodgkin y Huxley mostraron que si el voltaje de la membrana llegaba al umbral, el potencial de acción ocurría completamente. Esto es lo que se conoce como la 'Ley del todo o nada'.

Hodgkin y Huxley observaron que durante un potencial de acción la membrana se volvía súbita e intensamente *permeable* al Na^+ . Ello permitía un influjo masivo de estos iones a la célula, lo cual causaba un desequilibrio momentáneo en la distribución de iones dentro y fuera de la célula. Sobre esta base, conjeturaron (correctamente) que el evento crítico para dicha despolarización era la entrada súbita y masiva de iones de Na^+ en la neurona.

El modelo matemático de Hodgkin y Huxley se basa sobre una analogía según la cual la membrana es representada como un cierto tipo de *circuito eléctrico*. Sobre esta base, cambios en la permeabilidad son representados matemáticamente como cambios en la *conductividad* de la membrana a distintos tipos de iones.³ Posteriormente se determinó que la permeabilidad de la membrana al Na^+ se debía a la presencia de ciertas *moléculas especializadas*, las cuales se conocen actualmente como '*canales voltaje-dependientes de Na^+* '. Estas moléculas son proteínas cuya configuración espacial cambia como resultado de cambios en la polaridad de la membrana. Cuando la membrana se despolariza hasta alcanzar el umbral, estos canales se 'abren', permitiendo la entrada de Na^+ en la célula, lo que, a su vez, despolariza aun más la membrana, lo cual causa la apertura de un mayor número de canales, y así sucesivamente. Esta reacción en cadena se conoce como *ciclo de Hodgkin-Huxley* y es lo que causa el incremento inicial de la curva que se observa en la figura 3-2.

Una despolarización tan masiva de la membrana involucra un desequilibrio iónico considerable. Si éste se mantiene por un tiempo muy prolongado, a la larga puede dañar seriamente la célula. Entonces, el equilibrio iónico debe ser restaurado lo antes posible. La recuperación involucra una *repolarización* de la membrana a su estado inicial de reposo y se logra mediante dos mecanismos. Primero, ante una despolarización masiva, la membrana se vuelve altamente permeable a K^+ , lo cual aumenta el flujo de estos iones hacia el

externas se debe además al hecho de que la membrana también es medianamente permeable al K^+ . Entonces, algunos K^+ logran salir, pero no llegan lejos, puesto que son atraídos por los A^- acumulados en las inmediaciones internas y repelidos por los Na^+ acumulados en las inmediaciones externas. Ello hace que algunos K^+ se acumulen en las inmediaciones externas de la membrana, contribuyendo así a la polaridad positiva de la misma.

³ La conductividad es la facilidad con la cual una corriente de iones atraviesa alguna sustancia. En el caso de la membrana de una neurona, la conductividad se mide en *picosiemens*.

exterior. La permeabilidad al K^+ depende de ciertas moléculas llamadas '*canales voltaje-dependientes de K^+* ' (que también son proteínas), cuyo umbral es considerablemente más alto que el de los canales de Na^+ . Por ello, los canales de K^+ empiezan a abrirse sólo cuando la polaridad de la membrana alcanza valores relativamente altos (aproximadamente +40 mV, en el caso del axón de *Loligo*). La apertura de estos canales permite una salida masiva de K^+ , lo cual redundará en una repolarización progresiva de la membrana (ésta empieza a recuperar su estado de reposo). Segundo, otro tipo de proteína llamada '*bomba de Na^+-K^+* ' se encarga de sacar Na^+ e ingresar activamente K^+ .

Gracias a esos dos mecanismos, el voltaje desciende por debajo del umbral, lo cual causa que los canales voltaje-dependientes de Na^+ empiecen a cerrarse, haciendo que la membrana vuelva a ser poco permeable a estos iones (descenso de la curva que se muestra en la figura 3-2). La sección marcada como '*periodo refractario*' en la figura 3-2 es un periodo durante el cual la membrana se *hiperpolariza* (es decir, su voltaje se hace aún más negativo de lo que es durante el estado de reposo), debido a que muchos canales de K^+ aún permanecen abiertos. Durante este periodo, no es posible producir un potencial de acción, no importa con qué intensidad sea estimulado el axón. Ello impide la ocurrencia inmediata de otro potencial de acción en el mismo segmento de la membrana, dándole así a la misma un breve tiempo para 'descansar' (literalmente, recuperar energía) luego de tan intenso trabajo.

La ocurrencia de un potencial de acción en un segmento de la membrana causa la ocurrencia de un potencial de acción en los segmentos inmediatamente adyacentes. Por esta razón, se dice que 'el' impulso nervioso se '*propaga*' o '*conduce*' a lo largo de una neurona. Sin embargo, esta es una forma metafórica de hablar. Estrictamente hablando, no es que se propague 'un' solo potencial de acción. Más bien, *múltiples* potenciales de acción ocurren progresivamente en distintos segmentos de la neurona, como resultado de la ocurrencia de potenciales de acción en segmentos adyacentes. Esta forma de propagación es análoga a la manera en la cual funciona una mecha encendida. No es que una sola llama individual se propague a lo largo de ésta; más bien, distintos segmentos de la mecha se van encendiendo progresivamente como resultado del encendido de segmentos adyacentes. En realidad, múltiples llamas van encendiéndose a lo largo de la mecha.⁴

Los PPSE también se propagan a lo largo de un axón, pero con dos diferencias importantes respecto a los potenciales de acción. Por una parte, mientras que la magnitud de los potenciales de acción se mantiene relativamente constante, la de los PPSE disminuye de un segmento a otro. Por otra parte, en cualquier axón dado, la *velocidad* de propagación de PPSE es mucho mayor que la de los potenciales de acción. Una explicación detallada de este hecho llevaría a detalles técnicos que no vienen al caso. Baste decir que una parte de esa explicación tiene que ver con el hecho de que la *duración* de un PPSE es significativamente menor que la de un potencial de acción.

En el caso de los vertebrados y algunos tipos de cangrejos, la gran mayoría de los axones (excepto los más cortos) están parcialmente cubiertos por células denominadas genéricamente '*mielina*'; éstas no son neuronas sino *neuroglías*. La mielina se encuentra

⁴ La ocurrencia de un potencial de acción en cualquier segmento del axón alejado de sus extremos causará la ocurrencia de potenciales de acción en los segmentos adyacentes a *ambos* lados del segmento en el cual ocurrió el primero. Ello causará la propagación de potenciales de acción hacia *ambos* extremos del axón. Tal propagación, entonces, será *bidireccional*.

en forma de *capas* que recubren de manera *casi* hermética porciones relativamente extensas del axón. En el SNC, las células que constituyen la mielina se denominan 'oligodendrocitas'. En el SNP, la mielina viene dada por las *células de Schwann*. Una sola oligodendrocita puede proveer varios segmentos de mielina a varios axones a la vez, mientras que una sola célula de Schwann constituye sólo un segmento de mielina.

Las capas de mielina ocurren en segmentos que dejan descubiertas porciones diminutas del axón, denominadas *nodos de Ranvier*. En axones mielinizados, los potenciales de acción ocurren *sólo* en esos nodos, lo cual da la impresión de que 'el' impulso nervioso 'salta' de un nodo al siguiente. Por ello, la propagación de potenciales de acción en axones mielinizados se conoce (metafóricamente) como '*conducción saltatoria*'. Esta forma de propagación se debe a que la cantidad de fluido extracelular y, por tanto, la concentración extracelular de Na^+ , es significativamente menor en las porciones mielinizadas (debido, de nuevo, a que la mielina envuelve al axón de manera *casi* hermética). Sin embargo, dicha concentración es siempre mayor que cero, lo cual permite que las porciones mielinizadas se despolaricen hasta cierto punto. No obstante, tal concentración es demasiado baja como para que cualquier despolarización pueda convertirse en un potencial de acción. Lo único que se propaga por las porciones mielinizadas son PPSE; por supuesto, tales despolarizaciones deben ser iguales a (o mayores que) el umbral cuando arriben a un nodo de Ranvier. De lo contrario, el potencial de acción no ocurrirá en ese nodo.

La mielina otorga dos ventajas principales. Primero, reduce significativamente el número de bombas $\text{Na}^+\text{-K}^+$ necesarias para repolarizar la membrana, lo cual redundaría en un ahorro energético considerable. En axones no mielinizados las bombas de $\text{Na}^+\text{-K}^+$ pueden gastar hasta un 40% de los recursos energéticos de la célula, costo que se reduce significativamente en axones mielinizados.⁵ Segundo, la mielina permite un incremento en la *velocidad* de propagación de potenciales, debido, precisamente, al hecho de que la conducción de PPSE es mucho más rápida que la conducción de potenciales de acción.

En el caso de los invertebrados, la ausencia de mielina es compensada por un aumento en el *diámetro* (grosor) de los axones. Debido a las leyes de la conductividad eléctrica, un mayor diámetro permite una menor resistencia y, por tanto, mayor conductividad y velocidad de conducción. Por ejemplo, un axón típico de un calamar posee un diámetro de aproximadamente 500 micrómetros (o μm , una millonésima de un metro) y permite una velocidad de propagación de potenciales de acción de unos 35 metros por segundo (m/seg). La misma velocidad puede alcanzarse en un axón mielinizado de apenas 6 μm . La velocidad de conducción más alta que se conoce hasta ahora en la naturaleza (432 km/h) puede ser alcanzada en axones mielinizados de apenas 20 μm de diámetro.

Las capas de mielina, por supuesto, incrementan el grosor, lo cual contribuye al aumento en la velocidad de conducción; sin embargo, no llega a ser el grosor necesario para alcanzar velocidades de conducción equivalentes en axones no mielinizados más gruesos. Además, dicho incremento redundaría en una *disminución* del costo energético. En todo caso, si los humanos carecieran de mielina, sus axones tendrían que ser mucho más gruesos de lo que son para permitir una velocidad de propagación equivalente. Se

⁵ Se ha estimado que sin mielina los humanos tendríamos que comer 10 veces más de lo que comemos, para mantener los requerimientos energéticos de nuestro cerebro.

ha estimado que sin mielina el cerebro humano tendría que ser 10 veces más grande de lo que es para cumplir sus funciones habituales.⁶

La ocurrencia del tipo de evento representado en la figura 3-2 depende de la presencia de por lo menos tres tipos de proteínas (canales voltaje-dependientes de Na^+ , canales voltaje-dependientes de K^+ y bombas sodio-potasio), las cuales son sintetizadas a partir del ADN contenido en el núcleo de las neuronas, a través del proceso descrito en el capítulo 2. Dado que la síntesis de tales proteínas depende del material genético contenido en el núcleo de las neuronas, es de esperarse que el funcionamiento del sistema nervioso de un organismo sea semejante al de sus progenitores, *en la medida en que el ambiente de ambos también sea semejante*. De nuevo, aun cuando un organismo hereda genéticamente de sus progenitores el material necesario para la síntesis de tales proteínas, ni éstas ni su funcionamiento se heredan genéticamente. La relevancia funcional de esas y otras proteínas que se mencionarán más adelante depende tanto de la presencia de un ambiente adecuado como del material heredado a nivel genético.

La caracterización anterior del potencial de acción se basa en observaciones realizadas en situaciones altamente artificiales y simplificadas (axones de calamares, aislados en pequeños envases de vidrio con agua salada), donde los estímulos son corrientes eléctricas muy breves y relativamente débiles. Obviamente, las cosas son mucho más complejas fuera del laboratorio. En condiciones naturales, por una parte, los estímulos son luces, sonidos, olores, sabores y texturas, relacionados entre sí de manera compleja; por otra, el sistema nervioso de un organismo puede consistir de miles de millones de neuronas. Pareciera, entonces, que existen diferencias insalvables entre la situación de laboratorio y el ambiente natural.

Sin embargo, las cosas no son tan diferentes respecto a lo que ocurre en los niveles molecular y celular del funcionamiento de un sistema nervioso (o de cualquier otro sistema). Los neurocientíficos continúan considerando al potencial de acción como la unidad básica de análisis de la manera en la cual los eventos ambientales en situaciones naturales influyen sobre el sistema nervioso de un organismo intacto. Como es bien sabido, aun el evento ambiental más simple, como el encendido de un foco de luz o la ocurrencia de un tono relativamente puro (p. ej., el tono de la línea telefónica), puede llegar a causar la ocurrencia y propagación de cientos de miles de potenciales de acción en millones de neuronas en unos pocos segundos. El siguiente paso, entonces, es examinar cómo se generan potenciales de acción en situaciones naturales y cómo éstos se transmiten en el sistema nervioso de un organismo intacto. Se analizará cómo en tales situaciones la síntesis de proteínas también tiene una función crítica. Hay ciertas diferencias en la forma particular en la cual ocurren los potenciales de acción en dichas situaciones naturales, diferencias que se mencionan a continuación.

⁶ Se conocen dos trastornos neurológicos que son consecuencia de la pérdida de mielina en humanos, a saber, la esclerosis múltiple y el síndrome de Guillain-Barré. Las víctimas de esclerosis múltiple sufren de debilidad, falta de coordinación e impedimentos visuales y del lenguaje, como resultado de la pérdida de las capas de mielina en cerebro, médula espinal y nervios ópticos. El síndrome de Guillain-Barré es más común que la esclerosis múltiple, y consiste en la pérdida de las capas de mielina en los nervios periféricos que llegan a los músculos y la piel. Ocurre como consecuencia de enfermedades infecciosas menores y parece resultar de una respuesta inmunológica anormal en contra de la propia mielina. Ambos trastornos se caracterizan por una disminución profunda en los tiempos de respuesta, ya que la ausencia de mielina reduce drásticamente la velocidad de conducción.

SINAPSIS, NEUROTRANSMISORES Y RECEPTORES

En su gran mayoría, las neuronas no hacen contacto directo unas con otras. Así que el término 'conexión' no debe ser tomado literalmente cuando es aplicado al sistema nervioso. Más bien, existe un espacio diminuto entre una neurona y otra. Dicho espacio es el *medio* a través del cual una neurona 'afecta' a otra y se le denomina '*hendidura sináptica*'. La estructura que está constituida por un terminal presináptico (perteneciente a la neurona 'emisora'), la hendidura sináptica y algún segmento de la neurona 'receptora' de los 'mensajes' de la primera, se denomina genéricamente '*sinapsis*'. La figura 3-3 muestra de manera esquemática una sinapsis.

Estrictamente hablando, los impulsos nerviosos no se transmiten directamente de una neurona a otra. Es decir, en la hendidura sináptica no ocurren potenciales de acción. Más bien, las neuronas liberan moléculas de una sustancia denominada '*neurotransmisor*', como resultado de la ocurrencia de potenciales de acción en sus terminales axónicos. La 'transmisión de información' de una neurona a otra, pues, se realiza de manera indirecta, mediante la liberación de neurotransmisores en la hendidura sináptica. Esta liberación consiste fundamentalmente en la *fusión* de vesículas llenas de sustancia neurotransmisora con la membrana de los terminales axónicos de la neurona presináptica. A dicha fusión se le denomina '*exocitosis*' (figura 3-3). Se ha demostrado que la entrada de cationes de *calcio* (Ca^{2+}) en el terminal axónico es una condición necesaria para la exocitosis. Dicha entrada depende, a su vez, de la apertura de canales voltaje-dependientes de Ca^{2+}

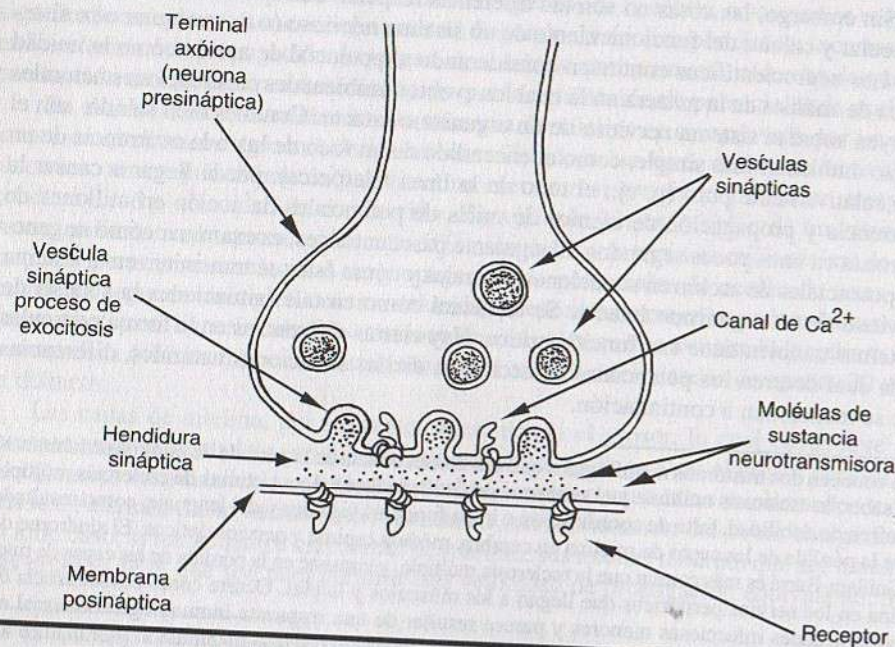


Figura 3-3. Esquema de una sinapsis.

causada por la ocurrencia de potenciales de acción en dichos terminales. Estos canales, al igual que los de K^+ y Na^+ , son proteínas. La función última de un potencial de acción en un organismo intacto, entonces, es causar la liberación de sustancia neurotransmisora en la hendidura mediante la apertura de canales de Ca^{2+} .

Según una *clasificación funcional*, las sustancias neurotransmisoras se dividen en *excitatorias* e *inhibitorias*. Un neurotransmisor excitatorio es aquel que tiene un efecto despolarizador sobre la membrana posináptica, mientras que un neurotransmisor inhibitorio es aquel que tiene un efecto hiperpolarizador.⁷ El que un neurotransmisor sea excitatorio o inhibitorio no depende sólo de su propia estructura molecular, sino también de la de los receptores que afecta. Un mismo neurotransmisor, entonces, puede ser excitatorio respecto a un tipo de receptor e inhibitorio respecto a otro.

Según una *clasificación estructural molecular*, los neurotransmisores se dividen en *aminoácidos*, *aminas* y *péptidos*. Los aminoácidos más importantes son el ácido glutámico (o *glutamato*), la *glicina* y el *ácido gamaaminobutírico* (o *GABA*), los cuales constituyen los neurotransmisores sintetizados y liberados por la gran mayoría de las neuronas del SNC.⁸ El glutamato es una sustancia que posee un efecto generalmente excitatorio y está involucrada en una gran variedad de funciones, una de las cuales se examinará más adelante. La glicina y la GABA, por su parte, poseen un efecto principalmente inhibitorio, la primera en el SNC y la segunda en el resto del sistema nervioso.⁹

Entre las aminas se encuentran la acetilcolina (ACh), la dopamina (DA), la noradrenalina (NE, o norepinefrina) y la serotonina (5-HT). La ACh es el neurotransmisor liberado por aquellas neuronas que hacen sinapsis con las *fibras musculares* (véase más adelante), aunque también se encuentra en neuronas que constituyen circuitos específicos en el SNC y el SNP. La DA es sintetizada por neuronas que constituyen ciertos núcleos subcorticales involucrados en el control del movimiento voluntario, principalmente la sustancia negra.¹⁰ La NE está principalmente involucrada en el mantenimiento de estados de alerta y vigilia. La 5-HT parece tener una función importante en la regulación de los estados de ánimo, la conducta emocional y el sueño.

⁷ La excitación (despolarización) y la inhibición (hiperpolarización) son procesos neuronales *opuestos*, en el sentido de que, *en una misma neurona*, un incremento en uno conlleva a una reducción en el segundo, y viceversa. Si generalizamos esta idea a todas las neuronas del cerebro humano, entonces puede decirse que la conducta que involucra la actividad humana depende en gran medida de un balance muy delicado entre estos dos procesos. La falta de excitación (o un exceso de inhibición) causa pérdida de consciencia. Demasiada excitación (muy poca inhibición) provoca convulsiones incontrolables.

⁸ Como se apuntó en el capítulo anterior, el glutamato y la glicina son 2 de los 20 aminoácidos utilizados en la síntesis de proteínas, por lo cual estas sustancias no son exclusivas de las neuronas; por su parte, la GABA no es utilizada en la síntesis de proteínas y es una sustancia única de las neuronas que la sintetizan y liberan.

⁹ Los tres aminoácidos son biosintetizados en las neuronas, por lo cual no es necesario obtenerlos a través de la ingestión de alimentos particulares. Tanto el glutamato como la glicina son sintetizadas a partir de glucosa y otros precursores, gracias a la acción de enzimas que existen en todas las células. La GABA es sintetizada a partir del glutamato con la ayuda de una enzima que se encuentra presente sólo en las neuronas.

¹⁰ Una deficiencia de DA, debida a la muerte masiva de neuronas dopaminérgicas en la sustancia negra, es la causa de la enfermedad de Parkinson en humanos, trastorno neurológico caracterizado por una lentitud extrema en los movimientos voluntarios, gran dificultad para iniciar o detener movimien-

Entre los péptidos más conocidos se encuentran las endorfinas y la sustancia P. Las neuronas que liberan endorfinas están localizadas casi exclusivamente en el *hipotálamo* y funcionan como un mecanismo interno para la disminución de la sensación de dolor (son anestésicos naturales del organismo). Por su parte, la sustancia P está involucrada en el control de la musculatura lisa y en la transmisión de las sensaciones de dolor.

Excepto las neuronas que liberan péptidos, el resto libera sólo una sustancia neurotransmisora particular. La gran mayoría de las neuronas, entonces, poseen una *identidad* con respecto al neurotransmisor que sintetizan y liberan. Esta idea se conoce como el *Principio de Dale*, en honor al fisiólogo y farmacólogo británico Henry Dale, quien la sugirió por primera vez en 1935. Este principio permite una clasificación de las neuronas basada sobre la sustancia neurotransmisora que liberan. Así, las neuronas que liberan aminoácidos se conocen como '*aminoacérgicas*' y se subdividen en glutamérgicas, glicinérgicas y GABAérgicas, entre otras. Las neuronas que liberan ACh se denominan '*colinérgicas*', las que liberan DA y NE '*catecolaminérgicas*' y las que liberan 5-HT '*serotonérgicas*'.

Dos detalles de la liberación de neurotransmisores merecen ser mencionados. Primero, las moléculas de sustancia neurotransmisora se liberan en *paquetes discontinuos* llamados '*cuanta*', donde un '*cuantum*' corresponde a la cantidad de sustancia neurotransmisora liberada por una sola vesícula.¹¹ Segundo, la membrana de los terminales axónicos es medianamente permeable a Ca^{2+} cuando se encuentra en estado de reposo, lo cual permite la entrada de pequeñas cantidades de Ca^{2+} , aun en ausencia de potenciales de acción en el terminal axónico. Dicha entrada resulta en la liberación de pequeñas cantidades de sustancia neurotransmisora. La liberación de pequeñas cantidades de cualquier neurotransmisor excitatorio causa PPSE, los cuales, en condiciones normales, se mantienen por debajo del umbral. No obstante, con suficiente sustancia neurotransmisora, pueden alcanzar (o sobrepasar) el umbral y convertirse en potenciales de acción. En el caso de sustancias neurotransmisoras inhibitorias, tales liberaciones causan '*potenciales posinápticos inhibitorios*'.

tos de manera voluntaria, y un temblor involuntario cuando los miembros se encuentran en reposo. Por su parte, un exceso de DA (en combinación con una deficiencia de glutamato debida a alteraciones en el metabolismo de la glucosa en ciertas partes del cerebro, como el hipocampo) parece estar estrechamente asociado con la esquizofrenia. También, en experimentos con animales se ha demostrado que la DA está críticamente involucrada en los efectos reforzadores de la comida durante el *condicionamiento operante*.

¹¹ Este hecho es la base de un modelo matemático de la transmisión sináptica conocido como *análisis cuantitativo*, propuesto inicialmente por Bernard Katz y colegas durante los decenios de 1950-59 y 1960-69. El modelo básico supone que un terminal presináptico contiene N sitios de liberación, en cada uno de los cuales sólo una vesícula cargada de sustancia neurotransmisora (un '*cuantum*' de neurotransmisor) se encuentra disponible para liberar su carga en la hendidura sináptica. Cuando un potencial de acción ocurre en el terminal, cada una de las N vesículas tiene, por un breve periodo de tiempo, una cierta probabilidad p de liberar su carga. Se asume que p es igual para cualquier vesícula y que no depende de que otra vesícula haya o no liberado su carga. De esta forma, la transmisión sináptica se conceptúa como un proceso probabilístico, por lo cual el número exacto de vesículas que liberan su carga fluctúa de un '*ensayo*' a otro, donde '*ensayo*' se define como la ocurrencia de un potencial de acción en el terminal. Más precisamente, la probabilidad P de que N vesículas liberen su carga como resultado de la ocurrencia de un potencial de acción en el terminal viene dada por la *distribución binomial*.

Los neurotransmisores no son proteínas, por lo cual carece de sentido preguntarse qué genes codifican cuáles neurotransmisores. Sin embargo, la síntesis de neurotransmisores requiere de *enzimas*, las cuales son proteínas sintetizadas a partir del material genético contenido en el núcleo de la neurona. Entonces tiene sentido preguntarse cuáles genes codifican las enzimas necesarias para la síntesis de neurotransmisores particulares. Por otra parte, el efecto de un neurotransmisor, una vez que es liberado en la hendidura sináptica, consiste en *ligarse* a moléculas especializadas denominadas '*receptores sinápticos*', las cuales también son proteínas que se encuentran insertas en la membrana de la neurona posináptica.¹² Tiene pleno sentido, entonces, preguntarse también cuáles genes codifican cuáles receptores sinápticos.

Existen dos tipos principales de receptores sinápticos, *ionotrópicos* y *metabotrópicos*. Un receptor ionotrópico es un canal iónico que se abre debido a la presencia de moléculas de sustancia neurotransmisora, permitiendo así el flujo de iones de cierto tipo a través de la membrana. Los *canales transmisor-dependientes de Na^+* constituyen un ejemplo abundante de este tipo de receptores sinápticos. Como parte de su configuración, este segundo tipo de canal de Na^+ posee lugares a los cuales pueden acoplarse moléculas de neurotransmisor (usualmente dos moléculas por canal). Ello causa la apertura de estos canales, lo cual resulta en una despolarización por encima del umbral y, en esa medida, en un potencial de acción. De esta manera, los potenciales de acción, en circunstancias naturales y en neuronas que constituyen el sistema nervioso de un organismo intacto, ocurren como resultado de despolarizaciones causadas por cambios en la configuración espacial de ciertas proteínas (apertura de canales de Na^+), los cuales dependen de la presencia de neurotransmisores liberados en los terminales axónicos de otras neuronas.

La transmisión sináptica que se logra mediante receptores ionotrópicos es rápida, ya que los receptores mismos son canales que se abren directamente debido a la presencia de moléculas de sustancia neurotransmisora. Por su parte, la transmisión sináptica que se logra mediante receptores metabotrópicos es considerablemente más lenta y compleja, y parece jugar un papel central en el tipo de cambios neuronales que se esperaría subyacen a fenómenos como el aprendizaje y la memoria a largo plazo. Estos receptores no son canales sino, más bien, proteínas sólidas que median los efectos de sustancias neurotransmisoras desencadenando una cascada de eventos bioquímicos en el interior de la neurona.

La mayor parte de estos receptores están ligados a otras proteínas llamadas '*G*', las cuales se encuentran insertas en la membrana, pero orientadas sólo hacia el interior de la célula. Algunas proteínas *G* están directamente ligadas a canales de Na^+ , los cuales se abren como resultado del cambio de configuración de aquellas. Otras proteínas *G* están

¹² Ciertas drogas ejercen sus efectos actuando directamente sobre los receptores posinápticos, ya sea activándolos o bloqueándolos. Por ejemplo, la nicotina activa los receptores de ACh, mientras que el curare los bloquea. Las benzodiazepinas (Valium®) y los barbitúricos ejercen su efecto calmante activando de manera directa, en conjunción con GABA, los receptores de esta sustancia, lo cual redundará en un incremento en la inhibición neuronal. El LSD actúa bloqueando los receptores de 5-HT. Otras drogas actúan alterando otros aspectos de la transmisión sináptica. Por ejemplo, el veneno de la viuda negra actúa estimulando la liberación de ACh. El antidepresivo Prozac® aumenta el tiempo de permanencia de 5-HT en la hendidura sináptica. La cocaína y la anfetamina tienen el mismo efecto, pero sobre la DA (la anfetamina además estimula la liberación de DA). La marihuana actúa estimulando la liberación de DA.

ligadas a proteínas 'efectoras', cuya configuración cambia como resultado de la modificación en la configuración de las proteínas G. Este cambio causa la síntesis de sustancias llamadas 'segundos mensajeros', los cuales al final abren canales iónicos, mediante un proceso conocido como 'fosforilación'.¹³ Existen, entonces, al menos tres tipos distintos de moléculas que funcionan como canales iónicos, además de los voltaje-dependientes, a saber, transmisor-dependientes, proteína G-dependientes y segundo mensajero-dependientes. Todas son proteínas sintetizadas a partir del material genético contenido en el núcleo de las neuronas.

La ocurrencia de potenciales de acción en cualquier segmento de una neurona, bajo condiciones naturales y en organismos intactos, depende de que los terminales axónicos de otras neuronas liberen sustancias neurotransmisoras en la hendidura sináptica. En este sentido, se puede decir que el funcionamiento de una neurona depende de su 'ambiente local', el cual está constituido por otras neuronas que liberan sustancias neurotransmisoras. Sin embargo, este 'ambiente' es interno al organismo. En este libro, el término 'ambiente' se utiliza sólo en referencia a eventos que son *externos* al organismo; el ambiente de un organismo, tal y como se emplea aquí, no consiste de neuronas ni de sustancias neurotransmisoras, sino de luces, sonidos, olores, sabores, texturas y temperaturas, relacionados entre sí de manera temporal y estadística en formas complejas.

Cabe preguntar, entonces, exactamente en qué consiste la relación entre tales eventos y el sistema nervioso de un organismo. Para responder esta pregunta, es preciso examinar el mecanismo de la *transducción sensorial*, el proceso de transformar cambios físico-químicos ambientales en impulsos nerviosos. Además, si por 'conducta' se entiende 'relación entre la actividad de un organismo y su medio ambiente' y 'actividad' alude a 'movimiento', entonces cabe también preguntar cómo se relaciona el sistema nervioso de un organismo con su actividad. Para responder esta pregunta se debe examinar el mecanismo de la *transducción motora*, el proceso de transformar impulsos nerviosos en movimiento. Estos serán los temas de las siguientes dos secciones.

TRANSDUCCIÓN SENSORIAL

El ambiente puede ser considerado como una *constelación de cambios físico-químicos*. Cuando éstos son detectados por un organismo, se les conoce genéricamente como *estímulos*. Un estímulo es, entonces, un cambio físico-químico ambiental *detectado por un organismo*. Por supuesto, quizá haya cambios de este tipo sin que un organismo los detecte. En este caso, no sería legítimo considerarlos como estímulos. Para que un evento califique como estímulo debe ser un cambio físico-químico ambiental *detectado por algún organismo*.

La detección de cambios físico-químicos ambientales es realizada por el sistema nervioso mediante neuronas especializadas llamadas *receptores* o *transductores*. El proceso de detección consiste en transformar estos cambios ambientales en impulsos nerviosos.

¹³ La fosforilación es una reacción química en la cual un grupo fosfato (PO_4^{2-}) es transferido del ATP (trifosfato de adenosina, la molécula que es la fuente de energía de las células) a otra molécula. Tal transferencia cambia la configuración tridimensional y, por tanto, el funcionamiento de la molécula fosforilada.

Los transductores constituyen el punto de contacto en el cual cambios físico-químicos en el ambiente se convierten en estímulos para un organismo. Los transductores son neuronas atípicas, por cuanto son las únicas que no reciben sinapsis de neurona alguna, y no poseen dendritas ni axones propiamente dichos; sin embargo, califican como neuronas por cuanto liberan neurotransmisores.

Un ejemplo de transducción es la *fototransducción*, el proceso de transformación de luz en impulsos nerviosos. Se sabe que este proceso ocurre en la retina, la cual está constituida por varios tipos de neuronas (por ello, estrictamente hablando, la retina es parte del cerebro, no del ojo). Más precisamente, la fototransducción ocurre en unas células especializadas llamadas *fotorreceptores*, uno de los tipos de neuronas que constituyen la retina. Los fotorreceptores, entonces, son neuronas *directamente* afectadas por la luz. Cuando se les expone a la luz se desata una cascada de eventos bioquímicos que, a la larga, resulta en impulsos nerviosos que son transmitidos de una neurona a otra a través de sinapsis, hasta alcanzar el cerebro.¹⁴

La fototransducción es sólo un ejemplo de transducción sensorial. Otros ejemplos son la detección de sonidos, texturas y temperaturas, olores y sabores. La separación entre los distintos sentidos se basa en una distinción entre diferentes tipos de neuronas que reaccionan a cambios ambientales *específicos*. Los detalles fisiológicos y anatómicos de los varios tipos de transducción sensorial son numerosos y técnicamente complejos, por lo cual no se abordarán aquí (el lector puede estudiarlos en cualquier texto de neurobiología). Lo importante para este capítulo es que los eventos bioquímicos desencadenados por distintos cambios físico-químicos ambientales en distintos tipos de neurotransductores involucran igualmente proteínas que son sintetizadas a partir del material genético contenido en el núcleo tanto de los neurotransductores como del resto de las neuronas que constituyen un sistema sensorial. Entonces, un individuo también puede asemejarse a sus progenitores en que los mismos tipos de cambios físico-químicos en el ambiente causan los mismos tipos de procesos en sus órganos receptores. Es decir, uno posee neurotransductores sensoriales que son funcional y estructuralmente semejantes a los de sus progenitores. Dichos neurotransductores son afectados de la misma manera por la misma clase de cambio físico-químico en el ambiente, y sintetizan el mismo tipo de proteínas necesarias para tal detección.

¹⁴ En sentido estricto, los impulsos nerviosos, entendidos como potenciales de acción, no son generados por los fotorreceptores, a pesar de que éstos son neuronas. Ello representa una excepción en la manera en que funcionan usualmente las neuronas. La fototransducción funciona a la inversa, por cuanto la presencia de luz *hiperpolariza* a la membrana. En oscuridad total (p. ej., en un cuarto oscuro de revelado fotográfico), los fotorreceptores se encuentran en un estado permanente de despolarización, el cual redundará en una liberación relativamente continua de sustancia neurotransmisoras. Se sospecha que dicha sustancia es el aminoácido *glutamato*. Los fotorreceptores hacen sinapsis con otras células que constituyen la retina, denominadas *células bipolares*. El glutamato tiene un efecto inhibitorio sobre ellas, por lo cual su liberación por parte de los fotorreceptores hace que dichas células liberen mucho menos sustancia neurotransmisoras. Cuando fotones de luz inciden sobre un fotorreceptor, se dispara una cascada de eventos bioquímicos en su interior, la cual resulta en una hiperpolarización de su membrana. Ello hace que el fotorreceptor libere menos sustancia neurotransmisoras, lo cual resulta en una despolarización de la membrana de la célula bipolar. Las células bipolares hacen sinapsis con las células *ganglionares* (otro tipo de neuronas que constituyen la retina), cuyos axones forman el nervio óptico. Una mayor liberación de sustancia neurotransmisoras por parte de las células bipolares lleva a la ocurrencia de potenciales de acción en las células ganglionares. Dichos potenciales de acción constituyen los impulsos nerviosos resultantes de la fototransducción.

De nuevo, no sólo se hereda un material genético, sino también un ambiente. Si desde el nacimiento el ambiente es, por alguna razón, de oscuridad total, entonces se heredaría sólo el material genético necesario para la síntesis de proteínas necesarias para la fototransducción. No se habría heredado un ambiente, en el sentido de que el ambiente del individuo sería muy diferente del de sus padres. Bajo tales circunstancias, es probable que dicho material hubiera servido de muy poco al individuo.

El punto crucial aquí es que lo que se hereda genéticamente es el *material necesario* para la síntesis de proteínas necesarias para la transducción sensorial; esta última *per se* es el resultado de la activación de tales proteínas por parte de cambios físico-químicos ambientales. Entonces, la transducción sensorial, como tal, no se hereda genéticamente, aunque se puede afirmar que se hereda en el sentido genérico del término, es decir, en el sentido de que la forma en la cual este proceso ocurre en un organismo cualquiera tiende a ser semejante a la forma en la cual ocurre en sus progenitores.

Entonces, la transducción sensorial, como tal, es una *relación* entre ciertos cambios físico-químicos en el ambiente y ciertos cambios bioquímicos en el organismo, los cuales dependen tanto del material heredado genéticamente (en la medida en que dependen de la síntesis de proteínas) como de un ambiente con ciertas características. Sin luz, por ejemplo, las proteínas sintetizadas a partir del material genético de los fotorreceptores, así como el material genético mismo, permanecerían funcionalmente inertes. Sin un ambiente adecuado, lo heredado genéticamente se vuelve poco relevante.

TRANSDUCCIÓN MOTORA

La transducción motora es el proceso de transformación de impulsos nerviosos en *contracciones musculares*. Dicha transformación tiene lugar en las células musculares, mediante un tipo especial de sinapsis denominado '*placa neuromuscular*', la cual es una sinapsis cuya estructura presináptica es el terminal sináptico de una neurona que, a su vez, recibe impulsos nerviosos del cerebro a través de la médula espinal, y cuya estructura *posináptica* es una *fibra muscular*. Hay distintos tipos de músculos (*esquelético, liso y cardíaco*). Este capítulo se centrará en la musculatura esquelética (también llamada '*estriada*'), por lo cual se restringirá a los vertebrados, aun cuando la investigación del movimiento en invertebrados constituye un tema de investigación importante en las neurociencias.

Los músculos estriados constituyen lo que se denomina '*sistema muscular esquelético*', ya que están adheridos a los *huesos* mediante los *tendones*, lo cual permite el movimiento. En este sentido, podría decirse que el movimiento de los vertebrados consiste en mover un esqueleto en el espacio. De nuevo, no debe equipararse movimiento con conducta. Conducta es movimiento *en relación con* un medio. Aquí se describe la transducción motora como el proceso principal que tiene lugar en los niveles celular y molecular del sistema nervioso de un organismo cuando éste se mueve.

La musculatura esquelética consiste, como cualquier otro sistema, de células. En este caso, las células son *fibras musculares*, las cuales se dividen en *extrafusales e intrafusales*. Las fibras extrafusales reciben sinapsis (y, por tanto, sustancia neurotransmisora) de *neuronas motoras alfa*, cuyos cuerpos se encuentran en la parte interior de la médula

espinal.¹⁵ Como ya se mencionó, las neuronas motoras alfa liberan ACh como resultado de la ocurrencia de potenciales de acción en sus terminales axónicos. Cuando son liberadas, las moléculas de ACh se ligan a canales de sodio insertos en la membrana de las fibras extrafusales. Ello causa una inversión en la polaridad de dichas fibras, análoga a los potenciales de acción observados en neuronas, lo cual resulta en su *contracción*. Tal contracción consiste en una especie de movimiento de 'remar' de moléculas de *actina* sobre moléculas de *miosina*. La actina y la miosina son proteínas sintetizadas a partir del material genético contenido en los núcleos de las fibras extrafusales.¹⁶

Como puede verse, la síntesis de proteínas también desempeña una función clave en el movimiento de un organismo. Todo individuo hereda genéticamente el material necesario para sintetizar las proteínas que constituyen la base molecular de la contracción de fibras extrafusales; de modo que los organismos también se parecen a sus progenitores en las bases moleculares de la forma en la cual se mueven. Sin embargo, tal movimiento es posible sólo en un ambiente con ciertas características físicas (p. ej., una cierta fuerza de gravedad), sin el cual quizá el material genético necesario para la síntesis de actina y miosina en las fibras extrafusales sería inútil.

DECLARACIÓN ANTIRREDUCCIONISTA

Lo anterior representa una descripción muy breve del tipo de estructuras y eventos que tienen lugar en los niveles molecular y celular del sistema nervioso de un organismo cuando su actividad se relaciona con su ambiente. A manera de ejemplo de tales estructuras y procesos, se han descrito brevemente los mecanismos de la transducción sensorial y la transducción motora. Tales mecanismos constituyen los *extremos*, por así decirlo, de la relación organismo-ambiente. Entre estos extremos hay una compleja red de *interneuronas* conectadas unas con otras, las cuales median las relaciones entre la transducción sensorial y la motora y permiten el funcionamiento integrado del sistema nervioso. Entonces, hay una relación *indirecta* entre un extremo y otro. Virtualmente

¹⁵ A simple vista, conglomerados de *cuerpos* de millones de neuronas tienen una apariencia grisácea, por lo cual se utiliza con frecuencia el término '*materia gris*' para referirse a tales conglomerados. En este sentido, los cuerpos de las neuronas motoras alfa constituyen parte de la materia gris de la médula espinal. La materia gris de la médula se encuentra hacia adentro y está rodeada por *materia blanca*, cuyo aspecto se debe a la presencia de axones mielinizados. En el cerebro, la mayor parte de la sustancia gris se encuentra hacia afuera (esta inversión se debe a razones geométricas), formando la *corteza cerebral*, la cual está constituida por las *áreas corticales*. Estas áreas se subdividen en *sensoriales y motoras*, y son consideradas como responsables de las llamadas '*funciones cerebrales superiores*'. La otra parte de la sustancia gris del cerebro se encuentra hacia adentro, conformando los *núcleos subcorticales*.

¹⁶ La actina también tiene un papel central en la transducción que tiene lugar cuando ondas de sonido son transformadas en impulsos nerviosos. Los audiorreceptores se conocen como '*células ciliares*', porque poseen adheridos a uno de sus extremos un conjunto de *cilios* (algo así como unas pestañas). Estos cilios contienen actina, lo cual los hace rígidos. Las ondas de sonido causan el movimiento de unas membranas especializadas que, a su vez, mueven los cilios en diferentes direcciones, dependiendo de la frecuencia de las ondas. Es este movimiento el que da lugar a los impulsos nerviosos que, después, son transmitidos a las áreas auditivas de la corteza cerebral.

toda conducta, no importa cuán simple o compleja sea, involucra el funcionamiento integrado de lo sensorial y lo motor.¹⁷

Sin embargo, los mismos tipos de estructuras (proteínas, neuronas y sinapsis) y tipos de eventos (la liberación de sustancias neurotransmisoras, la activación de neuroreceptores, y la ocurrencia de potenciales de acción) tienen lugar en los niveles molecular y celular en *todo* el sistema nervioso de un organismo. Entonces, la complejidad en esos tipos de estructuras y eventos pareciera ser considerablemente menor que la complejidad conductual que se observa en un mismo organismo en diversas circunstancias y en diferentes organismos en circunstancias semejantes.¹⁸

Resulta tentador intentar *reducir* la inmensa complejidad que se observa en la conducta de los organismos a estructuras y eventos considerablemente más simples. Aun si tal reducción fuera *en principio* posible (aunque de hecho no lo es), se debe recordar que aquí se ha definido 'conducta' como 'relación entre el movimiento de un organismo *total* y su ambiente'. Ello obliga a considerar al organismo *en su totalidad*. Por tanto, si se pretendiera entender la conducta de un organismo total *exclusivamente* en términos de estructuras y eventos que tienen lugar en los niveles molecular y celular de su sistema nervioso, se haría necesario construir una *descripción completa* de tales estructuras y eventos cuando el organismo se mueve en su ambiente. Tal descripción, sin embargo, resultaría en algo prácticamente inmanejable, puesto que la conducta involucra un número astronómico de *realizaciones particulares* de tales estructuras y eventos, aun cuando los distintos tipos de estructuras y eventos sean relativamente poco numerosos.¹⁹

En el capítulo 2 se presentó la manera jerárquica en la cual se organiza la estructura y funcionamiento de un organismo. Dicha organización muestra que tal funcionamiento depende no sólo de lo que ocurre en los niveles molecular y celular, sino también de exactamente cómo se relacionan sus células para formar tejidos, los tejidos para formar órganos, los órganos para formar sistemas, y de cómo los distintos sistemas se relacionan entre sí. Así, el funcionamiento del sistema nervioso de un organismo depende también

¹⁷ Como siempre, hay excepciones a la 'regla'. Por ejemplo, existen los llamados 'espasmos musculares', que consisten en fuertes contracciones musculares involuntarias que no parecen ser evocadas por estímulo sensorial alguno. Un ejemplo particularmente dramático de esto es la enfermedad de Parkinson (véase Nota 10).

¹⁸ Esta afirmación se basa sobre la idea de que la complejidad de un fenómeno viene dada por el número de *categorías diferentes* utilizadas para describirlo. Bajo este concepto, entonces, la complejidad de un fenómeno cualquiera es *relativa* al número de categorías que utilizemos para describirlo. Aquí he utilizado términos tales como 'neurona', 'sinapsis', 'sustancia neurotransmisor', 'proteína', y 'potencial de acción', los cuales nombran cinco categorías diferentes. Por supuesto, es posible definir un mayor número de categorías (a partir de distintos tipos de neuronas, proteínas y neurotransmisores). Pero la afirmación en cuestión supone el uso de estas categorías en particular, así como el uso de un número sustancialmente mayor de categorías para describir la conducta.

¹⁹ Se estima que en un cerebro humano típico, por ejemplo, hay entre 10^{11} y 10^{12} neuronas, y que cada una puede hacer entre 10^3 y 10^4 sinapsis con otras neuronas. Una sola neurona, a su vez, puede poseer cientos de miles de canales iónicos (tanto dependientes del voltaje como del transmisor) en un segmento relativamente pequeño de su membrana, los cuales pueden dar lugar a decenas de potenciales de acción en ese segmento por segundo. A manera de analogía, si se pusiera por escrito la descripción completa de todo lo que sucede en *un solo* organismo observado durante un día, resultaría en cientos de miles de millones de volúmenes (por lo menos todos los volúmenes contenidos en todas las bibliotecas del mundo, quizá mucho más).

de su *arquitectura* o *anatomía*. En el caso del sistema nervioso, el término 'anatomía' no sólo se refiere a la clasificación de las distintas partes que lo constituyen, sino también la forma en la cual las neuronas que constituyen cada parte están conectadas entre sí formando el tejido neuronal. Dicha forma se conoce técnicamente como '*citoarquitectura*'. Entonces, para comprender el funcionamiento de un sistema nervioso no es suficiente con entender lo que ocurre en sus niveles molecular y celular. También es preciso conocer su citoarquitectura. A continuación se presenta un ejemplo.

Considérense las tres redes hipotéticas de neuronas mostradas en la figura 3-4, etiquetadas como R1, R2 y R3, las cuales están constituidas exactamente por el mismo número de neuronas (etiquetadas como N1, N2, N3 y N4). También, supóngase que el material genético contenido en el núcleo es idéntico de una neurona a otra, por lo cual todas las neuronas funcionan exactamente de la misma manera y sintetizan precisamente el mismo

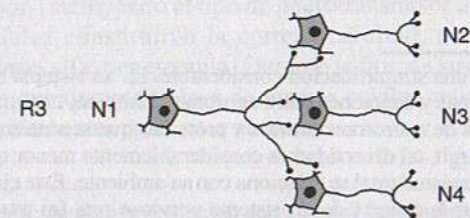
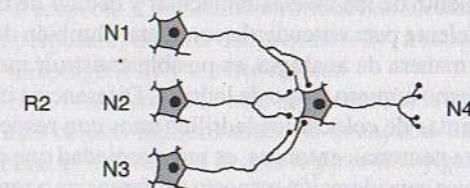
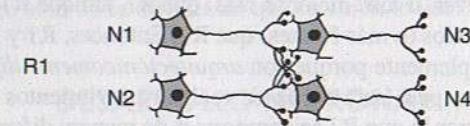


Figura 3-4. Tres redes neuronales hipotéticas, cada una constituida por cuatro neuronas. La única diferencia entre las redes es su citoarquitectura.

tipo de proteínas en justamente la misma cantidad.²⁰ La única diferencia entre las microrredes es la manera en la cual sus neuronas constituyentes están conectadas. En R1, por ejemplo, tenemos que N1 y N2 hacen sinapsis con N3 y N4. En R2 se observa que N1, N2 y N3 hacen sinapsis con N4. Y en R3 puede verse que N1 hace sinapsis con N2, N3, y N4.

Es posible simplificar aún más el ejemplo y asumir que estas redes constituyen organismos completos, de tal manera que las neuronas de la derecha son entradas (neuronas que reciben directamente sinapsis de transductores) y las de la izquierda salidas (neuronas motoras que hacen directamente sinapsis con fibras musculares extrafusales).²¹ Por último, supóngase, sobre la base de la Ley del todo o nada, que cualquier neurona puede estar activada (1) o desactivada (0) en un momento particular. Sobre esta base, es factible definir la conducta de una red como el conjunto de relaciones entrada-salida que es capaz de realizar.

La capacidad de entrada de R1 es igual a la de salida. Sin embargo, la capacidad de entrada de R2 no sólo es mayor que la de R1, sino también mayor que la de salida. Entonces, R2 será capaz de 'ver' u 'oír' mejor (o más) que R1, aunque R1 será capaz de realizar movimientos más variados (o más fuertes) que R2. Entonces, R1 y R2 se comportarán de maneras diversas, simplemente porque son *arquitectónicamente diferentes*. Por su parte, R3 'verá' u 'oirá' peor, pero será capaz de realizar movimientos más variados (o más fuertes) que R1 y R2, por lo que R3 se comportará de manera diferente de R1 y R2.

Este ejemplo demuestra que una homogeneidad total en los niveles molecular y celular puede resultar en diversidad conductual. Ello se debe a que la citoarquitectura neuronal es una propiedad *colectiva* que no se encuentra en neurona individual alguna, pero que puede hacer una diferencia importante en el funcionamiento total del sistema. Entonces, un conocimiento de los niveles molecular y celular de un sistema nervioso es necesario, mas no suficiente para entender la conducta. También debe tomarse en cuenta su citoarquitectura. A manera de analogía, es posible construir muchas casas diferentes con exactamente el mismo número y tipo de ladrillo. Diferencias importantes emergerán a partir de formas distintas de colocar los ladrillos unos con respecto a otros.

La citoarquitectura neuronal, entonces, es una propiedad que debe ser considerada a la hora de hacer cualquier consideración respecto a diferencias o semejanzas conductuales entre individuos. Y es una propiedad que *no* se hereda genéticamente, por cuanto ninguna sinapsis está constituida por ADN. Se puede decir que la citoarquitectura del sistema nervioso de un organismo es un rasgo fenotípico heredado, sólo en el sentido general de ese término (a saber, para referirse a una semejanza con respecto a la citoarquitectura del

²⁰ Ello, por supuesto, es una simplificación considerable. En un sistema nervioso real hay mucha mas diversidad de formas y funciones entre neuronas. También, hay una variedad considerable entre los distintos tipos de neurotransmisores y proteínas que se sintetizan en los distintos tipos de neuronas. Sin embargo, tal diversidad es considerablemente menor que la que usualmente se observa cuando un organismo total se relaciona con su ambiente. Este ejemplo hipotético, entonces, no intenta capturar la riqueza de un sistema nervioso real (ni mucho menos), sino argüir cómo la arquitectura o anatomía de una red de neuronas puede hacer una diferencia importante, aun suponiendo que las neuronas fueran idénticas estructural y funcionalmente.

²¹ Para efectos del ejemplo, he excluido los transductores y las fibras musculares. Si el lector desea redes un poco mas realistas, puede agregar un transductor por cada neurona de entrada y una fibra muscular extrafusil por cada neurona motora, pero en realidad no es necesario para el argumento.

sistema nervioso de los progenitores).²² También podemos afirmar que una parte de la citoarquitectura del sistema nervioso es innata, en el sentido de que se encuentra presente en el organismo recién nacido. Sin embargo, carece por completo de sentido afirmar que la citoarquitectura neuronal se hereda *genéticamente*. De nuevo, estrictamente hablando, lo único que se hereda genéticamente es ADN.

Lo anterior, por supuesto, no significa que lo heredado genéticamente no tenga función alguna en la determinación de la citoarquitectura del sistema nervioso de un organismo. Por el contrario, juega un papel central, en la medida en que la síntesis de proteínas sea una condición necesaria para la formación de sinapsis. Sin embargo, dicha síntesis no es una condición suficiente. Otras condiciones deben cumplirse para que una neurona pueda hacer sinapsis con otra. Ni siquiera es posible afirmar que la citoarquitectura está codificada en los genes, ya que el número de genes de un organismo es insuficiente para codificar la manera en la cual todas y cada una de las neuronas están conectadas entre sí. Ciertamente, el material genético resulta crítico para la forma en la cual las neuronas se conectan entre sí, pero sólo en la medida en que también lo sea la síntesis de proteínas.

DESARROLLO NEURONAL

Una parte importante de la citoarquitectura del sistema nervioso de un organismo se construye progresivamente durante su *desarrollo* (tanto embrionario como posterior al nacimiento), específicamente, durante su *desarrollo neuronal*. En esta sección se resumen algunas ideas básicas al respecto. Los neurocientíficos han identificado ciertas fases que ocurren (de manera superpuesta) durante dicho desarrollo, a saber, proliferación, migración, especificación, sinaptogénesis y muerte celular.

La proliferación es la fase durante la cual se generan células a través de la mitosis. Dicha división resulta en células indiferenciadas o inmaduras llamadas '*neuroblastos*'. Las nuevas células literalmente *migran* de sus lugares de origen a distintas partes del sistema nervioso en desarrollo. Algunos neuroblastos se convierten en neuronas maduras, diferenciadas casi inmediatamente después de ser generados, mientras que otros maduran luego de la fase de migración. Este proceso de maduración se conoce como *diferenciación fenotípica*. Durante este proceso, el neuroblasto se transforma en una neurona madura, lo cual implica, entre otras cosas, que genera su axón, sus dendritas, y se determina su función (incluyendo el tipo de neurotransmisor que sintetizará). De esta manera, algunas células constituirán la corteza cerebral, otras la médula espinal, transductores y neuronas alfa, por ejemplo. Durante la fase de sinaptogénesis, se forman las sinapsis, mientras que durante la fase de muerte celular, mueren aquellas neuronas que no hicieron sinapsis con ninguna otra neurona.

²² En el capítulo anterior se analizó la distinción entre rasgos heredados y rasgos heredables. Para afirmar que la citoarquitectura del sistema nervioso de los organismos de cierta especie es heredable, debe demostrarse que tiende a ser semejante a la de sus progenitores, a lo largo de múltiples generaciones sucesivas en la historia de esa especie. Hasta ahora no se ha obtenido demostración rigurosa al respecto, pero aun en caso de que se demostrara que la citoarquitectura es un rasgo heredable, ello no significaría que es genéticamente heredado.

El desarrollo neuronal continúa durante años después del nacimiento, lo cual hace difícil establecer un límite tajante entre lo innato y lo adquirido en el sistema nervioso de un organismo (véase capítulo 2). Ciertamente, el organismo recién nacido ya posee gran parte de su sistema nervioso, por lo cual todas las proteínas, neuronas y tejidos que lo constituyen durante ese periodo califican como innatas. Sin embargo, el sistema nervioso sigue desarrollándose por años luego del periodo de recién nacido, por lo cual todas las proteínas, tejidos y neuronas generadas después califican como adquiridas.²³ Ello implica que el ambiente posee una función central en ese desarrollo.

En efecto, aun cuando el desarrollo neuronal está fuertemente determinado por el material genético del organismo (en la medida en que depende de la síntesis de proteínas), se sabe que también está fuertemente determinado por el ambiente, en particular durante la etapa de sinaptogénesis. Se ha determinado, por ejemplo, que el ambiente es crucial para la formación de sinapsis en la retina de un organismo. En un experimento, gatos recién nacidos fueron sometidos a obscuridad total durante semanas, lo cual impidió que se formaran sinapsis en sus retinas, causándoles ceguera total. Dicha ceguera no se debió a un mal funcionamiento del sistema visual de los organismos, sino a la falta de formación de las sinapsis a nivel retinal, como consecuencia de la ausencia de estimulación ambiental durante el desarrollo biológico temprano.

APRENDIZAJE Y SISTEMA NERVIOSO

En otros capítulos del presente texto se describen en detalle las distintas formas de cambio conductual involucradas en el aprendizaje y cómo han sido estudiadas a nivel experimental. Sin embargo, es importante examinar al menos una fracción de lo que actualmente se cree que sucede en los niveles molecular y celular del sistema nervioso de un organismo cuando éste aprende. El conocimiento estrictamente científico acerca de este tema (así como del resto de los temas discutidos en los capítulos 2 y 3) proviene fundamentalmente de investigación de laboratorio con *sistemas modelo*.

Un sistema modelo es una *preparación* lo suficientemente simple y confiable como para permitir la ejecución de experimentos. Las plantas de guisantes de Mendel, el análisis genético en ratones y moscas, y el axón del calamar utilizado por Hodgkin y Huxley son ejemplos de sistemas modelo. Los perros de Pavlov salivando ante comida y sonidos, ratas presionando una palanca, palomas picoteando un disco y conejos parpadeando ante un soplo de aire (o un choque eléctrico) aplicado al globo ocular son ejemplos de sistemas modelo utilizados frecuentemente para estudiar experimentalmente el aprendizaje (véase capítulo 4).

²³ El lector podría pensar que las partes innatas del sistema nervioso están más determinadas por lo genético (y menos por lo ambiental) que las adquiridas. Sin embargo, debe recordarse que el funcionamiento de una neurona 'innata' (es decir, una neurona que se encuentra presente en el organismo recién nacido) depende de la síntesis de proteínas tanto como una neurona 'adquirida' (es decir, que es producida en el organismo luego del periodo de recién nacido). Entonces, al menos en el nivel celular, lo genético y lo ambiental tienen funciones igualmente importantes en lo innato y lo adquirido. Lo mismo puede decirse del funcionamiento y estructura del sistema nervioso en niveles más inclusivos.

En esta sección se describen dos tipos de sistemas modelo (*Aplysia californica* y la preparación hipocámpal *ex vivo*) utilizados para estudiar lo que sucede en los niveles molecular y celular de ciertas partes del sistema nervioso de un organismo cuando éste muestra ciertas formas simples de aprendizaje y conducta (habitación y potenciación a largo plazo). De nuevo, el énfasis sobre estos niveles se debe a que es en ellos donde lo genéticamente heredado se hace más relevante.

HABITUACIÓN EN APLYSIA CALIFORNICA

La habituación es un fenómeno en el cual la intensidad de una respuesta incondicionalmente provocada por un estímulo (es decir, ocasionada sin necesidad de experiencia previa alguna con ese estímulo) disminuye como resultado de la presentación repetida de instancias de ese estímulo. Tales instancias deben presentarse de forma tal que cada una esté separada por un intervalo relativamente corto. Este fenómeno se considera comúnmente como la forma más simple de aprendizaje, por cuanto la actividad del organismo (una respuesta particular) cambia como resultado de ciertas condiciones ambientales (la ocurrencia repetida de un cierto tipo de estímulo). En la vida cotidiana, con frecuencia se experimenta esta forma de aprendizaje cuando uno se *acostumbra* a ciertos eventos que provocan ciertas respuestas en nosotros (p. ej., a ruidos fuertes que causan sobresalto).

Lo que sucede en los niveles molecular y celular en el sistema nervioso de un organismo durante la habituación ha sido estudiado experimentalmente por Eric R. Kandel y colegas desde el decenio de 1970-79, utilizando el caracol marino (*Aplysia californica*), un invertebrado, como sujeto experimental. La respuesta que estudiaron fue la retracción de la branquia cuando es estimulada de cierta manera (p.ej., al aplicársele un chorro fuerte y fino de agua). La duración de la retracción (índice de la intensidad de la respuesta) disminuye a medida que la branquia es estimulada repetidas veces, lo cual representa un ejemplo de habituación.

Kandel y sus colaboradores determinaron que esta forma de aprendizaje se debe a un cambio particular en las sinapsis que las neuronas sensoriales que detectan el estímulo hacen con las neuronas motoras, las cuales determinan la retracción de la branquia. Específicamente, mostraron que la habituación en este sistema modelo se debe a una *depresión en la transmisión sináptica* por parte de las neuronas sensoriales. Dicha depresión consiste en una disminución en la cantidad de sustancia neurotransmisora (glutamato) en los terminales axónicos de dichas neuronas, este decremento tiene como consecuencia una reducción en la ocurrencia de potenciales de acción en las neuronas motoras.

La activación repetida de las neuronas sensoriales causa una disminución en la entrada de Ca^{2+} en sus terminales axónicos. No se sabe exactamente por qué sucede esto, pero se cree que la ocurrencia repetida de potenciales de acción en los terminales axónicos de la neurona sensorial causa algún tipo de 'fatiga' en los canales de Ca^{2+} , lo cual hace que se abran menos fácilmente. Ello muestra que aun una proteína (un canal de Ca^{2+}) puede ser 'plástica', en el sentido de que su funcionamiento puede cambiar exclusivamente debido a la experiencia del organismo con su ambiente, lo cual representa un ejemplo extraordinario de cómo el funcionamiento de proteínas involucradas en el aprendizaje y la conducta llega a depender del ambiente.

Al parecer, entonces, la habituación (al menos en el caracol marino), no provoca de manera directa la síntesis de proteínas. Sin embargo, el caracol marino también ha sido

utilizado para determinar qué sucede en los niveles molecular y celular del sistema nervioso de un organismo cuando éste muestra formas más complejas de aprendizaje (p. ej., condicionamiento clásico). La evidencia disponible al respecto sugiere que el tipo de manipulaciones ambientales involucradas en tales formas de aprendizaje provoca no sólo la activación de proteínas ya sintetizadas, sino también la síntesis de nuevas proteínas.

POTENCIACIÓN A LARGO PLAZO EN LA PREPARACIÓN HIPOCAMPAL

En 1966, el neurocientífico finlandés Terje Lømo reportó un fenómeno que posteriormente fue llamado '*potenciación a largo plazo*', el cual ha recibido (y continúa recibiendo) gran atención por parte de los neurocientíficos. Luego de varios intentos fallidos de repetirlo (en ciencia, la posibilidad de repetir un fenómeno es de vital importancia), Lømo, junto con el neurocientífico canadiense Tim Bliss, lograron repetirlo con éxito en 1973. A partir de entonces, el fenómeno ha sido replicado de manera consistente en distintos laboratorios de neurociencia alrededor del mundo. El fenómeno fue inicialmente localizado (y es usualmente estudiado) en una estructura denominada '*hipocampo*', pero ha sido observado en otras partes, por lo cual se piensa que es un fenómeno relativamente común en el cerebro. Aquí se analizará el fenómeno tal y como ha sido observado en el hipocampo.

El hipocampo es una estructura que se encuentra en la corteza cerebral (la '*materia gris*' del cerebro; véase Nota 15) de los vertebrados, por lo cual se considera que es evolutivamente muy antigua (tanto, que a veces se le denomina '*paleocorteza*'). Aun cuando se habla del hipocampo en singular, hay uno en cada hemisferio cerebral, por lo cual todos los vertebrados poseen en realidad *dos* hipocampos. En los humanos, los hipocampos se encuentran ubicados debajo de los lóbulos temporales y orientados hacia el *tallo cerebral* (la parte interna del cerebro que eventualmente se convierte en la médula espinal); ocupan una proporción significativamente reducida de la corteza, en comparación con peces, aves y roedores.

Como cualquier parte del sistema nervioso, un hipocampo es una estructura tridimensional (es decir, ocupa espacio no sólo transversal sino también longitudinalmente) que no es fácil representar visualmente sobre un plano de dos dimensiones. Su citoarquitectura, por lo general, se describe de manera simplificada, sobre un corte transversal. Vista así, consiste fundamentalmente de dos capas delgadas de neuronas, dobladas una sobre la otra, como dos letras mayúsculas C una frente a la otra, formando una figura que se asemeja a un caballito de mar (de allí su nombre). Una de las capas se denomina '*circunvolución dentada*' y la otra '*cuerno de Ammon*' (CA). Las neuronas que constituyen la circunvolución dentada se conocen como '*granulares*'. El CA se subdivide en cuatro regiones, de las cuales aquí interesan dos: CA3 y CA1. Las neuronas que constituyen estas regiones reciben el nombre de '*piramidales*', debido a que sus cuerpos parecen pequeñas pirámides.

La entrada del hipocampo es un conjunto de neuronas que constituyen la *corteza entorrina*, cuyos axones constituyen la *vía perforante*, por la cual entran impulsos provenientes de diversas partes del cerebro, incluyendo las áreas sensoriales y el hipotálamo. Los terminales de estos axones hacen sinapsis con las neuronas de la circunvolución dentada, cuyos axones constituyen las *fibras musgosas*. Los terminales de estos axones, a su vez, hacen sinapsis con las neuronas de CA3, cuyos axones se subdividen en dos ramas. Una rama (llamada '*fórnix*') sale del hipocampo, hacia otras áreas del cerebro.

Los terminales de la otra rama, llamada '*colateral de Schaffer*', forman sinapsis con las neuronas de CA1. La figura 3-5 muestra de manera esquemática esta citoarquitectura.

Un procedimiento típico para obtener la potenciación a largo plazo involucra una preparación *ex vivo*, la cual consiste en extirpar uno de los hipocampos de una rata o un conejo y cortarlo transversalmente para obtener una rebanada fina de tejido neuronal, el cual es mantenido en condiciones especiales para que permanezca vivo por varias horas. Luego, se estimulan eléctricamente los axones que constituyen la rama colateral de Schaffer (originalmente, Lømo y Bliss estimularon la vía perforante y registraron la actividad de las neuronas de la circunvolución dentada) y se registra la actividad de las neuronas de CA1 (figura 3-5).

La potenciación a largo plazo se obtiene sólo si la estimulación es *tetánica*. Ello significa, por una parte, que los choques eléctricos deben ser lo suficientemente intensos como para causar potenciales de acción en aquellos axones y, por otra, que estos potenciales deben ocurrir lo más cercanamente posible en el tiempo (por lo menos 20 potenciales por segundo, durante casi 15 segundos). El efecto de esta forma de estimulación es un incremento sustancial en la magnitud de la activación de las neuronas de CA1 ante estimulación no tetánica (choques débiles distanciados en el tiempo). El efecto se mantiene mientras el tejido permanezca vivo. En el caso de preparaciones *in vivo* (con electrodos implantados en animales vivos y en estado de vigilia), la potenciación puede mantenerse durante semanas e inclusive por el resto de la vida del animal.

Se ha determinado que para que el fenómeno ocurra, es necesario también que las neuronas de CA1 sean activadas por la estimulación tetánica aplicada a los axones que constituyen la rama colateral de Schaffer. Si se impide, mediante un bloqueo químico, que estas neuronas se activen durante la estimulación tetánica, la potenciación a largo

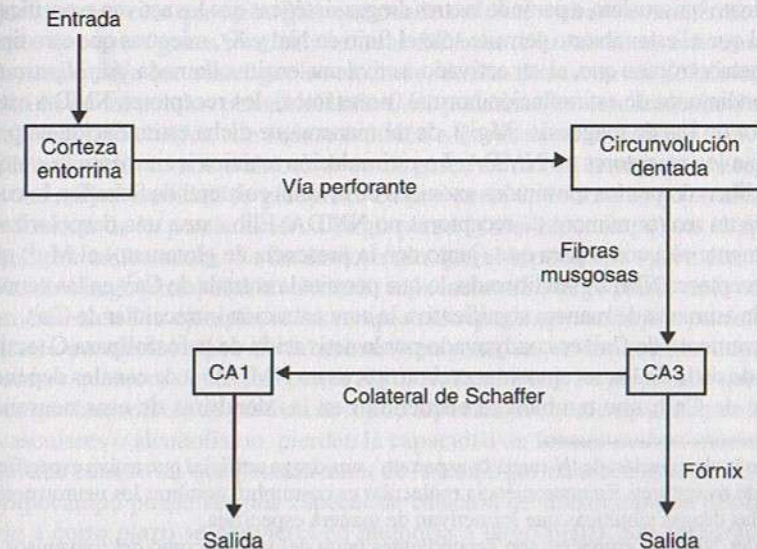


Figura 3-5. Representación esquemática de la citoarquitectura del hipocampo. Las cajas representan grupos de cuerpos neuronales y las flechas representan sus axones.

plazo no se observará cuando dicho bloqueo termine y estas neuronas reciban estimulación no tetánica. El lector atento se preguntará cómo es posible que una neurona pueda ser activada con distintas intensidades, si el potencial de acción es un evento de todo o nada. En realidad, lo que se registra en las neuronas de CA1 no son potenciales de acción propiamente dichos, sino potenciales posinápticos excitatorios.

La potenciación a largo plazo puede ser definida, entonces, como un incremento sustancial y prolongado en la magnitud de los potenciales posinápticos excitatorios de ciertas neuronas (aquí aquellas que constituyen CA1) ante estimulación no tetánica, como resultado de una estimulación tetánica previa de los axones que hacen sinapsis con esas neuronas (en este caso, aquellos que constituyen la rama colateral de Schaffer). Tal incremento aumenta la probabilidad de que esas neuronas alcancen el umbral y produzcan potenciales de acción.

La potenciación a largo plazo, entonces, involucra una especie de sensibilización de ciertas neuronas, en el sentido de que éstas tienden a responder más fuertemente a estimulación no tetánica, luego de haber sido sometidas a una estimulación tetánica. Para explicar el fenómeno, los neurocientíficos distinguen entre la inducción de la potenciación propiamente dicha y su mantenimiento a largo plazo. La mayoría de los neurocientíficos están de acuerdo en que la inducción depende inicialmente de dos factores. Primero, la sustancia neurotransmisora liberada por los terminales axónicos de las neuronas presinápticas (tanto de la rama colateral de Schaffer como de la vía perforante) es el aminoácido *glutamato*. Segundo, las dendritas de las neuronas posinápticas (tanto de CA1 como de la circunvolución dentada) poseen dos tipos generales de receptores que son específicos para el glutamato, a saber, receptores NMDA y no NMDA.²⁴

Un receptor NMDA es un canal que al estar abierto permite el flujo de Ca^{2+} (hacia adentro), Na^+ (hacia adentro) y K^+ (hacia afuera). Un tipo de receptor no NMDA (llamado AMPA/cainato/quiscualato, a partir de las tres drogas sintéticas que los activan específicamente) es un canal que al estar abierto permite sólo el flujo de Na^+ y K^+ , mientras que otro tipo es un receptor metabotrópico que, al ser activado, activa una enzima llamada 'fosfolipasa C'.

En condiciones de estimulación normal (no tetánica), los receptores NMDA están bloqueados por un ion de magnesio (Mg^{2+}), de tal manera que dicha estimulación en principio afecta sólo a los receptores no NMDA. La estimulación tetánica incrementa la cantidad de glutamato liberado por los terminales axónicos de la rama colateral de Schaffer, lo cual hace que se abra un mayor número de receptores no NMDA. Ello causa una despolarización lo suficientemente alta como para que (junto con la presencia de glutamato) el Mg^{2+} que bloquea los receptores NMDA sea liberado, lo que permite la entrada de Ca^{2+} en las neuronas de CA1.²⁵ Ello aumenta de manera significativa la concentración intracelular de Ca^{2+} .

El incremento de Ca^{2+} es coadyuvado por la activación de la fosfolipasa C (activación que depende de la de los receptores metabotrópicos no NMDA) y de canales dependientes del voltaje de Ca^{2+} , que también se encuentran en las dendritas de esas neuronas. Sin

²⁴ NMDA es la abreviación de 'N-metil-D-aspartato', una droga artificial que activa específicamente este tipo de receptores. En neurociencia molecular es costumbre nombrar los neurorreceptores a partir de las drogas sintéticas que los activan de manera específica.

²⁵ Los canales NMDA, entonces, son dependientes tanto del voltaje como del transmisor, lo cual implica que debe poseer al menos dos 'compuertas', una que se abre gracias a la presencia de glutamato y otra gracias a la despolarización de la membrana (esta última es, precisamente, el ion Mg^{2+} que bloquea al canal NMDA).

embargo, la mayor parte del Ca^{2+} que entra en la célula se debe a la apertura de los receptores NMDA. El Ca^{2+} activa al menos tres tipos distintos de proteínas, a saber, la *calmodulina*, la *quinasa C* y la *quinasa II*. Se ha demostrado que la activación de estas proteínas es necesaria para la inducción de la potenciación, por cuanto ésta es bloqueada como resultado de inhibir aquellas de modo químico.

A diferencia del acuerdo general que existe con respecto a la inducción de la potenciación, no hay consenso con relación a los factores que determinan su mantenimiento a largo plazo. Ello se debe a que resulta extremadamente difícil determinar la secuencia de eventos moleculares a partir de la activación de aquellas proteínas por el Ca^{2+} . La investigación actual sugiere que a partir de ese punto tienen lugar por lo menos dos secuencias que, al combinarse, explicarían el mantenimiento a largo plazo de la potenciación.

Una secuencia parece involucrar un incremento en la sensibilidad de los receptores AMPA/quiscualato/cainato al glutamato, quizá mediante su *fosforilización* por parte de alguna de esas proteínas. La creencia en la existencia de una segunda secuencia se basa en el hecho de que la potenciación a largo plazo causa un incremento en la cantidad de glutamato liberado por las neuronas presinápticas. Este incremento no se observa si se impide la inducción de la potenciación mediante alguna manipulación realizada sobre las neuronas posinápticas (p. ej., el bloqueo químico de los receptores NMDA o de las cinasas dependientes del calcio); lo cual sugiere fuertemente que, de alguna manera, las neuronas posinápticas 'informan' a las neuronas presinápticas, a manera de retroalimentación, que su sensibilidad al glutamato ha aumentado.

Aún se conoce exactamente cuál es el mecanismo de tal retroalimentación. Se sospecha que involucra la síntesis o activación de alguna sustancia que funciona como una especie de *mensajero retrógrado*, en el sentido de que afecta a los terminales presinápticos e incrementan la liberación de glutamato en los mismos. No se sabe con certeza cuál es ese mensajero pero se cree que es un gas, que puede ser *óxido nítrico* o *monóxido de carbono*. Puesto que estos gases pueden atravesar fácilmente la membrana de una célula se cree que, cualquiera que sea el gas involucrado, éste se filtra a través de la membrana de las dendritas de las células piramidales de CA1 y alcanza los terminales axónicos de la rama colateral de Schaffer, filtrándose también a través de su membrana. Se cree que, a su vez, la presencia de uno o ambos de estos gases en dichos terminales hace que éstos liberen una mayor cantidad de glutamato en presencia de estímulos no tetánicos.

La función de la potenciación a largo plazo (y del hipocampo) en el aprendizaje permanece un tanto oscura. Se ha demostrado que el hipocampo (y, en esa medida, la potenciación a largo plazo) está involucrado en la memoria a largo plazo, tanto en humanos como en animales. Por ejemplo, se ha comprobado que el *aprendizaje espacial* (aprender a orientarse en ciertos tipos de laberintos) en ratas se ve seriamente impedido por bloqueadores químicos de los receptores NMDA. También se ha observado que pacientes humanos que han sufrido de pérdida de tejido hipocámpal, como resultado de accidentes cardiovasculares o alcoholismo, pierden la capacidad de formar *nuevas* memorias a largo plazo, aun cuando las que poseían antes de la lesión permanecen intactas. Esto sugiere que el hipocampo puede ser una especie de estación de transición que permite que la memoria a corto plazo se convierta en memoria a largo plazo. Sin embargo, por otra parte, se han observado ciertos tipos de aprendizaje que no requieren de la potenciación a largo plazo, ni siquiera del hipocampo. Es evidente que hace falta más investigación, tanto conceptual como experimental.

SÍNTESIS DE NUEVAS PROTEÍNAS

Además de los mecanismos particulares ya examinados, los neurocientíficos consideran que cambios a largo plazo en el sistema nervioso de un organismo, como resultado de cambios en su ambiente, involucran la síntesis de nuevas proteínas. La evidencia principal al respecto proviene de estudios en los cuales se inyecta a los sujetos experimentales sustancias que inhiben temporalmente dicha síntesis. De hecho, estas sustancias han sido probadas en experimentos de condicionamiento clásico con *Aplysia* y en experimentos de potenciación a largo plazo. El resultado básico de estos estudios es que el mantenimiento del aprendizaje por periodos prolongados se ve impedido en aquellos animales a los que se les han inyectado tales sustancias. Sobre esta base, los neurocientíficos actuales creen firmemente que *toda* forma de aprendizaje (aun la más compleja como, por ejemplo, la adquisición y uso del lenguaje en humanos) involucra la síntesis de proteínas en el sistema nervioso.

Lo anterior significa que la síntesis misma de nuevas proteínas puede, de hecho, ser *causada* por el ambiente. Esta implicación resulta crucial para apreciar el alto grado en el cual el funcionamiento del sistema nervioso en el nivel molecular depende del ambiente. Dicho funcionamiento no sólo involucra la activación de proteínas existentes por distintos tipos de eventos ambientales relacionados entre sí de diversas formas. Además, tales eventos (y las diversas formas en las cuales se relacionan entre sí) pueden *inducir* la síntesis de nuevas proteínas. De este modo, hay una relación *bidireccional* entre lo genético y lo ambiental en la determinación de la conducta de un organismo; por tanto, carece de sentido preguntarse si lo genético es más importante que lo ambiental (o viceversa) en la determinación de cualquier conducta. Ambos tipos de factores son *igualmente importantes* en todo tipo de conducta, desde los reflejos innatos más simples hasta el comportamiento aprendido más complejo. Si las neuronas de un organismo no sintetizan las proteínas mencionadas, entonces su sistema nervioso no funcionará adecuadamente. En este sentido, la síntesis de proteínas en el sistema nervioso es una condición *necesaria* para la conducta (o, dicho de modo inverso, la ausencia de tales proteínas es condición suficiente para la ausencia de la conducta).

Sin embargo, la síntesis de proteínas (y, en esa medida, el material genético) no es suficiente para la conducta. El organismo también debe estar inmerso en un ambiente con ciertas características. En ausencia total de un entorno, las proteínas sintetizadas por el sistema nervioso de un organismo no cumplirían las funciones que habitualmente cumplen (quizá, hasta ni siquiera se sintetizarían muchas de esas proteínas); por tanto, no habría conducta. Entonces, el ambiente es también una condición necesaria para la conducta (o, dicho de forma inversa, la ausencia total de un ambiente es condición suficiente para la ausencia de la conducta).²⁶

Todo lo anterior está basado en evidencia experimental que ha sido obtenida mediante el estudio de la conducta de organismos considerablemente más simples que los humanos. Ello plantea la duda de hasta qué punto tal evidencia se aplica a éstos. Sin embargo, si se acepta la teoría sintética de la evolución, debe igualmente aceptarse la idea de que los seres humanos son el resultado de un proceso de evolución por selección natural. Ello significa,

entre otras cosas, que comparten ciertos rasgos biológicos fundamentales con el resto de las especies. Entre tales rasgos se encuentra, precisamente, la función que las proteínas sintetizadas en las neuronas cumplen en el aprendizaje y la conducta. Si se asume que hay una *continuidad biológica fundamental* entre las distintas especies, entonces lo que se observa en otras especies a nivel molecular debe ser aplicable a la especie humana. En este sentido, la conducta específica humana debe involucrar la síntesis de proteínas en el sistema nervioso, tanto como la conducta de cualquier otra especie.

LA EVOLUCIÓN DE LOS HOMÍNIDOS

Para finalizar, se examinará brevemente la forma en la cual ciertas partes del sistema nervioso han evolucionado a lo largo de la historia de los homínidos (el conjunto de especies que constituyen la genealogía evolutiva más cercana a los humanos). Ello con el objeto de mencionar algunos de los tipos de cambios evolutivos en los ancestros humanos más cercanos que se cree que pudieron haber contribuido (en interacción con el ambiente) a la ejecución de ciertas actividades que favorecieron el éxito reproductivo. Todo esto, por supuesto, es especulativo, ya que se basa fundamentalmente en evidencia fósil y en restos del tipo de artefactos fabricados por los humanos prehistóricos. Sin embargo, tal evidencia es lo único con lo que se cuenta, así que especular resulta inevitable. Aquí se discutirá sobre cuatro especies que, en su mayoría, constituyen la familia de los homínidos, a saber, en orden de cronológico, *Australopithecus africanus*, *Homo habilis*, *Homo erectus* y *Homo sapiens*.

Un tipo de cambio evolutivo muy estudiado es la *capacidad craneal media*, medida en centímetros cúbicos a partir de cráneos fósiles. Este tipo de cambio es usualmente representado en gráficas como la que se muestra en la figura 3-6. La capacidad craneal es un indicador del tamaño del cerebro, el cual depende de la cantidad de neuronas. Sobre esta base, un incremento en el tamaño del cerebro es considerado como crítico para las distintas innovaciones adaptativas que mostraron estas y otras especies. Por supuesto, el tamaño del cerebro *per se* es insuficiente para entender el valor adaptativo de las distintas innovaciones conductuales. Ya se ha argumentado que la citoarquitectura del sistema nervioso también desempeña una función central en la conducta. De tal manera que un aumento en el número de neuronas debió haber estado acompañado por cambios citoarquitectónicos. El valor adaptativo de tales cambios, a su vez, debió estar relacionado con condiciones ambientales que posibilitaron la ocurrencia de ciertas actividades que favorecieron el éxito reproductivo de nuestros ancestros.

Se ha estimado que *A. africanus*, uno de los homínidos más antiguos que se conocen, apareció hace 3 millones de años en Sudáfrica y se extinguió hace 2 millones de

la actividad (o movimiento) de un organismo y su medio ambiente', entonces obviamente el ambiente se hace *conceptualmente* necesario para la noción misma conducta. Si definimos 'conducta' de otra manera (p. ej., si se identifica 'conducta' con 'movimiento'), entonces obviamente puede haber 'conducta' sin ambiente, en la medida en que haya movimiento sin ambiente. Sin embargo, una definición de 'conducta' que preste atención sólo al mero movimiento de un organismo e ignore al ambiente, sería conceptualmente inadecuada, por cuanto dejaría de lado lo que a todas luces representa un determinante crucial de dicha actividad.

²⁶ De hecho, la forma en que se ha definido el concepto general de conducta hace que el ambiente sea necesario *por definición*. En efecto, si se define 'conducta' como 'relación entre

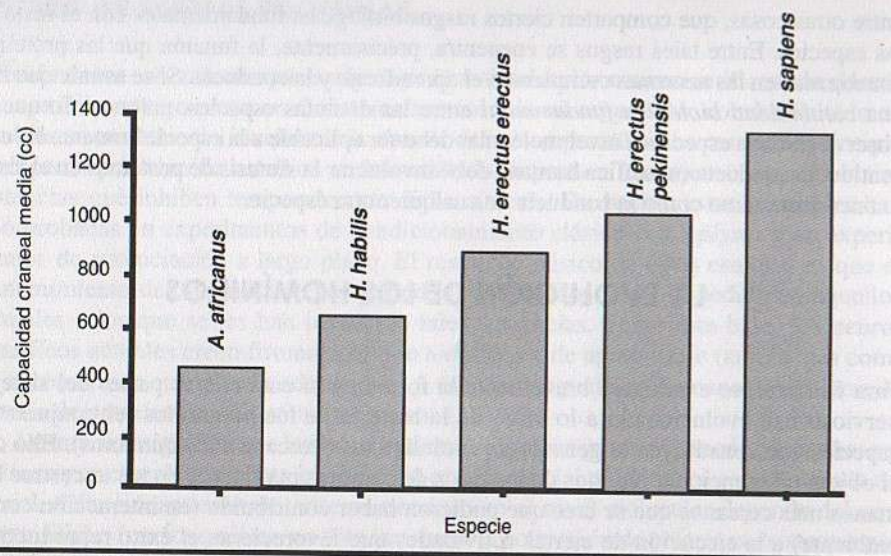


Figura 3-6. Capacidad craneal media de diferentes cráneos fósiles (en cc).

años. Se cree que su locomoción era *bipedal* (es decir, que se paraba y caminaba *erguido*), la cual es considerada por los estudiosos de la evolución humana como un rasgo fenotípico que pudo haber contribuido significativamente al éxito reproductivo de estos ancestros humanos. Este rasgo parece haber surgido por primera vez en *A. afarensis*, una especie homínida que precedió a *A. africanus* en unos 500 000 años.

No es difícil imaginarse cómo la locomoción bipedal otorga una ventaja reproductiva, pues involucra sólo dos miembros, lo cual, bajo ciertas condiciones, puede resultar energéticamente más eficiente. Quizá ello posibilitó migraciones relativamente extensas a un costo energético menor. También, la locomoción bipedal permite el uso de los otros dos miembros para la ejecución de otras actividades, simultáneas con el movimiento de caminar o correr. Ello pudo haber facilitado actividades como la cacería, la autolimpieza (en particular, la habilidad de remover del propio cuerpo insectos parásitos que causan enfermedades) y hasta el mismo apareamiento.

Se cree que el cambio de cuadrupedalidad a bipedalidad está correlacionado con modificaciones igualmente significativas en la citoarquitectura del sistema nervioso. Por ejemplo, existen *tractos* o vías *descendientes* consideradas como críticas para el tipo de control muscular involucrado en los movimientos rítmicos que conforman la locomoción bipedal. Una de estas vías es conocida como '*tracto corticoespinal*', el cual está constituido por axones de neuronas cuyos cuerpos se encuentran en la *corteza motora primaria* (en particular, un área citoarquitectónica conocida como 'área 4 de Brodmann') y cuyos terminales hacen sinapsis con neuronas motoras de ciertas porciones de la médula espinal (las cuales, a su vez, forman sinapsis con las fibras de los músculos de los miembros inferiores).

La corteza motora primaria, a su vez, recibe sinapsis de neuronas que constituyen la *corteza motora asociativa*, la cual está involucrada en la planificación de movimientos. Estas neuronas, por su parte, reciben sinapsis de neuronas que constituyen la corteza

sensorial asociativa, en la cual confluye información proveniente de las neuronas que conforman las distintas áreas sensoriales primarias. Ello significa que la evolución de la citoarquitectura neuronal que subyace al movimiento debió haber estado acompañada por la evolución de la citoarquitectura neuronal que subyace la sensación y percepción.

Otro rasgo fenotípico que es considerado como una innovación evolutiva específica de los homínidos es el '*pulgar oponible*', la habilidad de tocarse las yemas de los dedos de una mano con la yema del pulgar de la misma mano. Se piensa que el valor adaptativo principal de este rasgo fue la posibilidad de manipular y construir armas y herramientas. Aun cuando no se han encontrado restos de instrumentos construidos por *A. africanus*, se cree que ya los miembros de esta especie eran capaces de manipular objetos naturales (piedras y pedazos de madera) de manera más eficiente que sus contemporáneos no homínidos.

Se piensa que la motricidad fina involucrada en el uso del pulgar oponible debió estar correlacionada con el surgimiento de ciertos mecanismos neuronales que, de nuevo, involucran una integración particular de retroalimentación sensorial y movimiento. En este caso, la retroalimentación sensorial proviene no sólo de los ojos sino también del *tacto*. Un aumento en la concentración de receptores sensoriales en las yemas de los dedos, entonces, debió haber sido un aspecto crítico de esta innovación. Características relativamente finas como la textura y forma de un objeto son transducidas por tales receptores. Los impulsos nerviosos resultantes de tal transducción ascienden por vía de la médula espinal a un área de la corteza cerebral, denominada '*corteza somatosensorial primaria*'. Las neuronas que constituyen esta área hacen sinapsis directamente con aquellas que conforman la corteza motora primaria, lo cual permite una transformación relativamente rápida de información táctil en movimientos finos.²⁷

La presencia de herramientas construidas manualmente no es evidente sino hasta la aparición de *H. habilis*, especie que surgió hace aproximadamente 2 millones de años y subsistió durante apenas 400 000 años. La evidencia muestra que estos homínidos construían armas y herramientas, literalmente labrando o esculpiendo pedazos de ciertos tipos de piedra (como cuarzo y obsidiana), para que adquirieran cierta forma (generalmente filosa). Por su parte, *H. erectus* apareció hace aproximadamente 1 300 000 años y se extinguió hace unos 400 000 años. Los miembros de esta especie muestran los primeros signos de uso del fuego y de una cultura propiamente dicha, denominada '*Aqueuliana*'. Esta cultura se caracterizó por la construcción de una gran variedad de armas y herramientas considerablemente más sofisticadas que aquellas construidas por los miembros de *H. habilis*, tales como cuchillos para desollar animales, piedras esféricas para triturar huesos y usar como misiles, así como pesadas hachas manuales por las cuales esta cultura es famosa y para las cuales aún no se ha concebido un uso plausible.

H. sapiens, por último, constituida por *razas* (ver Nota 1 del capítulo 2) ancestrales tales como *Neanderthal* y *Cro Magnon*, así como también por las razas modernas, a las

²⁷ Otra estructura que juega un papel central en el movimiento es el *cerebelo*, el cual se encuentra ubicado justo debajo del cerebro y hacia la parte de atrás de la cabeza (muy cerca de lo que se conoce como 'nuca'). Cerebelo significa en latín 'pequeño cerebro', lo cual denota el hecho de que está constituido por casi tantas neuronas como las que constituyen la corteza cerebral (sólo que mucho más apretadas). El cerebelo posee numerosas conexiones con el cerebro y la médula espinal, y se piensa que media la coordinación de secuencias relativamente complejas de movimientos, como lanzar una bola curva, tocar un instrumento musical y caminar erguido mientras se hacen movimientos independientes simultáneos con brazos y manos.

cuales pertenecen los homínidos actuales (colectivamente nombradas '*Homo sapiens sapiens*'). Se estima que esas razas ancestrales aparecieron hace 100 000 años y se extinguieron hace unos 30 000 años, a éstos se les atribuyen las primeras manifestaciones de ritos y ceremonias religiosas.

Quizá la innovación evolutiva más frecuentemente asociada con los homínidos es la aparición del *lenguaje articulado*. Se piensa que tal habilidad fue posible gracias a la confluencia de dos tipos de cambios principales, a saber, cambios en el *aparato vocal* y en la corteza cerebral. Respecto a los primeros, se ha sugerido que a lo largo de la historia de los homínidos, el tamaño y la musculatura de la lengua se transformaron para permitir movimientos mucho más finos y controlados. También se cree que la faringe sufrió modificaciones importantes, no sólo de las especies no homínidas a las homínidas, sino también de una especie de homínidos a otra (ver Nota 6 del capítulo anterior). Entre tales cambios se hallan la ampliación significativa de la *nasofaringe* (cavidad que permite la circulación de aire de la nariz a la laringe), la separación de la úvula y la epiglotis, y un contraste morfológico pronunciado entre dos subdivisiones principales de la faringe, a saber, *orofaringe* y *laringofaringe*. La última desemboca en lo que se denomina 'laringe', la cual contiene el sistema de músculos vulgarmente conocido como '*cuerdas vocales*', cuyas vibraciones permiten la producción de sonidos articulados sofisticados mediante la *exhalación* de aire.

Además de estos cambios, análisis cuidadosos de la forma interna de los cráneos de distintos homínidos indican en *H. habilis* el tipo de expansión cortical que actualmente se considera como crítica para el lenguaje articulado. Tal expansión consistió principalmente (aunque no de modo exclusivo) en la aparición de dos áreas relativamente extensas en la corteza cerebral, a saber, el *área de Wernicke* (también llamada 'centro posterior del habla', por su ubicación en el lóbulo temporal) y el *área de Broca* (conocida como 'centro anterior del habla', por su ubicación en el lóbulo frontal). Desde el siglo XIX se sabe que estas dos áreas (las cuales se encuentran en el hemisferio cerebral *izquierdo* de la mayoría de los miembros de las razas modernas) desempeñan una función crucial en la comprensión y producción del lenguaje.

El área de Wernicke está asociada con la *comprensión* del lenguaje, pues el daño en ella provoca lo que se conoce como '*afasia de Wernicke*', la cual se caracteriza por una deficiencia en la comprensión del lenguaje (hablado o escrito). Aun cuando los pacientes que sufren de este tipo de afasia son capaces de hablar de manera fluida y gramaticalmente correcta, su discurso es notablemente falto de contenido, una especie de jerigonza carente de sentido. Por su parte, daños en el área de Broca causan la '*afasia de Broca*', caracterizada por una incapacidad para expresarse de manera fluida y gramaticalmente correcta, aun en las frases más simples. Los pacientes que sufren de este tipo de afasia demuestran una comprensión adecuada del lenguaje, tanto escrito como hablado, y su discurso tiene sentido.

Algunos autores han argumentado que la confluencia de estos dos tipos de cambios en *H. habilis* permitió la aparición de una forma primitiva de habla articulada que cumplió ciertas funciones *descriptivas* básicas. El valor adaptativo de éstas quizá consistió en la posibilidad de describir la ubicación de plantas comestibles, animales para la cacería y depredadores conocidos. Dichas funciones también pudieron haber fomentado tanto la cohesión y el cuidado dentro del núcleo familiar, como la formación de *grupos sociales* más allá de la familia inmediata. Muchos investigadores especulan que la aparición del

lenguaje articulado también permitió la aparición de la '*consciencia*', aunque aún no se ponen de acuerdo acerca de exactamente en qué consiste tal facultad. En una palabra, se piensa que la aparición del lenguaje articulado fomentó la aparición de lo que ahora se define como '*cultura*'.

Se cree que todos estos cambios debieron haber redundado en un éxito reproductivo lo suficientemente alto como para permitir la conservación y evolución ulterior de los rasgos fenotípicos que hoy se consideran como específicamente humanos (la bipedalidad, el pulgar oponible, y el lenguaje articulado). Desde la perspectiva darwiniana, tales rasgos califican como adaptaciones, puesto que su presencia actual se explica apelando al valor adaptativo que tuvieron para nuestros ancestros homínidos. También calificarán como rasgos adaptativos en la medida en que favorezcan el éxito reproductivo de humanos actuales.

CONCLUSIONES

De todo lo anterior, es posible derivar varias conclusiones: 1) la relevancia más clara y directa de lo heredado genéticamente para el aprendizaje y la conducta es la síntesis de proteínas en las neuronas. Tales proteínas muestran una diversidad estructural y funcional considerable (receptores ionotrópicos y metabotrópicos, bombas sodio-potasio, proteínas G, las enzimas necesarias para la síntesis de neurotransmisores, canales de Ca^{2+} en los terminales axónicos y en las dendritas, las distintas proteínas intracelulares que fosforilan los distintos tipos de canales).

2) Aun cuando hay una diversidad considerable de proteínas y neuronas, tal diversidad no es suficiente para dar cuenta de la conducta *exclusivamente* en términos de lo que ocurre en los niveles molecular y celular de un sistema nervioso. Exactamente las mismas proteínas y neuronas pueden, de hecho, estar involucradas en conductas muy diferentes. Para dar cuenta de los distintos tipos de conductas también hay que entender la estructura y funcionamiento en niveles más *inclusivos* de organización del sistema nervioso, en particular la manera en la cual distintos grupos de neuronas están conectadas entre sí.

3) El ambiente desempeña un papel crucial en el funcionamiento del sistema nervioso de un organismo, aun en el nivel molecular, tanto en la activación de proteínas ya sintetizadas como en la síntesis de nuevas proteínas. La expresión del material genético contenido en el núcleo de una neurona adquiere significado sólo si el organismo se encuentra en un ambiente con ciertas características. Gracias a este ambiente, todas las proteínas mencionadas a lo largo de este capítulo cumplen su función en el sistema nervioso de un organismo. En ausencia de un entorno adecuado, tales proteínas y, por tanto, el material genético que permitió su síntesis, se tornan irrelevantes. La importancia de lo genéticamente heredado depende de manera crítica de la presencia de un ambiente adecuado. Un organismo se asemeja conductualmente a sus progenitores no sólo porque hereda genéticamente el material necesario para la síntesis de proteínas, sino también porque nace, vive y (sobre todo) se reproduce en un ambiente semejante.

4) La función del ambiente trasciende lo *ontogenético* (el organismo individual), extendiéndose a lo *filogenético* (la historia de la especie). De hecho, la evolución por selección depende del ambiente *justo en la medida* en que el funcionamiento del organismo individual también lo haga. Ello es especialmente cierto en el aprendizaje y la conducta, ya

que el éxito reproductivo depende de manera crítica de cómo un organismo actúa en condiciones ambientales particulares. La búsqueda de alimento, el establecimiento y defensa del territorio, la búsqueda de pareja, el apareamiento y el cuidado de crías, entre otras, son conductas en el sentido de que constituyen actividades particulares en condiciones ambientales particulares. En el caso de los homínidos, el bipedalismo, el pulgar oponible y el lenguaje articulado tuvieron un valor adaptativo sólo bajo condiciones ambientales particulares, muchas de las cuales aún se dan en la actualidad.

La respuesta a la primera pregunta planteada al inicio del capítulo 2: “¿Es la inteligencia innata o adquirida?” depende en gran medida de a qué se le llama ‘inteligencia’ (véase capítulo 8). Algunos conceptos quizá permitan hablar de ‘la inteligencia de un neonato’, así como de inteligencia en organismos no humanos. Otros conceptos no admiten tales posibilidades. Ambos conceptos serán igualmente legítimos en la medida en que se renuncie a la fútil tarea de buscar la ‘esencia’ de la inteligencia. Pero aún en caso de que se aceptara la posibilidad de hablar de la inteligencia de un neonato, ello no significa que sea heredada genéticamente, aunque sí puede serlo en lo ‘conductual’, en la medida en que haya una semejanza en cómo la actividad de progenitores y descendientes se relaciona con sus respectivos ambientes.

Sea como fuere, la inteligencia *no* se hereda genéticamente. Lo mismo se aplica a cualquier comportamiento, sea humano o no. Ni siquiera se puede afirmar que los reflejos, como el tipo de conducta innata más simple, se heredan genéticamente, por cuanto ello equivaldría a decir que están codificados de manera directa en el material genético, lo cual es absurdo, a la luz de lo discutido en los capítulos 2 y 3 de esta obra. Aún más erróneo sería concluir que la inteligencia (y conductas aprendidas más complejas, como el lenguaje) está codificada en el material genético. Lo anterior implica que el concepto de conducta innata no equivale al de conducta heredada genéticamente; el primero es por completo legítimo, mientras que el segundo carece de sentido.

En los días en que el autor escribía este capítulo, se anunció que el genoma humano había sido finalmente descifrado. Ante tal anuncio, la conclusión general más importante de todo lo dicho aquí es que la relación entre la conducta y el genotipo es muy *indirecta* y *compleja*, y depende críticamente del medio ambiente. Aun en el caso de los reflejos, tal relación se da en los niveles molecular y celular como una compleja serie de eventos que dependen no sólo de la síntesis de proteínas, sino también de la citoarquitectura del sistema nervioso y de la presencia de un ambiente con ciertas características.

Entonces, el conocimiento del genoma humano, no importa cuán completo sea, será insuficiente para entender la conducta humana. Debe también entenderse con precisión cómo los organismos se estructuran en niveles de organización más inclusivos, y la manera en que el funcionamiento de tal organización se relaciona con el ambiente. Indudablemente, haber descifrado el genoma humano representa un logro extraordinario, no obstante, se le debe dar su justo valor. Hay muy buenas razones para suponer que ese logro permitirá, a la larga, tratar ciertas enfermedades genéticas de manera más eficaz y eficiente. Pero esto difiere mucho de ‘diseñar’ genéticamente seres humanos más inteligentes (o más sensibles, bondadosos, honestos o creativos). Si se trata de esto último, la manipulación genética podrá ser necesaria, pero nunca suficiente y, por su parte, la manipulación ambiental será también crítica. Evidentemente, tales ‘manipulaciones’ deberán ser guiadas por una *ética* que garantice la libertad y el bienestar de todas las personas involucradas. Pero esto es tema para otra ocasión.

Carlos F. Aparicio Naranjo

Preparaciones experimentales para estudiar el aprendizaje

MÉTODO CLÁSICO

El primero en estudiar el condicionamiento clásico de manera sistemática fue Iván Petrovich Pavlov (1849-1936), fisiólogo ruso interesado en estudiar la digestión de alimentos, quien desarrolló una técnica quirúrgica que permitía a perros de laboratorio sobrevivir con tubos o cánulas que él usaba para extraer jugos gástricos. Pavlov se hacía las siguientes preguntas: ¿afecta la secreción de saliva que produce el alimento a la segregación de jugos gástricos?, ¿se requiere de una interacción entre secreción de saliva y segregación de jugos gástricos para la digestión del alimento?, ¿es afectada la segregación de jugos gástricos si no hay secreción de saliva y altera esto el proceso de digestión? Para contestar estas preguntas, realizó estudios con perros a los cuales se les colocaba comida seca en polvo en el hocico, el esófago o directamente en el estómago. Así, el laboratorio de Pavlov producía grandes cantidades de jugos gástricos que se vendían a la industria farmacéutica para costear sus investigaciones.

En el curso de los experimentos, algunos de sus asistentes notaron que los perros también segregaban jugos gástricos cuando se ponía la comida frente a ellos o cuando veían aproximarse a los asistentes que a diario los alimentaban. A estas segregaciones estomacales que ocurrían en respuesta a estímulos relacionados con la comida, los asistentes de Pavlov les llamaron “secreciones psíquicas”, pues sugerían que los perros tenían una expectativa por el alimento. Estas observaciones llamaron la atención de Pavlov, quien de inmediato pidió a dos de sus estudiantes, Stefan Wolfsohn y Antón Snarsky, investigar el origen y las causas de este fenómeno, con lo que se iniciaron los primeros estudios sistemáticos en condicionamiento clásico (Boakes, 1984). El programa comenzó con el estudio de las glándulas salivales, las primeras glándulas digestivas que participan en

el rompimiento de los alimentos, que por ser grandes y largas permitan el uso de fístulas y cánulas para aislar la actividad de salivación (figura 4-1).

Wolfsohn estudió el reflejo de salivación que se provocaba al colocar en el hocico de los perros comida seca, húmeda, arena o una sustancia amarga. Sus resultados mostraron que después de estas experiencias los perros salivaban con sólo ver estas sustancias, la salivación era una respuesta que ocurría en anticipación a la entrega de comida. Snarsky replicó los resultados de Wolfsohn con estímulos artificiales, como el color negro añadido al jugo de un limón; notó que la salivación que el jugo de limón provocaba al colocarse en el hocico del perro también se observaba cuando se daba agua simple pintada de color negro o cuando se les mostraba cualquier frasco que contuviese un líquido de ese color; es decir, el estímulo (colorante negro) añadido al jugo de limón por sí solo era capaz de provocar la respuesta de salivación.

PAVLOV Y LA SALIVACIÓN CONDICIONAL

Los hallazgos de Wolfsohn y Snarsky dieron origen al estudio de la salivación condicional. El procedimiento que siguió Pavlov involucró dos estímulos, uno era el sonido de un tono producido por un metrónomo y el otro, la comida seca colocada en el hocico del perro. El sonido del tono en un inicio provocaba un reflejo de orientación pero no ocasionaba la salivación, mientras que la comida seca colocada en el hocico del perro producía una salivación abundante pero no generaba el reflejo de orientación. Así, el tono con respecto a la comida es un **estímulo neutro (EN)** que al principio provoca un **reflejo de orientación (R°)**, pero no es capaz de provocar la salivación. La comida es un **estímulo incondicional (EI)** ya que desde un principio y sin ninguna otra condición adicional

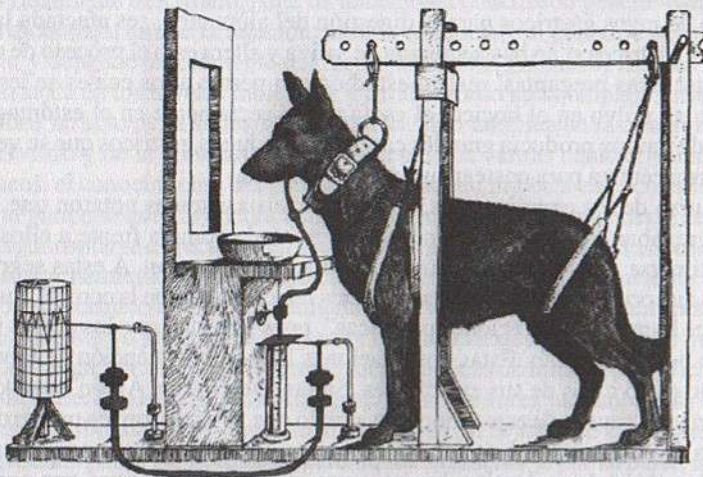


Figura 4-1. La preparación experimental para estudiar el condicionamiento salival en perros. Una cánula colocada en una glándula salival, permite la colección y el registro de gotas de saliva.

provoca la salivación, misma que es una **respuesta incondicional (RI)** que para ocurrir no requiere de ninguna otra condición que no sea el alimento mismo. Cuando el tono produce la salivación se dice que funciona como un **estímulo condicional (EC)** o **estímulo condicional positivo (EC⁺)**, pues la condición requerida para lograr esto es una serie de asociaciones con la comida. La salivación ante el tono es una **respuesta condicional (RC)** porque la condición para que la salivación ocurra ante el tono es que este último haya adquirido una función de EC.

La obra de Pavlov se publicó en EUA en 1927, año en que fue traducida del ruso al inglés, en la traducción se cometieron algunos errores, entre éstos destacan el haber llamado incondicionado al estímulo incondicional y condicionado al condicional. Como lo señaló Gantt (1966), el término condicionado no captura el significado original "dependiente de" que Pavlov usó para hablar del estímulo condicional. A pesar de esto, los términos incondicionado y condicionado han ganado popularidad en libros de texto sobre aprendizaje y en la actualidad se siguen usando.

SITUACIONES EXPERIMENTALES

Aunque en todos sus experimentos sobre condicionamiento salival Pavlov usó la técnica de la fístula, sus seguidores no la utilizaron pues resultaba muy costosa, en su lugar, se han desarrollado una variedad de métodos para estudiar el condicionamiento clásico con ratas, conejos y pichones. En seguida se presentan algunas de las más usadas.

Durante muchos años se creyó que los reflejos regulados por el sistema nervioso central eran las únicas conductas que podían ser condicionadas con el método clásico, se pensó que una RI que era provocada de manera constante por un EI y, una respuesta similar a ésta que ocurría ante un EC que había sido asociado con el EI, eran los ingredientes básicos del condicionamiento clásico. Los avances científicos han mostrado que hay otras maneras de detectar cambios en la conducta que son producto de las asociaciones entre el EC y el EI (Rescorla 1988). El moldeamiento automático o **seguimiento de señales** es una de estas técnicas, aquí la presentación breve de una señal luminosa es seguida a su terminación por la entrega de un evento biológicamente relevante (alimento) para el organismo; esto se hace independientemente de la conducta del organismo (Brown y Jenkins, 1968). El resultado es la orientación del organismo hacia el lugar en donde se presenta la señal que antecede a la entrega del alimento, la orientación se ve seguida por una aproximación a la señal que culmina con la conducta de hacer contacto físico con ella (Hearst, 1975; Hearst y Jenkins, 1974; Locurto, Terrace y Gibbon, 1981). A este método se le llamó "Moldeamiento Automático" por permitir el establecimiento de una respuesta instrumental sin la intervención del experimentador, el método no requiere de la entrega diferencial del reforzador para fortalecer aquellas conductas que se aproximan o asemejan a la conducta que se quiere establecer. El picoteo de teclas en palomas o la presión de palancas en ratas son ejemplos de conductas que se pueden moldear de manera automática con ayuda de esta técnica.

La investigación en el seguimiento de señales ha mostrado que este fenómeno se presenta en una variedad de especies (p. ej., pollos, peces dorados, lagartijas, ratas, monos araña, ardillas) incluyendo a los humanos adultos y niños (véase revisión reciente en Tomie, Brooks y Zito, 1989). Esto es importante, porque con ello el seguimiento de

señales ha ganado generalidad como una técnica útil para estudiar el modo en que los organismos aprenden asociaciones entre dos estímulos. Por ejemplo, esta técnica con pichones ha mostrado que una asociación entre una señal visual (una tecla iluminada) y la comida en grano, ocurre con mayor rapidez cuando la señal predice invariablemente la entrega de comida, que si la señal se asocia al azar con la comida en el tiempo (Gamzu y Williams, 1971, 1973).

La generalidad de estos hallazgos se ha extendido a situaciones en donde la señal se localiza a una distancia considerable del lugar en donde se entrega el alimento. En uno de estos estudios (Hearst y Jenkins, 1974), un comedero se colocó a la mitad de una caja rectangular que medía 1.82 m de largo y 46 cm de ancho, en cada uno de los extremos izquierdo y derecho de la caja se montó una tecla de respuestas para pichones que podía ser iluminada por un foco desde su parte posterior (figura 4-2).

El comedero permitía, a intervalos irregulares, 4 segundos de acceso a comida en grano para pichones. La iluminación de una tecla anunció (antecedió) con regularidad la presentación de la comida, la tecla en el lado opuesto de la caja también se iluminó a intervalos irregulares pero sin relación con la comida. Todo esto sin importar la conducta de los pichones que, para obtener el máximo de comida en los 4 segundos de acceso, lo único que tenían que hacer era esperar en el comedero; sin embargo, si los animales se alejaban del comedero y no regresaban a tiempo podían perder parte de la comida o toda ella. Los resultados no mostraron actividad de los pichones en la tecla que carecía de relación con la comida. Esto contrastó con lo ocurrido en la otra tecla pues después de algunos ensayos en los que su iluminación fue seguida por la entrega del alimento los pichones se acercaron a ella cuando estaba iluminada y la picotearon, sacrificando con ello toda la comida o reduciendo el tiempo de acceso a ésta. Este resultado es sorprendente porque los picotazos a la tecla no sólo eran innecesarios, sino que además violan la ley del mínimo esfuerzo, lo que cuestiona una adaptación positiva del organismo a una demanda ambiental simple: "espera en el comedero a que la comida llegue".

El seguimiento de señales se da sólo en situaciones en las que es fácil localizar y rastrear la señal que predice la entrega de alimento. Cuando señales difusas o espaciales que forman parte del contexto se asocian con la entrega de alimento, el organismo incrementa su actividad ante éstas pero no se aproxima a ellas (Rescorla, Durlach y Grau, 1985). La modalidad y configuración de las señales son aspectos que participan en el seguimiento de señales. En un estudio con ratas (Cleland y Davey, 1983), dos estímulos de diferente modalidad, un tono y una luz, sirvieron como señales para la entrega de

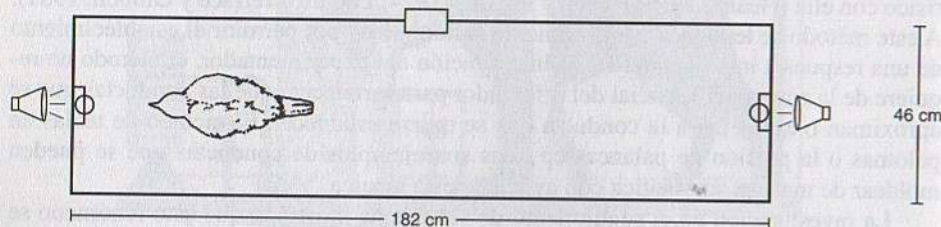


Figura 4-2. Caja experimental rectangular para estudiar el seguimiento de señales.

alimento; las ratas se aproximaron e hicieron contacto con la luz que antecedió el alimento, ante el tono, las ratas se acercaron al comedero pero no contactaron con esta señal. Este resultado sugiere que las ratas pueden rastrear y seguir una luz que indica la entrega de alimento, pero no un tono que es un estímulo de diferente modalidad. No obstante, en estudios en que el tono y la luz se presentaron en el mismo lugar de la caja experimental y estos estímulos se asociaron con la entrega de alimento, no se notaron diferencias en el seguimiento de señales; las ratas se aproximaron e hicieron contacto con el lugar en donde se presentaron ambas señales (Vila y Aparicio, 1978). Este resultado confirma que en el seguimiento de señales la localización de la señal es más importante que su modalidad y que cuando la señal que antecede al alimento es fácil de localizar, el organismo la rastrea y hace contacto con ella.

Los organismos aprenden reacciones de miedo en situaciones que se asocian con eventos que ponen en riesgo su supervivencia. El **miedo condicional** ocurre ante estímulos ambientales que predicen la ocurrencia de un evento nocivo o dañino para el organismo. En el laboratorio operante el miedo se mide de manera indirecta con ayuda de una técnica llamada "supresión condicionada" que fue descubierta por Estes y Skinner en 1941. En sus estudios, ratas hambrientas presionaron una palanca para obtener comida que estaba disponible a intervalos irregulares. Cuando las respuestas a la palanca se estabilizaron (no mostraron variaciones en su tasa de ocurrencia a lo largo de las sesiones), la tasa de respuestas se usó como línea base a fin de evaluar la asociación entre un tono breve que antecedió a un choque eléctrico administrado en las rejillas del piso de la caja experimental (figura 4-3).

Independientemente de lo que la rata estuviese haciendo en la situación experimental, respondiendo o no respondiendo a la palanca, Estes y Skinner programaron dos ensayos de condicionamiento en los que el tono fue seguido a su terminación por un choque eléctrico. Esto es importante porque muestra un aspecto interesante de la técnica, los ensayos de condicionamiento clásico se sobreponen en una línea base de respuestas que es mantenida por un reforzamiento positivo. Durante el periodo del tono, los resultados mostraron, en

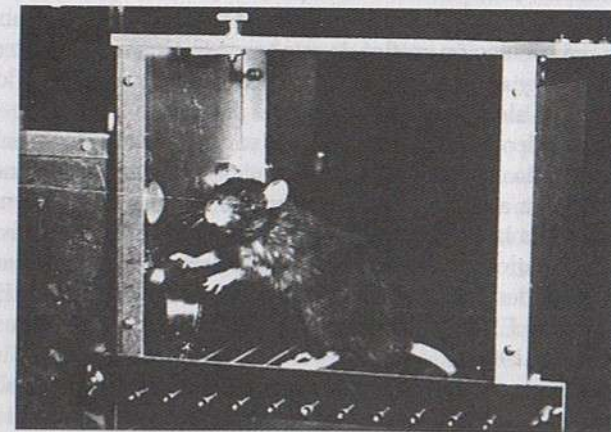


Figura 4-3. Preparación experimental para estudiar supresión condicionada en ratas.

un registro acumulativo, una supresión de respuestas (una línea aplanada); esta supresión condicional de la presión de palanca fue interpretada como una "respuesta emocional condicionada" al estímulo asociado con el choque eléctrico (Estes y Skinner, 1941).

Dado que proporciona un indicador observable del miedo, la técnica de supresión condicionada es una preparación adecuada para estudiar procesos asociativos en los que participa el sistema defensivo del organismo. Es una técnica que proporciona una medida sensible de la supresión de respuestas que induce el miedo (Bouton y Bolles, 1980; Mast, Blanchard y Blanchard, 1982). La acumulación de datos indica que de 3 a 5 ensayos de condicionamiento en los que un tono es seguido a su terminación por un choque eléctrico, son suficientes para suprimir por completo las presiones de palanca (Kamin y Brimer, 1963). La replicación sistemática de la supresión condicionada llevó a la formulación de un índice que permite cuantificar el grado de supresión de respuestas producido por el estímulo asociado al choque eléctrico (Kamin, 1965). El índice de supresión se obtiene con la siguiente ecuación simple:

$$\frac{A}{A + B}$$

En donde A representa la cantidad de respuestas medidas durante el periodo del tono y B el número de respuestas medidas en un periodo anterior a la presentación del tono de la misma duración. De acuerdo con esta ecuación, un índice de .5 indica que no hubo supresión de respuestas (el número de respuestas durante el periodo del tono es el mismo que el medido en el periodo anterior al tono). Una completa supresión de respuestas se identifica con un índice de cero, lo cual indica que el organismo no respondió durante la presentación del tono y sí lo hizo en el periodo anterior a que éste ocurriera.

A diferencia de otras técnicas de condicionamiento clásico, donde la adquisición de la RC se indica con aumento en la escala que la mide, con la técnica de supresión condicionada el aprendizaje se representa con un decremento en la razón de supresión; una disminución en el índice de supresión se interpreta como un incremento en el miedo que produce un estímulo condicional que previamente se asoció con el choque eléctrico incondicional. La representación gráfica de este aprendizaje se indica con una curva que parte de un valor de .5 y que poco a poco decrece, conforme avanzan los ensayos de condicionamiento hasta alcanzar un valor cercano a cero.

El reflejo de parpadeo ha sido estudiado por varios investigadores en una variedad de especies con el método clásico. Con humanos, el procedimiento consiste en presentar un **tono breve** (EN) que a su terminación es seguido por un chorro de aire (estímulo incondicional) dirigido a la córnea del ojo, la RI provocada por el chorro de aire es el parpadeo. Después de varios ensayos de condicionamiento, el resultado ante la presentación del tono es el parpadeo condicional, el tono adquiere una función de EC debido a su previa asociación con el EI, el chorro de aire (para un ejemplo con niños véase Little, Lipsitt y Rovee-Collier, 1984).

El estudio científico del parpadeo condicional se inició (Gormezano, 1966) utilizando conejos albinos como sujetos, pues estos animales por lo general no parpadean antes del entrenamiento. La ventaja de usar esta especie resulta obvia pues si después del entrenamiento se observa la respuesta de parpadeo ante la presentación del tono, el ex-

perimentador puede concluir que esto se debió a la historia de asociación del tono con el EI que se usó para provocar por primera vez el parpadeo. La preparación experimental consiste en poner al conejo en una pequeña caja en donde no se puede mover, ahí se le implantan electrodos (pequeñas agujas) que permiten la provocación y el registro del parpadeo. Uno de los electrodos se coloca en la membrana nictitante del conejo y sirve para presentar una breve descarga eléctrica (.1 segundo) que produce una leve irritación en la piel abajo del ojo, éste es el EI que se usa para provocar la RI de parpadeo.

Los EN asociados con la descarga eléctrica son luces, tonos y vibraciones en el abdomen del animal. Por ejemplo, un ensayo típico de condicionamiento consiste en la presentación de un tono durante 500 milisegundos que a su terminación es seguido por una breve descarga eléctrica en la membrana nictitante del conejo. Son muchos ensayos como este los que se requieren para establecer el parpadeo condicional ante el tono, incluso después de un entrenamiento prolongado se observa que los animales no responden al tono cada vez que éste se presenta.

Los resultados, por lo general se grafican como el porcentaje de ensayos con respuesta (eje de la ordenada) en función de bloques de 82 ensayos (eje de la abscisa). Una curva típica de la adquisición del parpadeo condicional muestra 70% de ensayos con respuesta en el octavo bloque de ensayos, esto significa que se requirieron 656 ensayos (82 x 8) para que la presentación del tono provocase el parpadeo condicional 70 % de las veces que éste se presentó. Los grupos control que no reciben asociaciones del tono con la descarga eléctrica, muestran en el mismo número de ensayos un porcentaje menor a 5% de ensayos con parpadeo. La conclusión es que esta técnica es muy laboriosa, difícil de utilizar y requiere de intervalos entre estímulos muy pequeños.

Otra preparación que se utiliza para estudiar el condicionamiento clásico es la aversión condicional a los sabores. Esta técnica se dio a conocer en la obra de Pavlov (1927) y después se reportó por Richter (1953) y por Rzoska (1953); sin embargo, se hizo popular cuando salió el reporte experimental de Garcia y Koelling (1966).

La aversión condicional a los sabores cobró importancia en la comunidad científica por representar un tipo de aprendizaje que los organismos usan para seleccionar alimentos (Barker, Best y Domjan, 1977; Braveman y Bronstein, 1985). Este tipo de aprendizaje tiene un valor alto para la supervivencia de las diferentes especies que deben evitar comer alimentos que puedan causar enfermedades o matar a sus miembros. A diferencia de otros métodos que requieren de muchos ensayos de condicionamiento para que el organismo responda ante el EC, en este el organismo aprende en un solo ensayo de condicionamiento a evitar el olor o sabor de alimentos que lo pueden enfermar.

En el procedimiento típico, la náusea o el vómito (RI) causados por una droga que se inyecta al organismo o por su exposición a rayos X (EI), se asocia con el sabor de una solución novedosa (EN) que se le da a beber antes de inyectarlo o exponerlo a rayos X. El resultado de esto es el aprendizaje de una aversión al sabor asociado con la náusea o el vómito, el organismo evita el contacto (RC) con la solución (EC) que le causó la enfermedad. En el experimento de Garcia y Koelling (1966), una solución de agua con sacarina se colocó en una botella que tenía un par de alambres conectados a un foco y a una bocina. Cuando las ratas bebían la solución esto se acompañaba de una señal intermitente compuesta de la luz del foco y un tono de la bocina (figura 4-4).

Después de que un grupo de ratas había bebido durante un tiempo de esta solución, se formaron dos subgrupos de ratas: uno de ellos fue expuesto a rayos X o se le inyectó

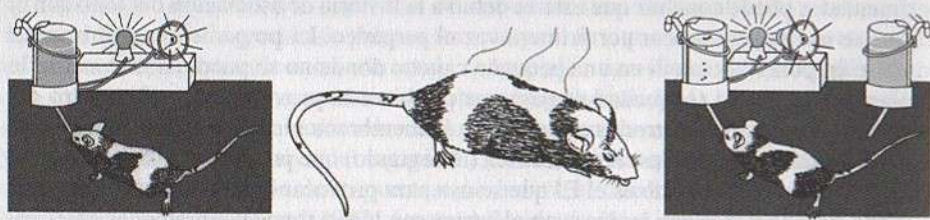


Figura 4-4. Procedimiento de Garcia y Koelling (1966) para la aversión condicionada a sabores.

morfina, al otro subgrupo de ratas se les dio un choque eléctrico en el piso de la caja en donde habían bebido. En una fase de prueba se colocaron dos botellas, una botella con agua pura estaba conectada al foco y a la bocina, mientras que la otra botella contenía la solución con sacarina y no estaba conectada a estos dispositivos eléctricos. Los resultados mostraron que las ratas que habían sido expuestas a rayos X o que se les inyectó la morfina, evitaron la botella que contenía la solución con sacarina, sólo bebieron de la botella que contenía agua pura acompañada de la luz y el tono.

Estas ratas asociaron una señal interna (la ingestión del agua con sacarina) con una consecuencia interna (náusea o vómito), pero no así una señal externa (luz y tono) con la enfermedad producida por la inyección de morfina o rayos X. Lo anterior contrastó con los resultados de las ratas que recibieron el choque eléctrico, pues éstas sí bebieron de la botella que contenía sacarina, pero evitaron la botella de agua pura con la luz y el tono. Esto sugiere que estas ratas asociaron la señal externa (luz y tono) con una consecuencia externa (el choque eléctrico), pero no vincularon la señal interna (ingestión de agua con sacarina) con el resultado externo de choque eléctrico. La interpretación de estos resultados es que debe haber una pertenencia (una correspondencia de tipos) entre los estímulos para que el organismo los pueda asociar sin dificultad (Seligman, 1970).

En un principio, los resultados de Garcia y Koelling no se entendieron con claridad, se llegó a creer que había leyes de aprendizaje que sólo se aplicaban a la aversión condicional al sabor (p. ej., Rozin y Kalat, 1971). En trabajos posteriores esta idea se abandonó (Domjan, 1980, 1983), solo se reconoció que había dos aspectos de la técnica de aversión condicional a sabores que la hacían diferente de otros métodos de condicionamiento clásico; uno es que aquélla se adquiere en un solo ensayo. Aunque el miedo condicional también puede adquirirse en un ensayo de condicionamiento, éste no es el caso de la salivación condicional, ni del seguimiento de señales, ni mucho menos del parpadeo condicional que requiere de cientos de ensayos para su establecimiento.

El segundo aspecto tiene que ver con el principio de contigüidad temporal, de modo específico con el intervalo que debe existir entre el EN y el EI, para que el organismo los pueda asociar. En el parpadeo condicional, un intervalo mayor a un segundo contado desde la presentación del tono hasta la ocurrencia de la descarga eléctrica, **no** permite el establecimiento de la respuesta de parpadeo ante la presentación del tono. En los casos de la salivación, el miedo condicional y el seguimiento de señales, el intervalo entre estímulos puede ser de varios minutos, esto si se utiliza un procedimiento donde la terminación de la señal coincide con el inicio del EI o bien este último se tarde unos segundos

(procedimiento de demora). No obstante, un intervalo entre estímulos de varios minutos contrasta con aquel que se utiliza en la aversión condicional al sabor, en el que la exposición a rayos X o la inyección de morfina se demora varias horas ahí a partir de que el animal bebió la solución con sacarina (Garcia, Ervin y Koelling, 1966; Revusky y Garcia, 1970) o incluso hasta un día (Smith y Roll, 1967).

EXCITACIÓN CONDICIONAL

La sección anterior mostró las técnicas más usuales que hay para establecer la excitación condicional. En todos estos métodos se asume que el sujeto bajo estudio aprende una asociación entre el EC y el EI. Como resultado de estas asociaciones, el EC activa la conducta que se relacionó con su respectivo EI. Para que esto ocurra, el organismo debe asociar los dos estímulos (EC e EI) en el tiempo. La figura 4-5 resume los procedimientos utilizados para manipular las relaciones temporales entre los dos estímulos.

La línea superior de la figura 4-5 indica el paso del tiempo. La distancia temporal de un estímulo a otro se representa con las líneas horizontales y las líneas verticales ilustran el inicio y la terminación de los estímulos. En cada diagrama se representa sólo **un ensayo** de condicionamiento. La línea #1, donde aparece el EI sirve como parámetro para las que le siguen. Con ayuda de una regla colocada verticalmente el lector podrá identificar sin dificultad el **intervalo entre estímulos (IEE)** para cada procedimiento, es decir, el tiempo que transcurre desde el inicio de un estímulo hasta que se presenta el siguiente.

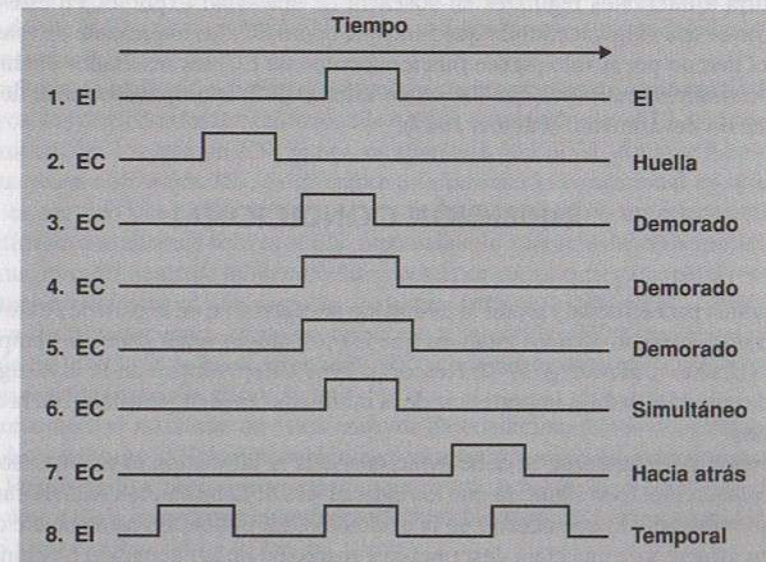


Figura 4-5. Procedimientos del método clásico estudiados con más frecuencia.

El primer procedimiento (línea #2) es el de **huella**, aquí el EI se presenta un tiempo después de que terminó el EC. Esto significa que el EC inició, terminó y dejó una huella en el tiempo hasta que se presentó el EI (nótese que el diagrama marca un tiempo del IEE en ausencia del EC).

Los diagramas en las líneas #3, 4 y 5 representan las diferentes formas en las que se puede **demorar** la presentación del EI una vez que inició EC. En el procedimiento de demora corta (línea #3) se inicia con el EC y poco después de esto se introduce el EI; aunque, el EC termina poco antes de que finalice el EI. Los otros dos métodos (líneas #4 y 5) que se usan para demorar la presentación del EI son muy similares al método de demora corta, la única diferencia es que en ellos la duración del EC se extiende en el tiempo; en uno de ellos (línea #4), el EC dura todo el tiempo de presentación del EI para que los dos estímulos (EC y EI) terminen al mismo tiempo; en el otro (línea #5), la duración del EC se extiende más allá de la duración del EI, de tal manera que cubre todo el tiempo de presentación del EI y un tiempo posterior a la presentación del EI, en donde no hay ninguna señal explícita.

En el método **simultáneo** (línea #6), los dos estímulos inician y terminan al mismo tiempo, el valor del IEE es de cero o cercano a cero; esto significa que el EC y el EI iniciaron al mismo tiempo, duraron lo mismo y terminaron contiguos en el tiempo. Por esta razón se dice que este procedimiento captura en esencia la Ley Primaria de la Contigüidad: "se asocian los estímulos que ocurren contiguos en el tiempo".

La línea #7 muestra un procedimiento, denominado "**hacia atrás**", en donde el EI inicia y termina antes de que se presente el EC; aquí se invierte el orden de presentación de los estímulos, el EI queda atrás en el tiempo con respecto a la ocurrencia del EC, el cual se presenta un tiempo después de que terminó el EI.

La línea #8 ilustra el condicionamiento temporal en donde se programa al EI para que ocurra a intervalos regulares en ausencia de una señal explícita, en este procedimiento no se usa ningún estímulo que funcione como EC. Lo interesante de este método es que el tiempo por sí solo parece funcionar como un EC, los resultados obtenidos con este procedimiento muestran que los perros salivan (RC) anticipándose en el tiempo a la presentación del alimento (Pavlov, 1927).

INHIBICIÓN CONDICIONAL

Los métodos para estudiar y medir la inhibición se reportaron en la obra de Pavlov (1927), sin embargo, pasaron 40 años antes de que los psicólogos americanos los empezaran a utilizar (Boakes y Halliday, 1972; Rescorla, 1969). Este retraso en la investigación es difícil de entender dada la importancia de la inhibición en la organización de la conducta en general.

Como nota aclaratoria, se debe mencionar que la inhibición es un proceso opuesto al de la excitación. Esto significa que los indicadores de la inhibición se elaboran tomando como referencia lo que ocurrió en la excitación. La inhibición no se puede definir ni medir en ausencia de una clara descripción y medición de la excitación (Jenkins, 1965). Si esta última causa un incremento en la frecuencia de la RC, una reducción en su latencia ante el EC y un aumento en su fuerza o magnitud (p. ej., una mayor salivación ante el

EC), entonces, en el proceso de inhibición, la frecuencia de la respuesta decrece, su tiempo de reacción aumenta (la latencia crece) y su magnitud disminuye. Hay métodos (p. ej., la supresión condicionada) en los que el procedimiento de excitación origina una disminución en la frecuencia de respuestas, un aumento en su latencia ante el EC y una disminución en su fuerza o magnitud. En estos métodos, un inhibidor condicional adquiere la función de incrementar la frecuencia de respuestas, reducir la latencia y aumentar la magnitud o fuerza de la respuesta.

Es posible establecer una función inhibitoria ante un EN que guarda una correlación negativa con el EI. Esto se logra haciendo que el EI nunca ocurra en presencia del EN pero sí en la ausencia de éste. Los ensayos de condicionamiento así programados lo convierten en un **estímulo negativo (E⁻)** o **condicional inhibitorio (EC⁻)**, el EN adquiere la función de señalar la ausencia del EI. A continuación se indican los procedimientos que se usan para hacer que los EN adquieran una función inhibitoria o negativa.

El procedimiento de la inhibición condicional fue descubierto por Pavlov (1927) y consiste en el arreglo experimental de un número de ensayos que difieren, uno del otro, con respecto a los estímulos que incluyen. En algunos ensayos de condicionamiento, un EN, EN₁, siempre es acompañado del EI de acuerdo con un procedimiento de demora corta. En otros ensayos, intercalados al azar con los anteriores, un segundo EN, EN₂, se presenta 1 o 2 segundos antes de iniciarse el EN₁ para que los dos estímulos terminen al mismo tiempo sin el EI. Esto significa que cuando están juntos los dos EN (EN₁ + EN₂) no son reforzados por el EI y que el EN₁ cuando está solo siempre es reforzado por el EI. Como resultado del no reforzamiento ante su presencia, el EN₂ de modo gradual adquiere una función inhibitoria (Marchant, Mis y Moore, 1972) capaz de reducir las RC ante el EN₁ que adquirió una función de EC₁⁺ por haber sido reforzado por el EI. Entonces se dice que en el procedimiento de inhibición condicional el organismo aprende: 1) a responder ante EN₁ porque es una señal de que va ocurrir el EI, y 2) a no responder en los ensayos donde el EN₂ acompaña al EN₁ pues los dos estímulos juntos señalan que el EI no va a ocurrir.

El método de inhibición diferencial involucra la programación aleatoria de dos tipos de ensayos, los de tipo reforzamiento, donde un EN₁ es seguido por el EI, y los de tipo no reforzamiento, en los que un EN₂ nunca es apareado con el EI. Aunque este procedimiento también utiliza dos EN, es diferente a la inhibición condicional en que el EN₁ siempre es seguido por el EI; no se programan ensayos del EN₁ sin reforzamiento. El único estímulo que aparece solo es el EN₂, señalando la ausencia del reforzamiento (EI). Se le llama procedimiento de inhibición diferencial por que al entregarse el reforzamiento (EI) de manera diferencial con respecto a los dos estímulos (EN₁ y EN₂), el organismo aprende a discriminar entre ellos, no responde ante el EN₂ (EC⁻), lo que significa la inhibición de la RC y sí lo hace ante el EN₁ (EC⁺) indicando que este funciona como un excitador condicional provocando la RC.

En resumen, el resultado de estos ensayos de condicionamiento es el surgimiento gradual de la RC ante el EN₁ que, debido a su asociación con el EI, adquiere la función de EC₁⁺. Por su parte el EN₂ se convierte en un estímulo inhibitorio condicional o EC₂⁻ por que éste señala que el reforzamiento (EI) no ocurrirá en los ensayos donde este estímulo aparece (Rescorla y LoLordo, 1965).

La inhibición condicional también ocurre en procedimientos que sólo utilizan un EN y un reforzamiento (EI), esto sucede cuando existe una **contingencia negativa entre**

el EI y el EN (Rescorla, 1969). En una contingencia negativa, la probabilidad de que el EI se presente en ausencia del EN es mayor que la de que ocurra el EI ante el EN.

Como en este procedimiento no existe un EC⁺ que señale la ocurrencia del reforzamiento (EI), el EI se presenta en la situación experimental sin ser señalado por un estímulo explícito (el EI ocurre solo). Esto propicia que las señales ambientales propias de la situación experimental (las señales del contexto) sean condicionales a la aparición del EI, los estímulos que son parte del contexto predicen que el EI ocurrirá porque no hay ningún otro estímulo explícito que señale su presencia. El resultado de esto es una inhibición diferencial ante el EN, las señales propias de la situación proveen un contexto de excitación para que se manifieste el condicionamiento inhibitorio ante el EN (Dweck y Wagner, 1970).

Existen tres técnicas para medir la inhibición condicional: identificación de tendencias opuestas de respuestas, prueba de la sumación algebraica y retardo de la adquisición en la RC.

Hay respuestas instrumentales que ocurren en dos direcciones opuestas. Un ejemplo es la conducta de acercarse bajo ciertas circunstancias a una fuente de estimulación y alejarse de la misma cuando las circunstancias cambian. Con estas características, la conducta instrumental cambia en una dirección con la excitación condicional y en la dirección opuesta con la inhibición condicional; con un incremento en la frecuencia de la conducta y un decremento en la misma, respectivamente. A fin de proporcionar una evidencia empírica del condicionamiento inhibitorio de **respuestas con direcciones opuestas**, los investigadores han usado el método de seguimiento de señales.

Como ya se mencionó, los pichones se aproximan y hacen contacto con una señal que predice la entrega de alimento; si en lugar de éste se utiliza un procedimiento de inhibición condicional, en el que la señal indique la ausencia o el retiro del reforzador, los pichones se alejarán de dicha señal (Hearst y Jenkins, 1974; Waserman, Franklin y Hearst, 1974). La técnica de la supresión condicionada también se ha utilizado para estos fines; como se recordará, en este método un EC⁺ que se asocia con la presentación de un choque eléctrico inevitable adquiere una función excitatoria que consiste en suprimir la conducta instrumental que produce el alimento. De igual manera, un EC⁻ apareado con la no ocurrencia u omisión del choque eléctrico, adquiere una función inhibitoria que consiste en incrementar las presiones de palanca para ganar comida (Hammond, 1966; Wesierska y Zielinski, 1980). Esto es un claro ejemplo de que la inhibición y la excitación son dos procesos opuestos, si la excitación causa una disminución en la frecuencia de la respuesta, entonces la inhibición tendrá el efecto contrario.

Pavlov (1927) desarrolló la técnica de **sumación algebraica** para poner a prueba la existencia de la inhibición. La investigación contemporánea en condicionamiento clásico (Miller y Spear, 1985) considera que la prueba de la sumación es la técnica más adecuada y versátil que existe para medir la inhibición. Consiste en juntar dos estímulos para formar un compuesto de estímulos, uno de cuyos elementos debe ser el EC⁺ excitatorio que, previamente, debe haberse establecido por el método del refuerzo con el EI, el otro es el estímulo que se supone adquirió una función de inhibidor condicional o EC⁻. La prueba consiste en presentar al sujeto el compuesto de estímulos y medir la RC que éste provoca al ser presentado.

La medición así obtenida de la RC, se compara con la que se tomó en una línea base donde al sujeto sólo se le mostró el EC⁺ excitatorio. Si el elemento EC⁻ es un verdadero

estímulo inhibitorio condicional, entonces el resultado de presentarlo en el compuesto debe ser provocar una reducción en el nivel de la RC; la RC ante el compuesto debe ser menor al nivel de RC que por sí solo provoca el EC⁺ excitatorio. Lo anterior significa que la prueba consiste en observar los efectos de un EC⁻ inhibitorio presentado en compuesto con un EC⁺ excitatorio. Otra forma de entender este procedimiento es como una adición algebraica de dos valores, un valor negativo proporcionado por el EC⁻ inhibitorio y el valor positivo que aporta un EC⁺ excitatorio.

Otra manera para detectar si un estímulo funciona como un inhibidor condicional, es someterlo a la **prueba de retardo en la adquisición en la RC** (Hammond, 1968; Rescorla, 1969). De acuerdo con la prueba de retardo, el número de ensayos con reforzamiento (EI) que un inhibidor requiere para transformarse en un excitador condicional, es mayor que el número de los mismos que un EN requiere para provocar la RC. Lo anterior significa que en relación con un EN, la adquisición de la RC sufre un retardo ante un estímulo que tiene una función de inhibidor condicional. La investigación contemporánea indica que la prueba de retardo no es tan eficiente como la prueba de sumación para detectar si un estímulo tiene o no una función de inhibidor condicional. El principal problema que este método enfrenta es que son varios los factores que pueden retardar la adquisición de la RC; esto dificulta la identificación del elemento particular que causa el retardo en la adquisición de la RC (Baker y Baker, 1985). Otro problema es que hay ciertas formas de inhibición que no pueden ser detectadas con el uso de la prueba de retardo (p. Ej., Holland, 1985).

EXTINCIÓN

Se debe distinguir entre la extinción como una operación que el experimentador hace y la que ocurre como un resultado de dicha operación. La extinción como operación consiste en eliminar o retirar el EI que el experimentador utilizó para reforzar al EC⁺; en los ensayos de extinción el EC⁺ aparece sin ningún otro estímulo. Como resultado de esta operación la extinción observada es una reducción gradual en la frecuencia o magnitud de la RC, hasta que en presencia del EC⁺ extinguido la RC alcance niveles cercanos a cero.

Pavlov (1927) veía a la extinción como un caso de inhibición interna. Él razonaba que si un EC⁺ en sus apareamientos con el EI ganaba una fuerza excitatoria, entonces en los ensayos de extinción el mismo estímulo adquiriría una fuerza inhibitoria que competía con la excitatoria previa. Era un proceso "interno" porque con la extinción el EC⁺ tenía que demarcar en la corteza cerebral del organismo una área inhibitoria donde ya existía un área excitatoria.

La interpretación de la extinción como un prototipo de inhibición, se cuestionó en estudios posteriores a Pavlov que notaron que un EC⁺ sometido a la extinción no pasaba la prueba de retardo. Se mostró que un EC⁺ extinguido requiere de pocos ensayos de recondicionamiento (reforzamiento con el EI) para provocar de nuevo la RC; esto es, ante un EC⁺ extinguido no se observa ningún retardo en la readquisición de la RC. Cuando esto ocurre, un EN requiere más ensayos de reforzamiento (EI) para provocar la RC que un estímulo extinguido, lo cual no se espera en una prueba de retardo.

Una interpretación alternativa es que la función de un estímulo cambia con la extinción, de ser un excitador condicional (EC⁺) se convierte en un inhibidor condicional (EC⁻). Esto significa que la pérdida en la RC que se observa como resultado de la extinción, no es igual a aquella ocasionada por el olvido; la extinción no es sinónimo del olvido. En la extinción, las presentaciones repetitivas del EC sin reforzamiento son responsables del decremento gradual de la RC, mientras que en el olvido el decremento de la fuerza de la RC se debe única y exclusivamente al paso del tiempo. La extinción requiere de la experiencia del EC⁺ sin reforzamiento. El olvido ocurre por una ausencia prolongada del estímulo, es una falta de exposición al estímulo lo que causa que el organismo se olvide de éste.

EXTINCIÓN Y HABITUACIÓN

El procedimiento para establecer la habituación de una respuesta ante un estímulo, es muy similar al procedimiento de la extinción, en ambos casos el estímulo se presenta por sí solo, sin ningún EI que lo acompañe. La diferencia crítica entre los dos procedimientos es que en la extinción el estímulo involucrado (EC⁺) tiene un historia de reforzamiento, esto es, que en una fase previa de condicionamiento, el EC⁺ fue seguido por el EI. En la habituación no se requiere que el estímulo tenga una fase como esta, pues desde el principio es un EN y siempre se presenta solo. Los dos procedimientos, no obstante, tienen variables que causan los mismos efectos, el intervalo entre las presentaciones consecutivas de estímulo es una de ellas (Westbrook, Smith y Charnock, 1985). El paso del tiempo es otro factor que los hace similares, en ambos casos la respuesta ante el estímulo reaparece después de un tiempo que este (extinguido o habituado) se dejó de presentar; fenómeno al que se ha denominado recuperación espontánea (Pavlov, 1927; Robbins, 1990). Con los dos métodos, la recuperación espontánea disminuye en función de un incremento en la cantidad de ensayos de extinción o de habituación, según sea el caso.

Durante la extinción, la presentación de un estímulo novedoso produce el mismo efecto que durante la habituación, en ambos procedimientos la ocurrencia de un estímulo novedoso provoca (desinhibe) la aparición de la respuesta (Pavlov, 1927). A la recuperación de la RC producida por un estímulo novedoso se le conoce como **desinhibición**, esta última no debe confundirse con la recuperación espontánea en donde la respuesta simplemente se recupera con el paso del tiempo, la desinhibición de la RC ocurre por que en una fase de extinción o en una fase de habituación se presenta un estímulo novedoso.

La pregunta ¿qué se aprende durante la extinción? ha generado controversia en el estudio del condicionamiento clásico. Hay quienes afirman que en la extinción el organismo no aprende nada nuevo, por el contrario, muestra una tendencia a desaprender la RC que ya había aprendido. Como evidencia de esto se toma a la declinación gradual de la RC, que se presenta en la extinción. Esta idea no fue compartida por Pavlov, quien sostenía que durante la extinción el organismo sí aprende algo nuevo, es decir a inhibir la RC provocada por la presentación del EC⁺; de acuerdo con él, durante la extinción el organismo adquiere un nuevo proceso inhibitorio que le ayuda a detener la RC provocada por el EC⁺. Para sustentar esta idea Pavlov tomó como evidencia a la desinhibición de la RC provocada por un estímulo novedoso durante la extinción, razonó que si el organismo adquiría un proceso inhibitorio, éste podría ser fracturado por cualquier agente extraño (estímulo novedoso) a la situación experimental.

Aunque el fenómeno de la desinhibición apoya la idea de que la extinción es un caso de inhibición interna, el tipo de inhibición activa que muestra un estímulo correlacionado de manera negativa con el EI, no muestra la extinción (Rescorla, 1969). Un EC extinguido no pasa ninguna de las tres pruebas mencionadas: 1) no provoca una respuesta opuesta a la que provoca el excitador condicional; 2) no demora la adquisición de la RC pues, de hecho, ésta se restablece más rápidamente (Konorski y Szejewska, 1950; 1952) que lo que tarda en adquirirse ante EN; y 3) el EC extinguido no inhibe la RC que provoca un excitador, por el contrario facilita la RC cuando el compuesto es acompañado de un EC⁺ (Reberg, 1972).

Los datos acumulados en años de investigación indican que Pavlov tenía razón al sugerir que durante la extinción el organismo aprende algo nuevo; si lo que se aprende es una inhibición, los fenómenos de la desinhibición y la recuperación espontánea parecen constatarlo. Aunque, se cree que la extinción causa un tipo de inhibición diferente a la que se observa en los procedimientos de inhibición condicional, el mecanismo responsable aún no se ha identificado.

MÉTODO INSTRUMENTAL

Thorndike (1898-1911) inició en América el primer programa de investigación sobre el condicionamiento instrumental, este autor originalmente estaba interesado en estudiar la inteligencia animal; para estos fines diseñó varias situaciones experimentales que llamó "las cajas problema". Sus experimentos consistían en encerrar a un animal hambriento (gato, perro o pollo) dentro de una caja que le permitía ver el alimento que se encontraba disponible afuera, la tarea del animal era aprender a escapar para obtenerlo. Lo que permitía al animal escapar era diferente en cada caja problema y algunas requerían respuestas más fáciles que otras. Thorndike medía el tiempo de escape (el que le tomaba al animal salir de la caja) y notó que éste disminuía en función de un incremento en la cantidad de veces (ensayos de condicionamiento) que el animal repetía el ensayo y escapaba. Él interpretó este resultado como un indicador del aprendizaje de una asociación entre el estímulo caja problema y la respuesta de escape. Esta asociación en ensayos consecutivos era fortalecida (reforzada) por el alimento. Estos hallazgos los usó para formular la "Ley del efecto" que dice:

Si una respuesta que ocurre en presencia de un estímulo es seguida por un evento satisfactorio, la asociación entre el estímulo y la respuesta se fortalece. Si la respuesta es seguida por un evento que produzca molestia, la asociación se debilita.

De acuerdo con la Ley del efecto, los animales aprenden una asociación entre la respuesta de escape y cualquier estímulo que se encuentre presente cuando se da la respuesta. La consecuencia a la respuesta de escape (en este caso, la comida) no forma parte de la asociación, esta sólo sirve para fortalecer (cuando es un evento satisfactorio) o debilitar (si es molesto) dicha asociación. Por tanto, la Ley del efecto de Thorndike sólo involucra el aprendizaje entre un estímulo y una respuesta (E-R).

MÉTODO DE ENSAYOS DISCRETOS

En el método de ensayos discretos, cada uno inicia colocando al sujeto en la situación experimental y termina cuando éste emite la respuesta instrumental. Tal vez la situación experimental que más se ha usado con este método es el corredor de una sola vía, mismo que se divide en tres partes: en un extremo se localiza el punto de partida, en el extremo opuesto se encuentra la meta y lo que hay en medio de estos dos puntos es el corredor. Al inicio de cada ensayo se coloca al animal, de manera usual una rata de laboratorio, en el punto de partida y se levanta una barrera removible que separa al punto de partida del resto del corredor. La rata tiene la libertad de caminar o correr a lo largo del corredor hasta que llega a la meta, donde encuentra un reforzador (comida o agua); el experimentador retira al sujeto de la meta y lo vuelve a poner en el punto de partida, para dar inicio a un nuevo ensayo.

El mejoramiento en la ejecución se estima a partir del vigor en la respuesta instrumental, se mide el tiempo que le toma al animal pasar por todo el corredor hasta que llega a la meta, lo que en términos técnicos es el tiempo de carrera. Esta medida con facilidad se traduce en velocidad de carrera si se divide la longitud del corredor entre el tiempo de la carrera. La **latencia de la respuesta instrumental** es otra medida que con frecuencia se utiliza en esta situación, ésta se cuenta a partir de que el animal deja el punto de partida hasta que llega a la meta. Un resultado típico es que la latencia se reduce conforme aumentan los ensayos de condicionamiento, esto se ha usado como un indicador del aprendizaje.

El método de ensayos discretos también se suele emplear en otra situación experimental denominada el corredor en forma de "T", el cual consta de un punto de partida y dos compartimientos al final del corredor, uno a la izquierda y otro a su derecha; ambos compartimientos funcionan como meta, lo cual permite estudiar la conducta de elección. Así, una meta puede contener un tipo de alimento diferente al que hay en la otra. Después de colocar varias veces a la rata en esta situación de elección, el experimentador puede medir su preferencia por uno de los dos tipos de alimento. Las medidas de la latencia y la velocidad del recorrido también pueden proporcionar información importante; por ejemplo, una latencia larga y una velocidad baja en el recorrido podrían indicar que ninguno de los dos tipos de alimento son atractivos para la rata.

MÉTODO DE OPERANTE LIBRE

En el método de operante libre, la sesión inicia colocando al sujeto en la situación experimental y no se le vuelve a tocar hasta que finaliza la sesión. Todo ese tiempo, el sujeto tiene la libertad de emitir la respuesta instrumental una y otra vez, hasta que se fatigue. Este procedimiento surgió con el trabajo de Skinner (1938) quien quería tener un registro continuo de la respuesta instrumental, pues se interesaba en el análisis experimental de una forma de conducta que fuese representativa de la actividad del organismo en su ambiente natural. Skinner tenía claro que los organismos manifiestan algún comportamiento todo el tiempo, que una actividad conduce a otra y que se debe considerar al comportamiento como un continuo conductual. Con base en estas consideraciones, Skinner propuso el concepto de operante como una forma viable de dividir a la conducta

en unidades que tuviesen significado y se pudiesen cuantificar, con lo que inició el análisis experimental de la conducta.

Las respuestas operantes se definen en términos de los efectos que producen en el ambiente en el que actúan; presionar una palanca en ratas o picar una tecla en pichones para producir alimento son ejemplos de conducta operante. Se considera que las actividades que producen el mismo efecto al actuar sobre el ambiente, son instancias de la misma operante. La clave para identificar a una operante no se encuentra en describir los músculos que participan en la conducta que se observa, sino en señalar la manera en que la conducta opera (cambiando o modificando) en el medio.

La conducta operante de presionar una palanca, por ejemplo, para obtener alimento se define en términos operacionales, como aquella conducta capaz de cerrar un microinterruptor. No importa su topografía (forma), la rata puede presionar la palanca con el hocico, patas delanteras, patas traseras o la cola. Para Skinner todas estas respuestas musculares eran la misma operante, siempre y cuando tuviesen la suficiente fuerza para cerrar el interruptor que activaba el dispensador de alimento. Él consideró a las diferentes formas de presionar una palanca como funcionalmente equivalentes, porque todas tenían el mismo efecto en el ambiente: cerrar el interruptor que activaba el dispensador de alimento.

Skinner (1938) notó que las ratas no presionaban de inmediato la palanca al ser colocadas en la caja experimental; antes de esto se les tenía que indicar el lugar donde se presentaba el alimento que seguía a las presiones de palanca. Esto lo hacía mediante programar apareamientos del ruido que producía el dispensador de alimento, con la presencia misma del alimento en el comedero. De acuerdo con el condicionamiento clásico, después de una cierta cantidad de apareamientos, el ruido del dispensador funcionaba como un EC⁺ que señalaba la ocurrencia del EI (la comida). Cuando las ratas habían recibido entrenamiento al comedero, Skinner procedía a moldear la conducta de presionar la palanca. El moldeamiento se hacía reforzando con comida las aproximaciones sucesivas que con éxito llevaban al animal a apretar la palanca; el reforzador se entregaba de modo diferencial, es decir, la comida se entregaba contingente a las conductas que aumentaban en complejidad (aquellas que más se parecían a la conducta de presionar la palanca) y no se volvía a reforzar a las conductas simples que sirvieron como antecedentes de las conductas terminales.

Una vez que la respuesta operante de presionar la palanca quedaba establecida, no importa la forma en la cual ésta se emitía, lo que cuenta es su función (que la rata opere [cierre] el microinterruptor para activar el comedero). No obstante, varios investigadores han mostrado que los pasos preliminares que se usan para moldear la conducta continúan ejerciendo una influencia en la manera en la cual los sujetos ejecutan la operante (Stokes y Balsam, 1991). Algunos afirman que después de un entrenamiento extenso los sujetos se vuelven más eficientes en la ejecución de la operante y gastan cada vez menos energía al emitirla (Brener y Mitchell, 1989; Mitchell y Brener, 1991).

TASA DE RESPUESTA COMO UNA MEDIDA DE LA CONDUCTA OPERANTE

El método de operante libre permite la observación continua de la conducta en periodos largos, lo cual para el estudio de la conducta instrumental, representa la mayor ventaja

que este método tiene sobre el de ensayos discretos. Esto es importante porque no es el experimentador, sino el sujeto que al tener oportunidad de responder de manera continua determina la frecuencia de ocurrencia de la conducta instrumental. Gracias a esto, el método de operante libre permite estimar los cambios en probabilidad de ocurrencia de la conducta en el tiempo. Skinner (1938) propuso que **la tasa de respuesta** (la frecuencia de la respuesta en un intervalo particular) se utilizara como una medida de la probabilidad de ocurrencia de la operante. En la práctica, la tasa de respuesta se contabiliza contando la cantidad de respuestas que ocurren en una sesión (el numerador) y dividiéndolo por la duración de la sesión (el denominador). También se pueden estimar tasas locales de respuesta si se cuenta el número de respuestas en un intervalo particular y se divide por la duración del intervalo particular. En cualquier caso, una tasa de respuesta alta significa que la conducta operante tiene una probabilidad alta de ocurrencia y viceversa.

A los investigadores de la conducta operante libre les interesaba medir cambios en la tasa de respuesta en el transcurso del tiempo, Skinner (1938) diseñó el **registro acumulativo** que facilitó esta tarea. Como se puede ver en la figura 4-6, el registro acumulativo consta de un cilindro que al rotar a una velocidad constante, empuja una hoja de papel, sobre ésta descansan un par de plumillas, una registra las respuestas y la otra el tiempo. Si el animal no responde, la plumilla de las respuestas no se mueve y traza una línea horizontal plana. Cada vez que la rata presiona la palanca, la plumilla se mueve un paso hacia arriba y traza una pequeña línea vertical; la distancia total de ésta representa la cantidad total de respuestas acumuladas que hace la rata. La pendiente de la línea vertical indica la tasa de respuesta, que entre más inclinada resulta, indica una tasa mayor. Dado que el rodillo expulsa el papel a una velocidad constante, el tiempo total de la sesión queda registrado por la primera plumilla.

TÉCNICA DE LA LÍNEA BASE CONDUCTUAL

Skinner (1938) iniciaba sus estudios poniendo a las ratas en la caja experimental y registrando, durante un tiempo, las presiones de palanca que éstas hacían antes de recibir el



Figura 4-6. Prototipo de registro acumulativo.

reforzamiento (comida). Al registro inicial de las respuestas le llamó "nivel operante", porque declaraba el nivel inicial en que las ratas operaban en el ambiente, antes de ser afectadas por una consecuencia positiva. Con el transcurso de los años, este registro recibió el nombre de línea base de operante libre, pues es una base o parámetro que sirve para estimar los efectos de una operación experimental. El reforzamiento positivo, por ejemplo, es una operación que incrementaría una tasa de respuestas que muestre un nivel bajo en una línea base de operante libre.

La línea base de operante libre (o nivel operante) ayuda a revelar los efectos de los procedimientos que se utilizan para incrementar (reforzar de manera positiva o negativa) la tasa de respuestas; sin embargo, cuando el nivel operante es muy bajo, no sirve para detectar los efectos de los procedimientos que se utilizan para reducir (castigar) aún más la tasa de respuestas. Cuando esto sucede, primero se necesita crear una línea base estable que sea más alta que la que mostró el sujeto en el nivel operante. A la línea base que se crea con ayuda de algún programa de reforzamiento positivo se le conoce como línea base manipulada, y se puede utilizar para evaluar los efectos de procedimientos, estímulos o alguna otra manipulación que quizá incremente o reduzca la tasa de una conducta operante. La técnica de supresión condicionada es un ejemplo de esto, la tasa de respuestas mantenida por un programa de reforzamiento de intervalo variable (una línea base manipulada) se usa para evaluar una asociación entre un EC⁺ y un EI nocivo. En general, la línea base conductual es muy útil para evaluar efectos de estimulantes (Dews, 1963) y drogas que se usan para tratar la esquizofrenia (Aparicio, 1998, 1999).

PROCEDIMIENTOS DE CONDICIONAMIENTO INSTRUMENTAL

En todas las situaciones de condicionamiento instrumental, la conducta que el sujeto emite es seguida por algún tipo de consecuencia en el ambiente. Los procedimientos de condicionamiento instrumental pueden ser clasificados de acuerdo con la naturaleza del evento ambiental que la conducta controla. El evento puede representar un beneficio para el organismo o poner en riesgo su existencia. A los primeros se les suele llamar estímulos apetitivos y a los segundos, estímulos nocivos. Otro factor importante para esta clasificación es la relación o contingencia que existe entre la respuesta que el sujeto emite y el evento ambiental que ésta controla. De acuerdo con ello, la respuesta instrumental puede producir un evento (en cuyo caso se considera que hay una contingencia positiva entre la respuesta y el evento), o bien, eliminar o retirar un evento (entonces existe contingencia negativa entre la respuesta y la consecuencia). El cuadro 4-1 resume los cuatro procedimientos de condicionamiento instrumental que resultan de esta clasificación, estos difieren en el tipo de estímulo (apetitivo o nocivo) que la respuesta controla y en si la respuesta lo produce o elimina.

Reforzamiento positivo

El procedimiento de reforzamiento positivo consiste en el arreglo de una contingencia positiva entre la respuesta instrumental y el estímulo apetitivo. Es una regla simple, si el organismo emite la respuesta instrumental, recibe el estímulo apetitivo; si no hay respuesta no hay estímulo. Con esta regla la respuesta instrumental incrementa su probabilidad

Cuadro 4-1. Procedimientos de condicionamiento instrumental

Nombre del procedimiento	Efecto de la respuesta instrumental
Reforzamiento positivo	La respuesta produce un estímulo apetitivo que no ocurre si no hay respuesta
Castigo	La respuesta produce un estímulo nocivo que no ocurre si no hay respuesta
Reforzamiento negativo (escape o evitación)	La respuesta elimina o evita que ocurra un estímulo nocivo que permanece u ocurre si no hay respuesta
Entrenamiento de omisión	La respuesta elimina o evita que ocurra un estímulo apetitivo que permanece u ocurre si no hay respuesta

de ocurrencia. Si el estímulo apetitivo (el reforzador) se presenta cada vez que el organismo emite la respuesta instrumental y nunca ocurre en ausencia de la respuesta, la regla se refiere a un programa de **reforzamiento continuo**.

Hay ocasiones en las que no todas las respuestas instrumentales producen el reforzador y algunas respuestas no son reforzadas por el programa. Cuando esto ocurre, la regla se refiere a un programa de **reforzamiento intermitente** que quizá tome como base un número de respuestas (programas de razón) o en el paso del tiempo (programas de intervalo). Tanto la razón como el intervalo pueden ser fijos o variables, con lo que se definen los cuatro **programas simples de reforzamiento positivo**: 1) razón fija, 2) razón variable, 3) intervalo fijo y 4) intervalo variable (Fester y Skinner, 1957).

En los programas de **razón fija (RF)** el reforzador se entrega contingente a la respuesta que cumple con el requisito de la razón. Si el programa pide 30 respuestas (RF30), las primeras 29 no son reforzadas y no importa si el organismo las emite de una sola vez o en partes, sólo la trigésima respuesta es efectiva para producir el reforzador y será la única respuesta reforzada por el programa.

Un programa de **razón variable (RV)** entrega el reforzador contingente a una respuesta que en promedio cumple con la razón requerida. Si el programa pide en promedio 30 respuestas (RV30), las siguientes razones, por ejemplo, podrían servir para proporcionar el reforzamiento a 3, 30, 9, 42, 15, 33, 6, 57, 24, 36, 18, 51, 27, 48, 12, 39, 54, 21 y 45 respuestas. La suma de estas razones da un valor (570) que dividido por la cantidad de las mismas (19) resulta en el valor promedio de respuestas (30) que el programa requiere. De acuerdo con el ejemplo, será reforzada la tercera respuesta instrumental que emita el sujeto y, a partir de allí se contarán 30 respuestas para dar el siguiente reforzador, después se contarán 9 y así sucesivamente hasta terminar con la última razón. Así, al cumplirse las 19 razones, el programa habrá entregado 19 reforzadores, cada uno contingente a la trigésima respuesta que, en promedio, cumplió con la razón requerida por el programa.

Los programas de **intervalo fijo (IF)** entregan el reforzador contingente a la primera respuesta instrumental que ocurre una vez que se cumplió el intervalo especificado por el programa. Si el programa pide un intervalo fijo de 30 segundos (IF30), la primera respuesta que el organismo emita a los 30 segundos de iniciado el intervalo producirá el reforzador; las respuestas que ocurren (si es que ocurre alguna) durante el intervalo no son reforzadas.

En los programas de **intervalo variable (IV)** la primera respuesta que ocurre después de transcurrido un intervalo, que de un reforzador a otro varía de acuerdo con un valor promedio, produce el reforzamiento. Por ejemplo, un programa que cada 3, 30, 9, 42, 15,

33, 6, 57, 24, 36, 18, 51, 27, 48, 12, 39, 54, 21 y 45 segundos entrega el reforzador contingente a la primera respuesta, es un programa IV30. Aquí, la suma de los intervalos proporciona un valor (570) que dividido entre el número de ellos (19), corresponde a un intervalo promedio de 30 segundos. Este programa reforzará la primera respuesta después de transcurridos 3 segundos, luego otra respuesta que ocurra a los 30 segundos, la siguiente que se emita a los 9 segundos y así de manera sucesiva hasta que transcurra el último intervalo de 45 segundos y el sujeto responda para producir otro reforzador. Cuando esto ocurra, el sujeto habrá provocado 19 reforzadores, uno cada 30 segundos en promedio.

Si el tiempo de sesión lo permite, el sujeto podrá obtener otros 19 reforzadores de acuerdo con los mismos intervalos (algunas veces la duración de la sesión permite que el programa pase por los mismos intervalos 3 o 4 veces).

Castigo

El castigo se refiere al arreglo de una contingencia positiva entre una respuesta y un evento que es perjudicial (nocivo) para el organismo. En general, el castigo es más efectivo cuando un estímulo nocivo se presenta contingente a cada respuesta que el sujeto emite (Zimmerman y Ferster, 1963); como resultado de este procedimiento se reduce la probabilidad de que en el futuro se emita la misma respuesta. Para poder analizar en el laboratorio los parámetros que hacen eficiente al castigo, los investigadores primero utilizan algún programa de reforzamiento positivo para garantizar un nivel alto de respuesta instrumental y luego presentan el evento nocivo contingente a esa respuesta, a fin de evaluar los efectos supresores del castigo. La idea de esto es valorar las condiciones que hacen a la conducta instrumental más resistente al castigo. Los resultados de estos estudios han mostrado que el castigo es más eficiente cuando se introduce: 1) abruptamente, 2) a su máxima intensidad y 3) sin demora.

Estudios de laboratorio señalan que los pichones siguen picoteando una tecla que produce comida, a pesar de que cada picotazo es seguido por un choque eléctrico de 130 voltios. Este efecto se produce si se introduce de modo gradual un choque eléctrico de baja intensidad (60 voltios) y poco a poco se incrementa su intensidad (Azrin, Holtz y Hake, 1963). Pero si un choque eléctrico de moderada intensidad (80 voltios) se presenta de súbito (sin señal), los pichones de inmediato dejan de responder a la tecla y nunca la vuelven a picotear (Azrin, 1959; Miller, 1960). Esto sugiere que el castigo que se introduce de manera gradual no es un supresor efectivo de la conducta, algunos investigadores afirman que esta manera de administrar el castigo genera un tipo de conducta conocida como masoquismo.

Entre más intenso sea el estímulo nocivo (p. ej., un choque eléctrico), mayor será el grado de supresión de la conducta castigada. Mientras que un estímulo nocivo de baja intensidad no afecta la conducta, una intensidad moderada del mismo estímulo suprime la conducta de manera permanente (Appel y Peterson, 1965; Azrin, 1960). Varios estudios han mostrado que un estímulo nocivo intenso elimina por completo la respuesta instrumental del sujeto (Appel, 1961; Storms, Boroczi y Broen, 1962). La eliminación de una respuesta que se castigó con un estímulo intenso, no se recupera con el tiempo que el sujeto pasa fuera de la situación experimental (Azrin, 1959, 1960).

Además, el castigo que se presenta sin demora es más eficiente para eliminar la conducta no deseada que uno que tarda en ser aplicado (Azrin, 1956; Cohen, 1968), no

obstante, este efecto se ha malinterpretado pues los estímulos nocivos generan conductas emocionales que compiten con la emisión de las respuestas instrumentales. Un estudio encontró que dos grupos de ratas que diferían entre sí con respecto a si habían recibido un choque eléctrico inmediato o si este se había tardado unos segundos, mostraron el mismo nivel de supresión de la respuesta de palanqueo (Estes, 1944). Este hallazgo que se replicó algunos años después (Hunt y Brady, 1955), sugirió que el castigo reduce las respuestas operantes porque induce respuestas respondientes que compiten con las primeras. Tal argumento no se mantuvo por mucho tiempo, pues otros estudios mostraron que después de la primera hora de exposición al castigo, el grupo que lo recibe después de un tiempo difiere mucho del que lo experimenta sin tardanza (Azrin, 1956). Las repuestas con un castigo demorado se recuperan con más rapidez que las que se castigan en el acto, además, si éste es inmediato elimina por completo las respuestas instrumentales.

Reforzamiento negativo

Este procedimiento se refiere a una contingencia negativa entre una respuesta operante y una consecuencia del ambiente que es perjudicial para el organismo. La respuesta elimina un estímulo nocivo que se encuentra presente en la situación (escape), o bien, evita que ocurra el estímulo nocivo programado en ese intervalo particular. Se le llama reforzamiento negativo, porque el procedimiento incrementa la probabilidad de que se repita la misma respuesta que eliminó o sirvió para evitar que ocurriese el evento nocivo.

En el laboratorio operante, el procedimiento de escape se estudia con varias especies; a las ratas, por ejemplo, se les expone a un fuerte ruido o se les da un choque eléctrico moderado en las patas a través de las rejillas metálicas del piso de la caja de Skinner. Las ratas pueden escapar (eliminar) del ruido si brincan una barrera que las conduce a un compartimiento silencioso, o bien pueden eliminar el choque eléctrico al presionar una palanca operativa. En ambas situaciones, la presencia del estímulo nocivo establece la ocasión para que el sujeto emita una respuesta instrumental apropiada. La respuesta instrumental es reforzada por el hecho de que pone fin al evento nocivo, sólo si esta se emite en presencia del mismo. Si el animal brinca la barrera o presiona la palanca en ausencia del evento nocivo, su respuesta no es reforzada por la eliminación del mismo.

La **evitación** es otro método de reforzamiento negativo, en el que un estímulo nocivo se programa para que ocurra en la situación experimental a intervalos regulares o irregulares; en este caso, la emisión de la respuesta cancela el estímulo nocivo programado para ocurrir en ese intervalo particular. El procedimiento de evitación quizá cuente con una señal que anteceda a cada estímulo nocivo programado (método de ensayos discretos), o puede prescindir de la señal y presentar un evento nocivo no señalado a intervalos regulares o irregulares (método de operante libre).

El procedimiento de evitación con señal surgió de los estudios de condicionamiento clásico, el primer experimento lo realizó el psicólogo ruso Vladimir Bechterev (1913) quien estudiaba los mecanismos del condicionamiento clásico en humanos. Él pedía a los participantes que colocasen un dedo de la mano en un plato de metal, luego presentaba una señal de advertencia (EC) que de manera periódica anteceda a un breve choque eléctrico (EI) que los sujetos recibían en el dedo a través del plato; tan pronto como sentían el choque, retiraban el dedo del plato (escapaban del choque). Después de varios ensayos, aprendían a retirar el dedo del plato (evitaban el choque) durante la presenta-

ción de la señal de advertencia. El estudio de Bechterev ilustra un principio básico del procedimiento de reforzamiento negativo, a fin de evitar con éxito la ocurrencia de un estímulo nocivo, un organismo primero necesita aprender a responder (escapar) ante el evento nocivo. A partir de este experimento, los investigadores se han interesado en analizar la relación entre la señal de advertencia, la respuesta instrumental y el evento nocivo. Se debe notar que el método de evitación señalada o discriminada, involucra el uso de ensayos discretos. Cada ensayo inicia con la señal de advertencia, el evento que ocurre después de ésta depende de lo que el sujeto hizo durante la señal; si éste emite la respuesta instrumental durante la señal y antes de que ocurra el evento nocivo, la respuesta apaga la señal y hace que se omita el evento nocivo programado para ese ensayo, lo cual se conoce como **ensayo de evitación**. Si el sujeto no emite la respuesta durante la señal, el choque eléctrico programado para ese ensayo se presenta y no se retira hasta que el sujeto emite la respuesta que termina con el choque, lo que recibe el nombre de **ensayo de escape**.

El procedimiento de **evitación libre**, o no señalada, surgió con los estudios de Murray Sidman (1953a y 1953b) (por esta razón algunos la llaman "evitación Sidman"). Aquí el choque eléctrico se programa para que ocurra en determinados periodos sin señal, por ejemplo, cada 10 segundos, lo que recibiría el nombre de intervalo **choque-choque** de 10 segundos. El experimentador especifica alguna respuesta de evitación, como presionar una palanca en ratas, lo que evita que ocurra el choque eléctrico programado por algún tiempo fijo; por ejemplo, el sujeto al presionar la palanca pospone el choque por 30 segundos, esto se conoce como un intervalo **respuesta-choque** de 30 segundos. Bajo estas condiciones, las ratas aprenden a presionar la palanca para evitar el choque aun cuando este no es precedido por una señal de advertencia. Algunos investigadores han afirmado que con la técnica de Sidman el sujeto aprende a discriminar los periodos de choque de los que están libres del mismo. A pesar de que el procedimiento no tiene una señal de advertencia que anteceda a cada choque, estos ocurren a intervalos regulares lo cual posibilita que el tiempo por sí mismo (como pasa en el método temporal de Pavlov) sea un estímulo implícito que señale que el choque se presentará en breve.

Con el propósito de anular esta posibilidad, Richard Herrnstein y Peter Heline (1966) modificaron el procedimiento de Sidman, al usar intervalos irregulares (variables) para presentar los choques, además no todas las veces la respuesta operante servía para evitar el choque; esta decisión era tomada por un generador de probabilidades aleatorio. Así, no todas las respuestas de presión de palanca servían para evitar la ocurrencia de los choques programados, tan sólo lograban disminuir la tasa total de choques programados. Con esta técnica todas las ratas aprendieron a presionar la palanca para obtener un reforzamiento negativo molar consistente en reducir la tasa total de eventos nocivos programados para ocurrir en esa situación.

Entrenamiento de omisión

El entrenamiento de omisión surgió con los estudios de Sheffield (1965) en condicionamiento pavloviano con perros. Este autor usaba un procedimiento de demora corta para presentar una breve señal (EC) que a su terminación era seguida por la presentación de alimento (EI), en su procedimiento, si los perros salivaban durante la señal (se anticipaban a la entrega del alimento) se omitía la presentación del alimento (perdían el

reforzador). Sus resultados mostraron que los perros tenían serias dificultades para frenar esa conducta respondiente que ocasionaba la pérdida del reforzador. Los investigadores en conducta animal adoptaron la técnica de Sheffield para arreglar una contingencia negativa entre una respuesta operante y un estímulo apetitivo. En este caso la ocurrencia de la respuesta elimina o evita que se presente un evento de beneficio para el organismo; el reforzador (estímulo apetitivo) ocurre solo si el sujeto se abstiene de emitir la respuesta instrumental, de modo que con el entrenamiento de omisión decrece la probabilidad de que el sujeto emita la respuesta instrumental. Algunos psicólogos llaman al método de entrenamiento de omisión "reforzamiento diferencial de otras conductas" (RDO). Esto lo hacen para resaltar el hecho de que con el entrenamiento de omisión el sujeto recibe el reforzador cada vez que emite una conducta diferente a aquella que cancela la ocurrencia de un reforzamiento programado.

PRINCIPIO DE CONTINGENCIA

Una contingencia de reforzamiento define una relación entre los eventos que establecen la ocasión (E^D o E^A)* para que el sujeto emita la respuesta (R) y la consecuencia que produce dicha conducta operante (E^r). La relación entre la conducta y la consecuencia que esta produce se representa como sigue: $R \rightarrow E^r$. El símbolo R es la respuesta operante y E^r representa el reforzador o estímulo apetitivo. La flecha indica que si la R se presenta, entonces el E^r podría ocurrir. Una contingencia se refiere a la probabilidad que hay de que el E^r se presente si el sujeto emite la R operante. Esto significa que el E^r no ocurre todo el tiempo, algunas veces se presenta y otras no, su probabilidad de ocurrencia puede variar entre 0 y 100%.

Un estímulo que antecede a la respuesta (E^D o E^A) desempeña una función importante en la regulación de la conducta operante (Skinner, 1969). La luz de un semáforo, el letrero de una tienda y otros, son ejemplos de estímulos conocidos como discriminativos. Estos eventos regulan la conducta operante debido a la **historia de reforzamientos** que ha habido en su presencia. Por ejemplo, ante la luz verde de un semáforo (E^D) los automovilistas pasan las intersecciones (R) con poco o ningún riesgo (E^r) de verse involucrados en un accidente.

EXTINCIÓN OPERANTE

El procedimiento de retirar el reforzamiento a una respuesta antes reforzada se denomina **extinción**, es necesario enfatizar que este método es una contingencia de reforzamiento que define cero probabilidad de que la respuesta sea seguida por el reforzador. La extinción también se refiere a un proceso conductual, en este caso particular, a un decremento en la tasa de respuesta debido al retiro de reforzamiento. Además de este proceso, la extinción produce varios efectos conductuales, a continuación se describen de manera breve algunos de estos.

* **N. de E.:** Un E^D es un estímulo discriminativo en cuya presencia la respuesta recibiría reforzamiento, mientras que un E^A es también un estímulo discriminativo ante el que la respuesta no recibirá reforzamiento u otorgará castigo.

Cuando a una conducta operante se le retira por primera vez el reforzamiento (inicia la extinción), se observa una tendencia de dicha conducta a incrementar en frecuencia de ocurrencia. Este es un efecto característico del procedimiento de extinción que los investigadores han llamado **explosión repentina de respuestas**.

Además de observarse dicha explosión en las respuestas, la **topografía** (forma) de la conducta operante empieza a variar conforme avanza el procedimiento de extinción. El patrón estereotipado de conducta que se observa con reforzamiento positivo, varía considerablemente con el retiro del reforzamiento (Antonitis, 1951; Herrnstein, 1961a).

El reforzamiento positivo también se puede dar contingente a la **fuerza de la respuesta**. Notterman (1959) midió la fuerza que las ratas usaban para presionar la palanca durante periodos que alternaban entre reforzamiento positivo y extinción. A lo largo de las sesiones de reforzamiento, las ratas presionaron la palanca con una energía que mostró un rango muy pequeño de variación. Cuando se retiró el reforzamiento (inició la extinción), él observó un gran variación en la fuerza que se ejercía al presionar la palanca. Este resultado le llamó la atención, pues en comparación con las sesiones de nivel operante o las de reforzamiento, las ratas presionaron con más vigor la palanca durante la extinción. Notterman pensó que el incremento en la fuerza de la respuesta que se observó en la extinción se debió a la conducta emocional generada por el retiro del reforzamiento (la extinción).

Durante el procedimiento de extinción se ha observado una gran variedad de **respuestas emocionales**. Por ejemplo, los pichones aletean, las ratas muerden la palanca y los humanos sudan o patean una máquina de refrescos que no entrega una lata después de haberle insertado unas monedas. La agresión es otro tipo de respuesta emocional que se presenta durante la extinción. Pichones que han sido entrenados a picar una tecla para ganar comida, atacan a otro pichón que está próximo al lugar donde se lleva a cabo la extinción de la respuesta de picoteo (Azrin, Hutchinson y Hake, 1966).

EXTINCIÓN DISCRIMINADA

Un pichón que es reforzado con comida por picar una tecla en presencia de una luz verde y no cuando lo hace en presencia de una luz roja, muestra durante este entrenamiento respuestas emocionales y explosiones de respuestas ante la luz roja. Tras haber sido entrenado, el pichón deja de emitir estas conductas y simplemente deja de responder cuando la luz cambia de verde a rojo. La luz roja adquiere la función (E^A) de señalar un periodo de extinción. A este efecto se le llama extinción discriminada y se observa con regularidad en la conducta humana. Por ejemplo, un letrero que diga FUERA DE SERVICIO en un baño público, es un E^A que señala la extinción de ese servicio.

En términos ideales, cuando un organismo ha estado respondiendo durante largo tiempo a un procedimiento de extinción, se espera que la conducta operante regrese a su nivel operante (al nivel que tenía antes del entrenamiento con reforzamiento); pero, esto no es lo que se observa en la práctica. Se necesitan muchas sesiones de extinción para lograr que la conducta regrese a su nivel operante. La extinción de una conducta operante se estima registrando el número de respuestas o su tasa de emisión, en un tiempo determinado que el sujeto pasa respondiendo a la extinción. Un índice de la **resistencia a la extinción** se obtiene usando los registros así obtenidos de las últimas (por lo común

de 3 a 5) sesiones de extinción. En general, los datos de varios estudios indican que la velocidad de la extinción está en función de la frecuencia de reforzamiento; la conducta operante que recibe una mayor cantidad de reforzamientos es más resistente a la extinción que aquella que recibe sólo algunos de ellos. Algunas investigaciones han reportado que 50 y 80 reforzamientos son suficientes para lograr un máximo de resistencia a la extinción (Hearst, 1961; Perin, 1942).

La resistencia a la extinción incrementa con el **reforzamiento intermitente** que se utiliza en la fase de entrenamiento. En un procedimiento de extinción, un organismo que en el entrenamiento tuvo un reforzamiento de acuerdo con el programa RF100, mostrará una mayor resistencia a la extinción que uno que recibió un reforzamiento continuo. Esto sucede porque al organismo que recibió reforzamiento intermitente le toma mucho tiempo detectar que las contingencias de reforzamiento han cambiado en la extinción y necesita emitir muchas respuestas para detectar que estas ya no son reforzadas. En cambio, el organismo que recibió reforzamiento continuo de inmediato detecta la diferencia pues, cada respuesta que emite ha dejado de otorgarlo.

La resistencia a la extinción también se ve afectada por los estímulos que estuvieron presentes en el entrenamiento con reforzamiento positivo los cuales llegan a ser **estímulos discriminativos**. Una conducta operante en extinción alcanza su máxima manifestación sólo si las condiciones de estímulo que prevalecen en el procedimiento de extinción son idénticas a las que estaban vigentes cuando el organismo recibió el reforzamiento. Skinner (1950) usó un programa de reforzamiento intermitente para entrenar a un pichón a picar una tecla amarilla (E^D); luego implementó un procedimiento de extinción en el cual durante los primeros 15 minutos la tecla se iluminó de color rojo (E^A); esto causó un rápido decremento en la respuesta operante, con lo que se interrumpió la curva de extinción. Cuando en la fase de extinción la tecla volvió a ser amarilla, el pichón respondió a mayor velocidad y se recuperó la curva de extinción.

Después de una larga sesión de extinción, la respuesta puede regresar al nivel operante que tenía antes de recibir el reforzamiento positivo. Si en ese momento el organismo es retirado de la situación experimental y no regresa a ella sino hasta el día siguiente, en otra sesión de extinción se observará que el organismo responde por arriba de su nivel operante; a este fenómeno se le llama **recuperación espontánea** de una conducta operante. Conforme aumenta la cantidad de sesiones de extinción, la recuperación espontánea se reduce hasta que la tasa de respuesta no vuelve a recuperarse. Skinner (1950) notó que en las sesiones consecutivas de extinción la recuperación de la operante no era espontánea, sino que ésta se debía a que los estímulos que habían acompañado a la operante durante el entrenamiento seguían presentes durante la extinción. Entonces, a fin de evitar una recuperación espontánea los estímulos presentes durante la fase de extinción no deben ser los mismos que se mantuvieron en el entrenamiento con reforzamiento positivo.

Skinner (1938) diseñó un experimento para evaluar si el paso del tiempo ocasiona el olvido de la conducta operante. Entrenó a cuatro ratas a presionar una palanca, después de que 100 respuestas fueron reforzadas con comida, los animales regresaron a su caja hogar, donde permanecieron por 45 días con agua y comida disponibles todo el tiempo. Cuando este periodo terminó, los animales fueron sometidos a una fase de extinción. Skinner comparó la cantidad de respuestas que las ratas emitieron durante la extinción con las de otro grupo de ratas sometido a una fase de extinción al día siguiente del entrenamiento. En ambos grupos los resultados mostraron curvas de extinción muy similares;

45 días después del entrenamiento, las primeras dieron un número de respuestas (69) que fue muy cercano al de las que respondieron a la extinción un día después del entrenamiento (86). Estos resultados mostraron con claridad que las ratas que respondieron a la extinción 45 días después del entrenamiento no habían olvidado lo que tenían que hacer para producir el alimento (Skinner, 1938).

DISCRIMINACIÓN

Se dice que un organismo discrimina entre dos situaciones, cuando en una de ellas responde y en la otra no lo hace. La forma más simple de entrenar esta respuesta diferencial o discriminación, es reforzar la conducta operante en una situación y no reforzarla en la otra. Esto significa que el reforzamiento se entrega de modo diferente, la respuesta que se emite ante un estímulo produce el reforzamiento (E^D), pero la misma respuesta que se emite ante otro estímulo (E^A) no lo hace.

El **control de estímulos**, por otra parte, se refiere a un cambio en la conducta que ocurre cuando se presenta un estímulo que se asoció con el reforzamiento (E^D), o cuando ocurre otro estímulo que señaló la ausencia del mismo (E^A). Ante el E^D aumenta la probabilidad de que el sujeto emita la conducta operante y ante el E^A disminuye; esto significa que el E^D establece la ocasión para que la respuesta operante obtenga reforzamiento, mientras que el E^A propicia la extinción de una operante.

Los investigadores con frecuencia utilizan **programas de reforzamiento múltiples** para estudiar el control de estímulos. Un programa múltiple se compone de dos o más programas de reforzamiento simples que se asocian con estímulos diferentes. En un múltiple IV extinción, por ejemplo, un programa de intervalo variable (IV) opera en la presencia de una luz roja y un programa de extinción ante una luz verde. Los programas y los estímulos asociados con ellos alternan durante la sesión; cada 15 minutos, por ejemplo, la tecla podría cambiar del color rojo al verde y luego a la inversa. Así, la luz roja establece la ocasión para que la respuesta de picotear la tecla sea reforzada de acuerdo con el programa IV y la verde establece la ocasión para que dicha conducta sea extinguida o no sea seguida por el reforzador. Con pichones como sujetos, en las primeras sesiones de entrenamiento este programa genera una ejecución que se caracteriza por producir la misma cantidad de respuestas ante los dos colores. Después de varias sesiones decrece el número de respuestas ante el color verde, el estímulo en extinción E^A . Cuando esto sucede, la conducta de picotear la tecla ha quedado bajo el control de los estímulos; al presentarse el rojo, los pichones pican la tecla a una tasa alta y al cambiar la tecla a color verde, de inmediato dejan de responder.

Una manera de medir el control de estímulos que E^D y E^A ejercen en cualquier momento es mediante un **índice de discriminación (I_D)**, que compara la tasa de respuesta en el componente E^D con la suma de las tasas de respuesta en ambos componentes E^D y E^A (Dinsmoor, 1951). El I_D , cobra la siguiente forma:

$$I_D = (\text{tasa en } E^D) / (\text{tasa en } E^D + \text{tasa en } E^A)$$

Este índice puede variar entre 0.5 y 1.0; en el primer caso indicaría que el sujeto respondió con la misma tasa de respuesta ante ambos estímulos (no los discriminó); mientras

que 1.0 señala que el sujeto sólo respondió ante el E^D (discriminó, porque respondió de manera diferente ante ambos estímulos).

Un experimento de Guttman (1977) sirve para ilustrar el fenómeno del **contraste conductual**. Con ratas como sujetos, él utilizó un programa múltiple con dos componentes de intervalo variable de 30 segundos (Mult IV30-IV30); un IV fue señalado por el sonido de un generador de ruido blanco y el otro componente por una luz. Con el sonido y la luz alternados cada tres minutos, las ratas emitieron la misma cantidad de respuestas en los dos componentes. Después de esto, en presencia del sonido, Guttman cambió el componente IV por uno de extinción, así las ratas recibieron reforzamiento bajo un programa múltiple IV extinción. De acuerdo con lo que él esperaba, la tasa de respuesta decreció durante el sonido, mostrando el efecto de la extinción. Lo sorprendente fue que la tasa de respuestas incrementó ante la luz en todas las ratas y en el programa de reforzamiento que no cambió (IV30) generó más respuestas que las que había producido en un principio.

Lo anterior significa que la conducta emitida ante la luz se afectó por el cambio en las contingencias de reforzamiento que sufrió el sonido. A este efecto se le llama **contraste conductual** (Reynolds, 1961 a y b, 1963), y se refiere a una correlación negativa entre las tasas de respuesta que ocurren en los dos componentes del programa múltiple, mientras que la tasa crece en un componente, en el otro disminuye. El contraste conductual puede ser positivo o negativo; el primero presenta un incremento en la tasa de respuesta ante el componente del programa que no se modificó y un decremento en la misma frente al que cambió a extinción. En el contraste conductual negativo la tasa de respuesta baja en el componente que no cambió y crece en aquél que aumentó su frecuencia de reforzamiento al variar sus contingencias.

GENERALIZACIÓN DE ESTÍMULOS

En ésta, una conducta operante que ha sido reforzada en presencia de un estímulo particular también se emite en la presencia de otros; el organismo responde con la misma frecuencia ante estímulos similares a aquél que se correlacionó con el reforzamiento. El proceso se llama **generalización** pues la conducta operante se emite ante un estímulo novedoso que quizá comparte características con el E^D entrenado. En estos términos, la discriminación y la generalización se refieren a una diferencia en la precisión que el E^D tiene para controlar la conducta. En la discriminación, el E^D controla la emisión de la conducta operante, mientras que en la generalización el E^D no tiene un control absoluto sobre ella.

El **gradiente de generalización**, por su parte, mide la precisión que un estímulo tiene para controlar la conducta. Un gradiente muestra una relación entre la probabilidad de ocurrencia de la respuesta y el valor del estímulo. La probabilidad se estima a partir de la cantidad de respuestas que el sujeto emite ante el estímulo, un alto número de ellas corresponde con una alta probabilidad de ocurrencia y viceversa. El valor de un estímulo se relaciona con el lugar que este ocupa en la dimensión a la cual pertenece, por ejemplo, si el estímulo es una luz, su valor se vincula con la longitud de onda que refleja (medida en nanómetros), si es un tono, entonces corresponde con su frecuencia de onda (medido en hertz), etc. Un gradiente de generalización no sólo expresa el nivel de respuesta que el E^D provoca, también manifiesta el que provoca cualquier otro estímulo que forme parte

del mismo continuo. La figura 4-7 muestra tres gradientes de generalización hipotéticos que se pueden obtener en el condicionamiento instrumental.

La letra A muestra un gradiente de generalización aplanado que indica un control deficiente del E^D . El sujeto hipotético emitió el mismo número de respuestas ante el E^D y estímulos similares a éste (los lugares a la izquierda y a la derecha de la marca al centro). Otro modo de interpretar este gradiente, es decir que el sujeto no puso atención al E^D . El gradiente representado con la letra C señala que el E^D adquirió un control agudo sobre las respuestas (Blough, 1967). Nótese que el gradiente tiene la forma de una (V) invertida, lo cual indica que el E^D y los estímulos a su izquierda y derecha —que son casi idénticos al E^D — fueron los únicos estímulos capaces de provocar la respuesta. La letra B ilustra un gradiente de generalización típico (Guttman y Kalish, 1956) que se obtiene cuando el sujeto: 1) es reforzado primero por responder ante la presencia del E^D , 2) el E^D se somete a un procedimiento de extinción, 3) durante la extinción el E^D y otros estímulos que pertenecen a la misma dimensión se presentan en un orden aleatorio, y 4) ante todos los estímulos se registra la cantidad de respuestas que el sujeto emite.

PROGRAMAS DE REFORZAMIENTO COMPUESTOS Y COMPLEJOS

Como ya se dijo, el arreglo de una contingencia positiva entre una respuesta operante y un estímulo apetitivo define un procedimiento de reforzamiento positivo. El reforzamiento puede ser continuo, o intermitente, dando lugar a los cuatro programas simples descritos con anterioridad. A continuación se analiza cómo los programas simples se pueden combinar de varias maneras a fin de definir programas compuestos y complejos.

Programas compuestos

Un programa compuesto combina los requisitos de dos o más programas simples para fijar el criterio del reforzamiento. Un primer caso es el programa de reforzamiento alter-

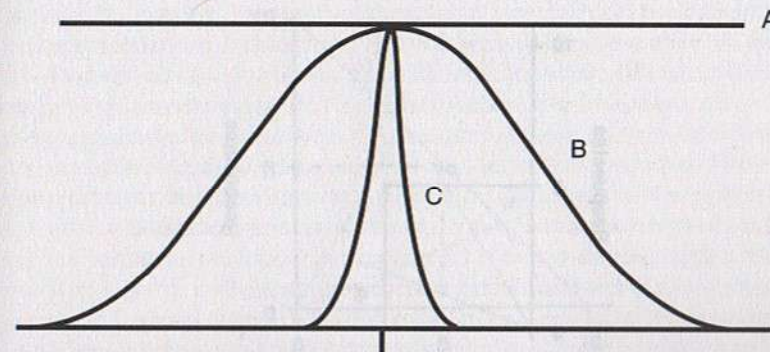


Figura 4-7. Aquí se muestran tres gradientes de generalización hipotéticos (A, B y C), el eje de la X (horizontal) representa variaciones en valor del estímulo; (marca al centro, lugar que le corresponde al E^D); y el eje de la Y (vertical, dibujado), la frecuencia de respuestas.

nativo, en el que un componente de razón y otro de intervalo se combinan para entregar el reforzador a lo que el sujeto haga primero, ya sea que 1) emita una cantidad fija de respuestas o que 2) después de recibir el reforzador espere un tiempo antes de responder para obtener otro. La figura 4-8 ilustra un reforzamiento alternativo consistente con estos requisitos. En el eje de la ordenada (Y) con un valor máximo de 10 respuestas y en el de la abscisa (X) con un intervalo de 10 segundos, las letras *p* y *q* indican la entrega de reforzamiento contingente a la ejecución del sujeto.

En el punto señalado con la letra *p* el sujeto con cinco respuestas obtiene un reforzador, mientras que en el señalado con la letra *q* debe esperar cinco segundos antes de que una respuesta sea reforzada. Esto muestra que el sujeto obtiene más rápido el reforzador en el punto *p* que en el punto *q*, sin embargo, le cuesta más (cinco respuestas) en el punto *p* que en el punto *q* (1 o 2 respuestas).

Otro programa de reforzamiento compuesto es el conjuntivo que combina de diferente manera un componente de razón y otro de intervalo. En este programa los dos componentes llevan al reforzamiento de manera conjunta, uno sólo no es suficiente para producir el mismo; el sujeto tiene que cumplir con los requisitos de ambos. La figura 4-9 muestra esto, el eje de la ordenada representa un máximo de 10 respuestas y el de la abscisa, un intervalo de 10 segundos. Las letras *r* y *s* indican el lugar en que la razón y el intervalo producen el reforzamiento de modo conjunto.

En un programa conjuntivo no importa el orden en que el sujeto responde a cada componente implicado, lo que se requiere es que cumpla de manera conjunta con ambos. Supóngase que el programa conjuntivo pide cinco respuestas y que transcurran cinco segundos para que un sujeto sea reforzado (Conj. RF5-TF5s). En la figura 4-9, los puntos señalados con *r* y *s* muestran dos combinaciones que, de acuerdo con estos requisitos, producen el reforzamiento. En el punto *r*, a los cinco segundos (intersección de la línea vertical en la abscisa) la conducta es reforzada con más de cinco respuestas, lo cual sugiere que el tiempo transcurrido entre cada respuesta consecutiva (tiempo entre respuestas, TER) fue menor a un segundo. En contraste, en el punto *s*, la quinta respuesta recibió reforzamiento cuando ya habían pasado más de 5 segundos (intersección de la línea horizontal en la ordenada), lo que indica que el TER fue mayor a un segundo.

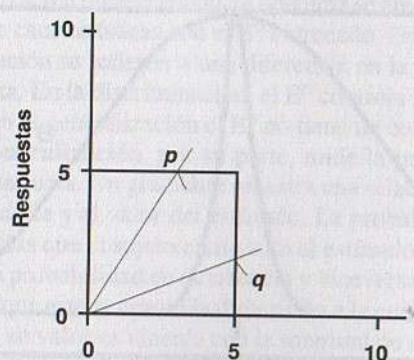


Figura 4-8. Un programa compuesto de una razón fija (Y) y un intervalo fijo (X).

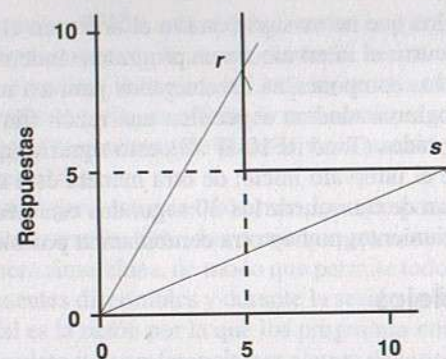


Figura 4-9. Ejemplo de programa de reforzamiento conjuntivo RF5-TF5s.

El programa de reforzamiento compuesto **entrelazado** es mucho más complejo que los anteriores. En él, un número de respuesta y un intervalo dado se suman para proporcionar el reforzamiento; es como si fuese el taxímetro de un auto de alquiler, la distancia recorrida y el tiempo del viaje se suman para cobrar por el servicio. De manera similar, un programa entrelazado cobra por las respuestas emitidas y el tiempo transcurrido, cuando la suma de éstos alcanza un valor determinado, entonces entrega el reforzamiento. La figura 4-10 muestra un programa entrelazado que ofrece un reforzamiento cada vez que la suma de las respuestas y el tiempo llega a 10 unidades. En el punto *u*, tres respuestas y siete segundos llevan al reforzamiento; mientras que en *t*, se obtiene con cuatro respuestas y luego de seis segundos.

El último caso de programas de reforzamiento complejos es el **programa de tándem**, que literalmente significa 2 en 1; en él para obtener el reforzador se debe cumplir por completo los requisitos de los programas simples involucrados. A diferencia de los pro-

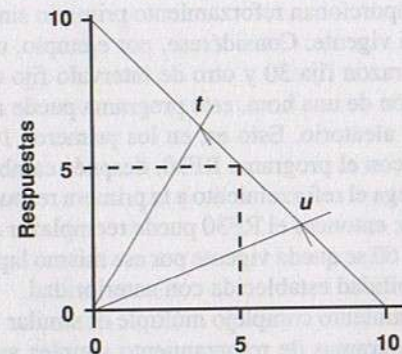


Figura 4-10. Programa entrelazado en el que *t* y *u* indican la suma de 10 unidades que producen el reforzamiento.

gramas anteriores, en los que no es significativo el orden en el que el sujeto emite las respuestas y deja transcurrir el intervalo, en un programa tándem el sujeto debe seguir el orden establecido por los componentes involucrados para así recibir el reforzamiento. Supóngase que un programa tándem especifica una razón fija de 10 respuestas y un intervalo fijo de 30 segundos (Tand RF10-IF 30), esto significa que el sujeto debe emitir 10 respuestas para que el intervalo inicie; de otra manera éste no comenzará. Una vez iniciado el intervalo han de transcurrir los 30 segundos establecidos para que una respuesta genere el reforzamiento; no hay otra combinación posible para otorgarlo.

Programas complejos

Los programas complejos cuentan con dos o más fuentes de reforzamiento que operan de manera sucesiva o simultánea. Esto implica que cada uno de sus componentes está asociado con una fuente de reforzamiento. En la distintas fuentes, el reforzador puede ser un estímulo primario (comida, agua) o uno secundario (una luz, un tono o cualquier otro estímulo que se haya asociado previamente con un primario).

Un ejemplo es el encadenado, éste tiene dos o más programas de reforzamiento simples, cada uno asociado con un E^D . En su primer eslabón, un sujeto que responde al primer programa simple recibe como consecuencia un reforzador secundario; en su eslabón terminal, el mismo estímulo secundario que sirvió como reforzador ahora funciona como un E^D que establece la ocasión para que la respuesta en el segundo programa simple produzca un reforzador primario. En un programa encadenado, el reforzador secundario sirve para unir la conducta operante a través de los diferentes eslabones. Imagínese que el programa es un encadenado RF10-IF 30, aquí, ante una luz roja (el E^D), un pichón que pica una tecla 10 veces, hace que la tecla cambie de color a verde (estímulo secundario); ante luz verde (ahora funcionando como E^D), después de 30 segundos la primera respuesta produce comida (reforzador primario), la tecla vuelve al color original (rojo) y el ciclo se repite. Nótese que la luz verde (el eslabón) tiene dos funciones, en el primer eslabón (RF10) funciona como un reforzador secundario y en el eslabón terminal (IF 30 s) funciona como un E^D .

Otro programa de reforzamiento complejo es el mixto, el cual puede tener dos o más programas simples que proporcionan reforzamiento primario sin ningún E^D que indique al sujeto cuál de ellos está vigente. Considérese, por ejemplo, un programa mixto con dos componentes: uno de razón fija 30 y otro de intervalo fijo de 60 segundos (Mixto RF30-IF60 s). En una sesión de una hora, este programa puede alternar de componente cada 10 minutos en orden aleatorio. Esto es, en los primeros 10 minutos proporciona reforzamiento de acuerdo con el programa RF30, después cambia a IF60 y durante los siguientes 10 minutos entrega el reforzamiento a la primera respuesta que ocurra una vez cumplidos los 60 segundos; entonces el RF30 puede reemplazar al IF60 por los siguientes 10 minutos, o bien el IF 60 se queda vigente por ese mismo lapso, esta decisión se fija de acuerdo con una probabilidad establecida con anterioridad.

El programa de reforzamiento complejo múltiple es similar al mixto. El primero se compone de dos o más programas de reforzamiento simples asociados con estímulos diferentes; esto último es lo que hace diferente al múltiple del mixto (el cual no tiene estímulos asociados con sus componentes). En un Múltiple RF30-IF60, por ejemplo, el programa de razón fija de 30 respuestas (RF30) opera en presencia de una luz roja y el de

intervalo fijo de 60 segundos (IF60), ante una luz verde. Los programas y los estímulos asociados con éstos alternan durante la sesión; cada 15 minutos, por ejemplo, la tecla podría cambiar de rojo a verde y luego a rojo. Así, la luz roja establece la ocasión para que la respuesta de picotear la tecla sea reforzada con comida de acuerdo con una RF30, y la luz verde propicia que la conducta de picar la tecla también sea reforzada con alimento de acuerdo con un IF60.

Los programas complejos, entonces, alternan los componentes en sucesión, uno después del otro. Uno concurrente tiene dos o más programas simples que no alternan, sino que operan de manera simultánea, de modo que permite todo el tiempo que el sujeto responda en los componentes disponibles y durante la sesión no hay restricción de tiempo asignadas a éstos. Tal es la razón por la que los programas concurrentes se usan para estudiar la elección del sujeto y su preferencia por alguno de los componentes. Por ejemplo, un pichón que participa en un programa concurrente con dos elementos de intervalo variable, uno de 30 y otro de 60 segundos (Conc VI30-VI60), 1) tiene disponibles dos teclas de respuesta (una a la izquierda y a la otra a derecha del alimentador), 2) en cada tecla hay un E^D diferente (una luz verde y una roja), 3) en la tecla izquierda puede obtener 120 reforzamientos en una hora (VI30), 4) en la tecla derecha puede recibir 60 reforzamientos en el mismo lapso (VI60) y, sin embargo, 5) si responde en ambas teclas, yendo de una a otra, alcanzaría 180 reforzamientos en ese periodo. Una ejecución típica que de manera consistente ocurre en los programas concurrentes, se conoce como "**Ley de la igualdad**" (Herrnstein, 1961b), según la cual, en las alternativas disponibles, los organismos distribuyen sus respuestas de manera que la proporción de respuestas (el tiempo que invierten en una alternativa) sea igual o corresponda a la proporción de reforzamientos que ahí obtienen (Herrnstein, 1970).

Desarrollo de la conducta durante la primera infancia

El estudio del comportamiento infantil ha gozado de un auge creciente durante los últimos 50 años. La abundancia de datos sobre diferentes aspectos de la conducta del niño contrasta con la carencia de una teoría del desarrollo que explique de modo satisfactorio los mecanismos involucrados en la evolución ontogénica de la conducta. En la actualidad se sabe mucho sobre los estímulos a los que los niños responden, sobre las conductas motrices y perceptuales características de cada grupo de edad, sobre su fisiología, ambiente social y emocional, y la manera en que aprenden en ambientes un tanto simples. A diario aparece un centenar de nuevos descubrimientos acerca de competencias insospechadas y una cantidad semejante de interpretaciones fabricadas a la medida de los hallazgos que acaban de salir del laboratorio. Las teorías se formulan al mismo ritmo que se producen los datos, pero una sola ojeada al interior de la disciplina da cuenta del caos que reina en la psicología del desarrollo.

Aunque existen muchas teorías del desarrollo, los datos producidos por las múltiples investigaciones sobre comportamiento infantil no parecen estar relacionados con ellas. Por otra parte, el estudio del comportamiento del niño durante la primera infancia está muy ligado a la creación de métodos y al desarrollo de tecnologías que permitan aproximarse de manera sistemática al repertorio restringido del organismo prelingüístico. En consecuencia, los conocimientos adquiridos sobre el niño son parciales y por lo general subordinados a los métodos utilizados. La investigación ha sido dirigida hacia objetivos estrechamente vinculados con la utilización de técnicas de estudio específicas (Lécuyer, 1990), como en el caso de técnicas convertidas en paradigmas experimentales, como la habituación y la memoria de reconocimiento, entre otras. Las discrepancias en los resultados y en su interpretación han conducido a la creación de islotes de investigación delimitados por el uso de un método, más que por el estudio de los procesos de desarrollo conductual.

En cuanto a los lactantes, el estudio de las funciones psicológicas se suele limitar a la investigación centrada en los paradigmas experimentales; el método se convierte en la

función a estudiar, por tanto, la comprensión de los resultados de la investigación acerca del desarrollo presenta un sesgo de interpretación que caracteriza a la mayor parte de los hallazgos producidos en el área.

En el presente capítulo se traza un panorama amplio de lo que en la actualidad se conoce acerca del desarrollo psicológico durante los dos primeros años de vida, construyendo, en lo posible, la historia de las habilidades y competencias que se adquieren durante esta etapa. Desafortunadamente, hay muchos huecos producidos sobre todo por la falta de datos en ciertos rangos de edad. En algunos aspectos es posible hacer una descripción más o menos detallada de una adquisición en particular, mientras que en otros sólo se puede hacer mención del momento de la vida en el que aparece cierto comportamiento. Además, debido a que los datos son de procedencia heterogénea, es común que contrasten en cuanto a su nivel de especificidad. La mayor parte de las investigaciones sobre el desarrollo son tributarias de la morfología conductual, por esta razón, gran parte de la información existente, más que una descripción del desarrollo psicológico (de sus etapas sucesivas, de la identificación y estudio sistemático de los procesos involucrados), es un inventario cronológico de la aparición de conductas relacionadas con un rubro de actividad (p. ej., la percepción).

El estudio del desarrollo se divide tradicionalmente en tres áreas principales de desarrollo: perceptivo (equivalente o en su intimidad ligado al desarrollo cognoscitivo durante la primera infancia), motriz y afectivo. En concordancia con esta distinción, el capítulo está dividido en las tres secciones correspondientes; sin embargo, cabe señalar que es difícil clasificar los datos por área de estudio. En muchas ocasiones los hallazgos se traslapan debido, por una parte, al carácter integrativo de diversas competencias adquiridas en esta etapa del desarrollo y, por otra, al tipo de metodología que se utiliza, un solo procedimiento se aplica al estudio de múltiples comportamientos.

El desarrollo lingüístico no está contemplado en este capítulo, pues el capítulo 6 se dedica por entero a la adquisición del lenguaje. Por último, la autora espera que la lectura de este capítulo sea de utilidad para el estudiante universitario y que a partir de él pueda formarse una idea general, en primer lugar, de las competencias que adquiere el niño durante la primera infancia y, además, de la manera en que los psicólogos del desarrollo por lo general abordan su objeto de estudio.

DESARROLLO PERCEPTUAL

De acuerdo con autores como Bornstein y Arterberry (1999), la percepción es el principio de la experiencia y de la interpretación del mundo, es decir, constituye un requisito fundamental para la acción. Con la percepción se inician las interacciones y el organismo se prepara para reaccionar de acuerdo con la naturaleza y complejidad de los objetos o eventos que lo estimulan, determinando cual de ellos será percibido y seleccionando aquel al que deberá responderse. Es una reacción que posibilita la adaptación, pero no constituye en sí misma un acto adaptativo. Al mismo tiempo, la percepción difiere de otros comportamientos que requieren la ejecución de un movimiento o de una manipulación, es decir, no requiere de manera necesaria de movimientos definidos que permitan el acercamiento o alejamiento de los objetos (Kantor, 1924).

Debido al carácter inicial y preparatorio de casi todas las acciones del individuo, la percepción ha sido considerada como un elemento crucial para el crecimiento de funciones como el pensamiento y para la regulación de las emociones y de la interacción social, lo que promueve el progreso en casi todos los aspectos del desarrollo. Además, la naturaleza sutil de las reacciones perceptivas facilita su estudio en el infante humano, puesto que dichas reacciones no siempre requieren el despliegue de repertorios conductuales completos. Para la mayoría de los autores, la percepción es un proceso fundamental, funcional desde el momento del nacimiento (e incluso desde la etapa prenatal), cuyo desarrollo es hasta cierto punto independiente del de otros procesos y sistemas reactivos; de modo que su estudio es factible mediante la observación de las diferentes reacciones del niño frente a los diversos objetos de estímulo que se le presentan.

El estudio de la percepción durante la primera infancia ha sido equiparado, desde diferentes perspectivas, con el desarrollo cognoscitivo. Muchos autores consideran que la manera en la que el niño reacciona frente a los estímulos refleja la operación de mecanismos internos de procesamiento de la información, los cuales constituyen la base de todas las funciones cognoscitivas y de todo proceso intelectual. A partir de esta interpretación, es fácil llegar a la conclusión de que la percepción es precursora de lo que en etapas posteriores del desarrollo podrá reconocerse como inteligencia. Bajo el rubro de percepción se han estudiado fenómenos tan diversos como reacciones de orientación, atención, exploración, discriminación, transferencia transmodal y percepción de forma y profundidad. Cada una de estas áreas de investigación abarca técnicas de estudio específicas, muchas de las cuales se convirtieron en paradigmas experimentales que evolucionaron en gran medida de manera independiente al estudio del desarrollo de los procesos psicológicos, pero que gozan de gran popularidad y que han sido el fundamento, a lo largo del tiempo, de otras técnicas y planteamientos teóricos acerca del desarrollo ontogenético.

En esta sección se ilustran los hallazgos experimentales más sobresalientes acerca de la percepción infantil. La selección se realizó tratando de abarcar todos los aspectos perceptivos estudiados en el infante de 0 a 2 años, a pesar de que existen muchos vacíos en la secuencia cronológica contemplada por los autores consultados. En la mayor parte de los casos se estudia la edad de aparición de comportamientos particulares, sin abordar los cambios que sufren con el paso del tiempo ni las relaciones que puedan guardar con otros comportamientos en la conformación de competencias refinadas de manera progresiva. Al mismo tiempo, la mayoría de los investigadores elige un grupo de edad — quizá con el objetivo de replicar los datos de otros estudios— olvidando la búsqueda de la validación de sus hallazgos mediante el estudio de grupos de diferentes características. En lo posible, se busca trazar un panorama del estado actual del conocimiento sobre el desarrollo de la percepción en la etapa crucial de la primera infancia.

Percepción visual

La percepción visual es la modalidad que ha sido más estudiada en el bebé y durante la primera infancia, debido tal vez a la relativa facilidad con la que pueden identificarse y medirse las respuestas implicadas, como la dirección y el objetivo de la mirada, la duración de la fijación, la latencia de orientación, las variaciones de dichas respuestas frente a distintas cualidades del estímulo, etc. Una de las primeras técnicas utilizadas para la evaluación de la percepción visual en el infante fue propuesta por Kessen, Haith y

Salapatek (1970), quienes registraron el reflejo del estímulo en la córnea del bebé y analizaron los movimientos oculares con el fin de describir en detalle los patrones de inspección visual del niño y su evolución a partir del nacimiento. Muchos principios básicos acerca del desarrollo perceptual temprano por lo general aceptados en la actualidad, están basados en los hallazgos de estos autores.

Aunque el sistema visual no está del todo maduro en el momento del nacimiento, se perfecciona con rapidez en comparación con otros sistemas biológicos. Gracias al análisis del reflejo corneal se sabe que desde que nace el niño es capaz de percibir contrastes de luz y de color, así como de seguir con la mirada luces móviles y repasar el contorno de las figuras, aun cuando la capacidad de ajuste ocular (acomodación) alcanza la madurez hasta los cuatro meses de edad (Mussen, Conger y Kagan, 1982; Haith, 1991). El análisis de los movimientos oculares del bebé ha proporcionado también información acerca de la anticipación visual cuando se le presentan secuencias de luces con diferentes localizaciones que siguen patrones regulares de presentación. En estos experimentos los infantes mostraron movimientos oculares anticipatorios hacia la siguiente localización cuando la luz todavía no se encendía (Haith, Hazen y Goodman, 1988; Canfield y Haith, 1991).

Fantz (1958, 1964) propuso una técnica basada en la preferencia visual para estudiar la detección o discriminación de estímulos en el infante, la cual consiste en la presentación simultánea de dos estímulos (ligeramente separados) en el campo visual del sujeto; las posiciones de los objetos se varían al azar. A fin de evaluar la preferencia o interés visual se registra entonces el tiempo que el niño observa cada uno de los estímulos (fijación visual), mediante el análisis del reflejo corneal.

Una variante de esta misma técnica dio lugar al método que ahora se conoce como memoria de reconocimiento y que se suele utilizar para el estudio de la capacidad mnemónica y de otras habilidades intelectuales relacionadas con el procesamiento de la información, principalmente durante el primer año de vida. Este último procedimiento se divide en dos fases experimentales, la primera consiste en la presentación de dos estímulos idénticos durante un lapso y un número de ensayos predeterminados (fase de familiarización). En la segunda (fase de prueba) uno de los estímulos es cambiado, si la diferencia entre ambos es percibida por el bebé, éste debería observar el nuevo estímulo durante periodos más prolongados en comparación con el estímulo familiar (tiempo de fijación relativa).

Además de su utilidad en el estudio indirecto de los mecanismos de captación y procesamiento de la información, este tipo de técnicas ha sido muchas veces aplicado al estudio de aptitudes perceptivas como la agudeza visual (Mussen, Conger y Kagan, 1982; Streri, 1994; Bornstein y Arterberry, 1999), la sensibilidad al contraste y la discriminación de colores, patrones y figuras (Teller y Bornstein, 1987; Streri, 1994; Ruff y Rothbart, 1996). De acuerdo con los resultados de diversos estudios, el bebé es capaz de distinguir una figura de un fondo o dos zonas de diferente brillantez o de diferente color desde muy temprana edad. A partir de los dos meses, prefiere los patrones heterogéneos siempre y cuando sean regulares y simétricos. Así, la mayoría de los niños estudiados manifestaron un mayor interés por un patrón en forma de tablero de damas que por un rectángulo coloreado de manera homogénea; por un diseño en forma de diana en lugar de otro de rayas horizontales. Aunque a los niños menores de dos semanas les llaman más la atención las rayas, la preferencia cambia poco a poco hasta que se manifiesta un marcado interés por la diana, a la edad de ocho semanas.

Del mismo modo se ha establecido mediante el estudio de las preferencias visuales, que el infante prefiere observar un rostro humano que cualquier otro material impreso. Lo importante en apariencia es el patrón de la cara sin importar el color y el brillo, puesto que el niño prefiere dicho patrón a la ilustración de un rostro confuso o de un óvalo negro en la parte superior y rojo en la inferior. Esta predilección depende de la edad y es persistente a partir de las ocho semanas (Fantz y Nevis, 1967; Bornstein, 1982; Dodwell, Humphrey y Muir, 1987). Al respecto, Gibson (1969) señala que a partir de los dos meses de edad comienzan la diferenciación de los rasgos faciales, la cual se concreta después de los ocho meses. A partir de los tres meses el niño detecta configuraciones de menor tamaño y de mayor complejidad (mayor número de elementos en la configuración) que las que era capaz de distinguir previamente (Mussen, Conger y Kagan, 1982).

La medida del tiempo de fijación relativa frente a los colores manifiesta preferencias precoces por ciertos colores durante las dos primeras semanas de vida. El azul, el verde y el rojo son observados durante lapsos mayores que el negro y el amarillo. Estas preferencias son muy sensibles a las diferencias individuales, no obstante, a los cuatro meses las preferencias del niño hacia los colores fundamentales parecen ser idénticas a las de los adultos (Streri, 1994).

De acuerdo con lo expuesto, la utilización de los métodos relacionados con la preferencia visual implica que si el individuo observa durante periodos más prolongados uno de los estímulos es porque discrimina las diferencias entre los miembros apareados; sin embargo dicha suposición es una inferencia difícilmente sostenible. La detección de las diferencias entre los objetos de estímulo puede no ser un factor relevante en la determinación de la conducta visual. La fijación diferencial no es prueba irrefutable de que la discriminación ha ocurrido, el niño puede presentar patrones diferenciales de fijación frente a dos estímulos idénticos. Por otro lado, poco o nada se ha dicho sobre aquellos casos en los que no se manifiesta alguna preferencia, es decir, cuando la fijación relativa de ambos estímulos es equivalente en términos temporales.

Que los infantes prefieran ciertos patrones complejos, no significa de manera forzosa que puedan discriminar su identidad respecto de otra clase de estímulos (Forgus y Melamed, 1972). Se ha identificado la presencia de fijación ocular preferencial entre los 2 y 6 días de edad (Gibson, 1969), sin embargo, existen múltiples evidencias de que el sistema visual (convergencia binocular, focalización, agudeza visual) alcanza su madurez recién a los cuatro meses de edad; por tanto, resulta arriesgado atribuir al niño la capacidad de discriminación con base en el registro de sus preferencias visuales. La replicación consistente de los resultados obtenidos a través de la observación de una gran cantidad de sujetos y de un gran número de situaciones experimentales, ha permitido que se infiera la existencia de ésta y de otras capacidades subyacentes, no obstante, el análisis del movimiento ocular es insuficiente para atribuir con certeza alguna habilidad, capacidad o aptitud al infante.

Habitación

La habitación constituye un caso especial entre las técnicas creadas para el estudio de la percepción infantil. Como efecto conductual, se refiere a la disminución progresiva de la atención frente a un estímulo repetitivo (Rovee-Collier, 1987; Lécuyer, 1994). Como método de investigación, se ha utilizado para estudiar múltiples respuestas y diversos fenómenos empleando estímulos visuales, auditivos, táctiles e incluso gustativos, aunque

la habituación visual es uno de los métodos más populares entre los investigadores del desarrollo (Pêcheux y Lécuyer, 1989; Lécuyer 1989). Las medidas utilizadas en la habituación son por igual diversas. Se han utilizado medidas como la respuesta galvánica de la piel, el ritmo cardiaco (la desaceleración del ritmo del corazón derivada de las reacciones de orientación y de atención), las variaciones en el ritmo de succión, las respuestas de orientación hacia una fuente de estimulación sonora, la duración de la fijación visual y la latencia de orientación. La habituación visual se ha convertido en el ejemplo experimental más representativo de la investigación de las capacidades del niño en las primeras etapas del desarrollo.

El método aplicado al estudio de la habituación durante la primera infancia consiste, sobre todo, en la presentación repetitiva de un estímulo llamado "de habituación". La cantidad de ensayos puede ser determinada por el experimentador o establecerse en el transcurso de la sesión experimental, de acuerdo con un criterio de habituación que depende de la ejecución del sujeto. Dicho criterio por lo general sigue la pauta establecida por Cohen (1972), el cual indica que las presentaciones se suspenden cuando han transcurrido dos ensayos consecutivos en los que la duración de la fijación visual es 50% inferior al tiempo de fijación durante los 2 o 3 primeros ensayos. En una etapa posterior se presenta un estímulo de prueba diferente al de habituación, a fin de verificar que la reacción no se debe a la fatiga sensorial. Si la respuesta se incrementa con respecto al último ensayo de habituación, entonces se dice que el estado del organismo es óptimo y que el procedimiento ha sido completado de modo apropiado. La reacción a la novedad resultante de este procedimiento, se ha estudiado por mérito propio y se ha interpretado como un índice cognoscitivo que prueba la existencia de habilidades superiores de procesamiento de la información. Después de la fase de prueba se presenta otra vez el estímulo de habituación durante unos cuantos ensayos (suele ser entre 2 y 4), para medir el nivel de recuperación de la respuesta a corto plazo (Mussen, Conger y Kagan, 1982; Lécuyer, 1994).

Se ha demostrado habituación en animales sin corteza y a nivel del núcleo coclear. En el infante humano ha quedado establecido que los bebés prematuros, con síndrome de Down, con parálisis cerebral e incluso niños descerebrados, pueden habituarse aunque manifiestan ejecuciones diferentes en algunos componentes del procedimiento de habituación en comparación con el resto de los niños. A pesar de ser un fenómeno generalizado a casi todos los organismos y todas las condiciones biológicas, la habituación ha sido considerada como la forma más primitiva de aprendizaje, con lo que se asume que refleja el funcionamiento del sistema nervioso central. En un principio, era estudiada para evaluar los cambios en las reacciones generales a la estimulación, pero los primeros hallazgos fueron reinterpretados en términos de procesos ajenos a la habituación misma (Rovee-Collier, 1987). Así, el problema fue replanteado de modo que se convirtió en el eje fundamental del desarrollo psicológico.

Mediante el procedimiento de habituación se han establecido también diversos hechos relativos a las preferencias perceptivas del infante. En un estudio con niños de cuatro meses, se utilizó la habituación al color. En la fase de prueba se presentaron colores dentro de la misma longitud de onda (rojo carmesí a rojo claro o rosa) o colores de una categoría distinta (de rojo a amarillo, verde o azul). Se observó una mayor recuperación de la atención cuando el color era de una categoría diferente a la utilizada durante la fase de habituación; además, los niños mostraron preferencia por el color rojo en comparación con los otros colores. Del mismo modo, los niños de 13 semanas presentan una

reactividad distintiva hacia las formas curvadas y concéntricas, tendencia que persiste por lo menos hasta los 10 meses de edad.

De manera general, la habituación sigue una pauta de desarrollo en que los niños mayores se habitúan más rápido (menor cantidad de ensayos, disminución rápida del tiempo de fijación de un ensayo a otro) con respecto a los recién nacidos y hasta los dos meses de edad; los tiempos de fijación para cada ensayo son también mayores para los niños más pequeños y los estímulos más simples retienen durante más tiempo su atención en comparación con los niños de cuatro meses y más. A pesar de estas regularidades, no ha sido posible establecer un patrón estable de desarrollo de la habituación ni durante los primeros meses de vida ni después. Tampoco ha sido posible determinar de manera concluyente su relación con la ejecución en otras tareas de índole perceptivo, con índices estandarizados del desarrollo conductual o con los llamados tests de inteligencia; por consiguiente, no está del todo establecida la continuidad que guarda la habituación con el desarrollo intelectual, tal como ha sido planteado en el modelo de procesamiento de la información (Lécuyer, 1987, 1994).

Hasta ahora, ninguno de los estudios realizados, sin importar la especie o el grupo de edad, ha arrojado evidencias suficientemente concluyentes acerca de los procesos de adaptación, aprendizaje o procesamiento de la información de los que se ha sugerido que es un producto. Dichos estudios más bien reflejan el continuo refinamiento metodológico que permite la eliminación de todos los estímulos y de todas las oportunidades de respuesta ajenos a la situación de habituación, de tal manera que se analizan los cambios de una respuesta única frente a un estímulo único. Además, por tradición se usan estímulos muy simples y se mide un solo componente de una respuesta única, eliminándose de manera intencional la posibilidad de observar cambios en respuestas alternativas frente a otros estímulos durante la habituación (Rovee-Collier, 1987). La utilidad de la habituación como procedimiento para el estudio del desarrollo infantil es sobrestimada por la mayoría de los psicólogos del desarrollo. Se han evaluado todas las respuestas y todas las capacidades del niño a través de este método, dejando de lado otras variables relevantes cuya participación se queda, en el mejor de los casos, en el estado de inferencia. Como fenómeno conductual, se exagera el alcance teórico y predictivo de la habituación al colocarla como eje central del desarrollo del infante en todos los niveles de funcionamiento psicológico.

Condicionamiento operante

En el condicionamiento operante el sujeto emite una respuesta seleccionada con anterioridad por el experimentador, quien entrega estímulos denominados reforzantes, de manera contingente (dependiente) con la respuesta. Se establece una interdependencia entre la respuesta y el estímulo que resulta en un incremento en la frecuencia de ocurrencia de la primera.

El experimentador puede entregar los reforzadores de manera continua (todas las respuestas son reforzadas) o intermitente, con base en un criterio preestablecido de emisión de la respuesta. Dicho criterio se basa, por lo general, en la cantidad de respuestas necesarias para obtener el reforzador o en el tiempo que es necesario que transcurra antes de que la respuesta sea reforzada.

En los niños se suele utilizar el procedimiento denominado de ensayo discreto, aquí el experimentador presenta un estímulo condicionado frente al que el sujeto debe emitir

la respuesta deseada. El ensayo termina cuando el sujeto da la respuesta o cuando el intervalo establecido para la duración del ensayo ha transcurrido. Con este método puede medirse el aumento de la frecuencia de la respuesta, la disminución de la latencia (tiempo transcurrido entre la presentación del EC y la emisión de la respuesta) a lo largo de los ensayos de condicionamiento o la cantidad de ensayos requeridos para alcanzar un criterio de aprendizaje (Reese y Lipsitt, 1976)

El uso del condicionamiento operante con lactantes y niños pequeños presenta varias dificultades hasta cierto punto difíciles de subsanar; la necesidad de que el organismo emita una respuesta preestablecida enfrenta al investigador con las restricciones impuestas por el reducido repertorio del niño. La elección de las respuestas y la adecuación de las tareas de aprendizaje requiere poder encontrar respuestas para las que el infante tenga suficiente coordinación motora (Reese y Lipsitt, 1976) y que puedan ser identificadas y registradas con facilidad. Por otra parte, la elección de estímulos potencialmente reforzantes para el niño tampoco es una tarea fácil, puesto que la mayor parte de los estímulos pierden la propiedad reforzante en el transcurso de los ensayos de condicionamiento. Es necesario elegir un estímulo que conserve sus propiedades reforzantes el mayor tiempo posible, para lo cual debe también vigilarse estrechamente el estado general de los sujetos en el momento de la experimentación. Quizá estas dificultades han impedido que el condicionamiento se utilice de manera más generalizada para el estudio de la primera infancia.

Las aptitudes perceptivas del niño han sido poco estudiadas con el condicionamiento. El caso de la percepción de la forma y del tamaño constituye uno de los pocos ejemplos de estudios sobre percepción visual. En una serie de experimentos, Bower (1965a) encontró que los niños de dos meses de edad percibían la constancia de la forma cuando los condicionó a efectuar un movimiento de cabeza frente a una tabla colocada a 45° a la izquierda del niño. Si el niño emitía la respuesta, el experimentador lo reforzaba apareciendo y desapareciendo por detrás de un panel situado frente al bebé. Una vez obtenido el condicionamiento, se introducía una fase de prueba en la que se presentaron cuatro estímulos de generalización: 1) el estímulo original; 2) el mismo estímulo presentado en el plano frontal paralelo; 3) la forma proyectada del EC en el plano frontal paralelo y, 4) el número III inclinado a 45°. Los sujetos respondieron de modo similar ante los estímulos 1 y 2, lo cual indica que la constancia de la forma fue percibida.

En un experimento similar, el mismo autor (1965b) condicionó a niños entre los 70 y los 85 días de nacidos a responder frente a un cubo de 30 cm por lado situado a 1 metro del niño. Durante la fase de prueba se presentaron como estímulos de generalización 1) el estímulo original, 2) el mismo estímulo situado a 3 m, 3) un cubo de 1 m por lado situado a 1 m de distancia y 4) un cubo de 1 m de lado situado a 3 m de distancia. Cantidades similares de respuestas fueron emitidas frente a los estímulos 2 y 3, lo cual indica que la constancia del tamaño aún no está presente a esta edad.

Percepción auditiva

Estudios realizados mediante la habituación han mostrado que el infante es capaz de oír desde su nacimiento y que es sensible tanto a la localización como a la frecuencia del sonido. Los neonatos pueden distinguir sonidos entre 200 y 250 decibeles por segundo.

Percepción gustativa

Los recién nacidos tienen la capacidad de distinguir algunos sabores, como lo salado y lo dulce. El análisis de los patrones de succión muestra pautas de chupeteo diferentes cuando prueban sustancias distintas. (Véase más adelante).

Percepción olfativa

Desde los primeros días de vida los infantes son sensibles a los olores y aprenden con rapidez a distinguir el olor de la ropa de su madre del de la ropa de otra mujer.

DESARROLLO DE LAS CAPACIDADES MOTRICES

La motricidad es el modo de interacción más evidente del infante desde el momento del nacimiento y ha sido uno de los primeros aspectos del desarrollo en estudiarse. El análisis del comportamiento motriz por lo general ha estado desligado de la investigación del desarrollo de las capacidades intelectuales; su evolución entra en el dominio del funcionamiento biológico concebido en términos de la maduración neurológica. De este modo, la motricidad guarda un estatus particular, cuyo estudio no es más que el inventario cronológico de las conductas que aparecen de manera espontánea, gracias a la maduración (Streri, 1994).

ACTIVIDAD MOTRIZ ESPONTÁNEA Y REFLEJOS

La actividad motriz espontánea del niño durante el primer año de vida se caracteriza por la emisión de conductas originales, estereotipadas y repetitivas, como abrir y cerrar la mano, extender y flexionar los brazos o las piernas, dar patadas, efectuar movimientos rápidos de la cabeza, balancear el tronco, entre otras (Streri, 1994). Thelen (1979) ha identificado alrededor de 47 formas diferentes de movimientos rítmicos que ocupan entre 5 y 40% del tiempo de observación de bebés entre un mes y un año de edad. Estas actividades aparecen a los dos o 3 días después del nacimiento y manifiestan una organización temporal estable, que parece acoplarse a los patrones interactivos de inhibición o inducción del comportamiento de los adultos (Robertson, 1982).

Un segundo grupo de comportamientos motores presentes desde el nacimiento son los reflejos, que constituyen respuestas de carácter involuntario inducidas por estimulaciones externas. Se han identificado 73 reflejos en el bebé (Illingworth, 1990) algunos de los cuales han sido seleccionados para elaborar pruebas de evaluación neonatal ampliamente utilizadas. La función que cumplen los reflejos en la actividad general del bebé y la influencia que ejercen en el desarrollo posterior todavía es objeto de discusión. No obstante, en el momento del nacimiento se verifica la presencia de algunos de estos reflejos, a fin de evaluar el estado general del sistema nervioso central; la ausencia de uno o varios de ellos se interpreta como la manifestación de deficiencias cerebrales. La evaluación neonatal de los reflejos ha sido en algunas ocasiones interpretada como un

factor predictivo de las habilidades motoras potenciales (e incluso del desarrollo intelectual posterior). Este hecho es refutado por la existencia de evidencias de que ninguna de las pruebas de uso generalizado es predictiva de las aptitudes que se desarrollarán en etapas posteriores (Francis, Self y Horowitz, 1987). Aún así, la evaluación refleja sigue siendo considerada como un instrumento valioso en la determinación neonatal de la integridad cerebral.

DESARROLLO DEL CONTROL POSTURAL Y DE LA LOCOMOCIÓN

El crecimiento físico determina la aparición de comportamientos como la prensión o la marcha, que son requisitos fundamentales para la adquisición de logros de diversa índole (intelectual, social, etc.). La descripción del surgimiento sucesivo de conductas motrices es de orden normativo, por esta razón se hará un repaso breve de las principales adquisiciones locomotrices durante la primera infancia.

La evolución del control postural puede describirse como un proceso de organización inclusivo. El mantenimiento de la cabeza erguida (hacia los 2 a 3 meses) es un requisito para mantenerse sentado (entre 6 y 9 meses), que es a su vez una condición necesaria para alcanzar la postura de pie (alrededor de los 9 a 11 meses). Cada etapa postural es incluida en la etapa posterior (Streri, 1994). En tiempos recientes se ha estudiado el efecto del control postural sobre el desarrollo de otras habilidades, como la prensión y la coordinación prensión-visión; según autores como Mellier (1991), la postura vertical favorece el aumento del nivel de vigilancia, al mismo tiempo, esta postura libera las manos para ser utilizadas en la captura de objetos al alcance de la vista. Se ha observado que niños de 5 a 9 días de edad son capaces de alcanzar objetos visibles con más frecuencia cuando están sentados que cuando los objetos están fuera del alcance de su vista o cuando están acostados (von Hofsten, 1982). Otros autores, como Rochat (1992), han observado que los infantes de 5 a 8 meses que dominan la postura sentada pueden tomar el objeto con una sola mano con más frecuencia (sin importar la posición) que aquellos que no se sientan, estos bebés requieren usar las dos manos para tomar el objeto.

El desplazamiento se manifiesta de diversas maneras, incluso antes de la adquisición de la marcha y confiere al niño cierta autonomía. El desplazamiento por reptación aparece hacia los 6 meses, después, a los 10 meses el infante comienza a gatear; por último, a los 12 meses el niño se sienta y se traslada mediante movimientos sacádicos (Helms y Turner, 1975); estos no constituyen de modo necesario etapas precedentes a la locomoción, puesto que ciertos bebés nunca reptan, o gatean o se desplazan sentados, pero adquieren la marcha de un modo normal (Streri, 1994).

FUNCIÓN PERCEPTIVA DE LOS SISTEMAS HÁPTICOS

El desarrollo táctil representa un caso complejo en la psicología del desarrollo, puesto que cubre dos funciones, una motriz y la otra sensorial o háptica. Esta última función se asocia con el despliegue de conductas exploratorias y el desarrollo de habilidades perceptivas relacionadas con el reconocimiento de objetos.

Actividad oral

La región bucal es rica en receptores táctiles, por tanto, reviste una importante función sensorial. Durante los primeros meses de vida, la mayor parte de la actividad del infante se concentra en la cavidad oral, los intercambios nutritivos e incluso gran parte de las interacciones sociales del lactante se llevan a cabo mediante la actividad oral (Rochat, 1992); siendo esta la modalidad táctil más eficaz durante las primeras etapas del desarrollo (Streri, 1994). De todas las posibles conductas orales, la succión es la más estudiada; es una respuesta que aparece antes del nacimiento y que es por completo identificable y funcional inmediatamente después del nacimiento como parte fundamental de la actividad nutritiva. La succión es una conducta de alta frecuencia en el flujo de actividad del infante y su distribución temporal es muy sensible a cambios de estimulación no asociados con la nutrición. Esta propiedad se ha aprovechado para el estudio de las preferencias gustativas y de las capacidades de adaptación del bebé durante los primeros meses de vida.

La succión se organiza en periodos o ráfagas de succión seguidos por pausas. Cuando el niño succiona un chupón o un dispositivo de succión en el laboratorio, sus pausas tienden a ser de la misma duración o más largas que los estallidos de succión. Cada periodo tiene una duración total de 3 a 15 segundos y comprende entre 4 y 10 succiones, con una frecuencia un poco mayor a una cada segundo, sin ser nunca mayor a dos por segundo (Kaye, 1977).

Los primeros trabajos sobre la succión demostraron la posibilidad de condicionar esta actividad desde el nacimiento (Kaye, 1977; Pêcheux, y Lécuyer, 1989). Una técnica muy utilizada para su estudio es una combinación de los procedimientos de condicionamiento y habituación, creada por Siquelan y Delucia (1969). Se establece en primer lugar una línea base de la tasa de succión espontánea, enseguida se utilizan diferentes tipos de estimulación como reforzamiento de variaciones específicas de la línea base. La presentación del estímulo provoca un aumento del ritmo de succión (condicionamiento) y luego, en el transcurso de las presentaciones sucesivas, el ritmo regresa a la línea base (habituación). En la etapa final se presenta un nuevo estímulo y si éste es diferenciado por el bebé, el ritmo aumenta de nuevo. La actividad oral es analizada mediante un registro poligráfico de las variaciones de presión transmitidas a través de un receptor, una aspiración provoca una depresión negativa, mientras que una presión de los labios o de la lengua implica una deflexión positiva. El registro también puede efectuarse mediante análisis de videograbaciones, en las que es posible distinguir con facilidad los periodos de succión.

Lécuyer (1989) distingue la succión nutritiva de la no nutritiva, de acuerdo con su distribución temporal. Desde esta perspectiva, la no nutritiva incluye dos fases de actividad: a) una actividad regular de aspiraciones agrupadas en ráfagas, a la que podría reservarse el término de succión no nutritiva. Este tipo de actividad aparece tanto durante el sueño como en ausencia de estimulación (Pêcheux y Lécuyer, 1989), además es susceptible de condicionamiento, puesto que el reforzamiento de una amplitud o de la duración de las pausas conlleva una modificación de dichos parámetros. Además, b) una actividad irregular de "masticación" (presiones de la lengua, las encías y los labios) que tiene una función exploratoria. Es posible observar periodos de masticación más largos para estímulos habituales y un aumento de la frecuencia con la edad (Rochat, 1983); la frecuencia de masticación disminuye entre el principio y el fin de una secuencia prolongada de familiarización, hecho que es interpretado como análogo a la habituación.

No obstante que el término de succión no nutritiva se ha empleado durante mucho tiempo, Kaye (1977) señaló desde hace varios decenios que los límites entre succión nutritiva y no nutritiva son difíciles de identificar. De acuerdo con sus observaciones, cuando el dispositivo de succión entrega leche o agua con un flujo constante, la tasa de succiones por pausa se incrementa. Con un flujo muy rápido, las pausas pueden desaparecer por completo, con lo que se observan ráfagas de 1 o 2 minutos. Aunque podría decirse que las ráfagas se modifican con la entrega de nutrientes, mientras que las pausas dependen de factores no relacionados con la nutrición, la delimitación de ambas fases no puede establecerse con facilidad debido a que el principio de una es el punto de terminación de la otra. Las variaciones en la distribución temporal de las ráfagas y las pausas pueden interpretarse al mismo tiempo diciendo que las ráfagas se acortaron en la ausencia del nutriente o que aumentó la frecuencia de las pausas debido al efecto de factores relacionados con la estimulación materna. En todo caso, se trata de la organización de eventos en el tiempo cuya definición depende más bien de la conveniencia actual del investigador (Kaye, 1972; 1975; Pêcheux y Lécuyer, 1989).

Crook (1977) demostró que la tasa de succión varía en función de la concentración de sucrosa en el agua, mientras más aumenta la concentración, las pausas disminuyen, con lo que aumenta el ritmo de succión. Rochat (1983), por su parte, ha estudiado la influencia de las propiedades de los estímulos sobre el ritmo de succión, ofreciéndole chupones de diferentes sabores, formas y texturas a bebés de diferentes edades; de acuerdo con sus resultados, la duración del patrón de succión disminuye con la edad, mientras que la actividad exploratoria (masticación) aumenta. Los recién nacidos reaccionan con más frecuencia a la sustancia, mientras que los lactantes de mayor edad responden mejor a la forma del estímulo.

La exploración oral de estímulos es una actividad que domina las interacciones del bebé durante los primeros seis meses de vida; aunque la actividad persiste más allá de esta edad, su frecuencia disminuye y es alternada con la manipulación (Streri, 1994).

Actividad manual

A pesar de que la actividad manual ha sido objeto de múltiples investigaciones, no ha sido fuente de tantas interpretaciones ni especulaciones como la actividad oral tal vez a causa del carácter concreto y objetivo de los datos.

La adquisición motriz que ha recibido atención preponderante dentro de la tradición del desarrollo es, sin duda, la prensión de objetos que se encuentran en el campo visual del sujeto y al alcance de la mano. La importancia de este logro se deriva de la coordinación visomotriz que implica y del control muscular que requiere su ejecución. La combinación de ambas aptitudes se manifiesta alrededor de los 5 o 6 meses de edad, durante este periodo se inician las coordinaciones reversibles, el infante ase todos los objetos que se encuentran frente a sus ojos y los lleva a sus ojos (Streri, 1994). Es posible inducir orientaciones conjuntas de la mano y de la vista hacia un estímulo (sin que éste sea tocado) en etapas precedentes del desarrollo, siempre y cuando se controlen los movimientos de cabeza del niño y se propicie la motricidad liberada que se obtiene cuando el niño domina la posición sentada (Grenier, 1981; von Hofsten, 1982).

En concordancia con estos resultados, la postura y el nivel de vigilancia parecen ser dos factores importantes para la inducción de este tipo de gestos desde las dos semanas de

edad (Streri, 1994). Según esta misma autora, la orientación del brazo hacia un objetivo visual disminuye alrededor de las 4 a 7 semanas y no es sino hasta la semana 13 que la aproximación se torna menos dependiente de la postura del bebé, pasando a ser controlada de manera visual. La mirada se detiene alternativamente entre la mano y el objeto, la apertura de la mano se realiza de manera progresiva conforme ésta se acerca al objetivo. Como ya se ha dicho, la prensión alcanza su total eficacia hacia la edad de 5 o 6 meses.

El estudio de la capacidad de prensión ha revelado la función fundamental que desempeña el control visual sobre los movimientos de la mano. Se ha observado, por ejemplo, que desde la edad de 18 semanas el bebé es capaz de adaptar el gesto de aproximación hacia un estímulo en movimiento. Además, se ha demostrado que el infante percibe la tridimensionalidad del objeto, puesto que no reacciona frente a fotografías de objetos (Bower, 1972). Desde los 5 a 6 meses el movimiento se adapta al tamaño del objetivo durante la aproximación y no en el momento del contacto (Jeannerod, 1984). En cuanto a la orientación del objeto, el niño es capaz de adaptar el movimiento durante la aproximación, recién a la edad de nueve meses (Streri, 1994).

Al contrario del efecto que tiene un estímulo presentado de modo visual sobre los movimientos de orientación de la mano, la estimulación táctil no induce por sí sola ninguna respuesta de orientación del objetivo ni hacia la boca ni hacia los ojos antes de los tres meses de edad; de hecho, parece desarrollarse hasta cierto punto de manera independiente de la coordinación visomotora. Durante los primeros cuatro meses el niño puede realizar movimientos gruesos de rotación y traslación; hacia el final de ese lapso sostiene el objeto con una mano, mientras que utiliza la otra en una segunda actividad. Cerca de los cinco meses puede transferir el objeto de mano, pero sólo bajo el control visual. Alrededor de los seis meses, las dos manos son utilizadas para manipular un objeto y un mes más tarde, las manos se coordinan sobre dos objetos; a la edad de 7 u 8 meses descubre que puede producir efectos mediante la manipulación y a los 10 meses produce secuencias de manipulación que son utilizadas de manera instrumental. En etapas posteriores, la manipulación se adapta a las propiedades de los objetos en función de su utilización, más que de sus propiedades estructurales. (Streri y Pêcheux, 1986).

En apariencia, el desarrollo de la motricidad manual está muy ligado a la capacidad sensorial de la mano, la detección de las propiedades táctiles del objeto permite al niño adaptar los movimientos para ejecutar una manipulación más eficaz. Antes de realizar una inspección visual del objeto, el infante es capaz de detectar de manera manual o bucal, propiedades como la textura, la sustancia y el peso. Por supuesto, a la edad de 5 a 6 meses, la posibilidad de inspeccionar con la mirada el objeto de manipulación permite una mejor adaptación de los movimientos a las propiedades del estímulo y una mayor efectividad de las reacciones del niño frente a los cambios en dichas propiedades, alcanzando un alto nivel de eficiencia hacia la edad de 9 a 12 meses (Ruff, 1984).

DESARROLLO DE LAS CONDUCTAS AFECTIVAS Y DE AFILIACIÓN

Ninguna conducta del infante se desarrolla al margen de la influencia de los padres, son ellos los que dan sentido y coordinación al comportamiento desorganizado del bebé. El

desarrollo afectivo, igual que todos los demás aspectos del desarrollo se lleva a cabo en el contexto de las interacciones madre-hijo, juntos desarrollan diversos procedimientos que les permiten operar juntos y en apoyo del otro. Al principio, estas acciones conjuntas son directas, enfocadas a la asistencia y al bienestar, con el tiempo, ambos desarrollan convenciones y requerimientos mediante y acerca de la interacción (Bruner, 1977) que favorecen la adquisición de competencias sociales en el niño.

Debido a su carácter arbitrario, el desarrollo de la expresión afectiva está de manera íntima ligada a la interacción con el otro, la reacción corresponde al dominio de los comportamientos innatos, pero el reconocimiento de la cualidad emocional y su correspondencia con eventos específicos sólo pueden adquirirse a través del contacto social.

IMPRONTA Y APEGO

La impronta se refiere a un tipo de aprendizaje que ocurre durante el periodo crítico que sigue al momento del nacimiento, las investigaciones hechas sobre este lapso han revelado que la presencia de un estímulo dado (de modo usual la madre) durante esta etapa temprana favorecerá el inicio de las conductas de apego y de otras conductas de afiliación subsecuentes. Este tipo de conducta es observado particularmente en los animales, sobre todo en gansos y pollos, que siguen con persistencia a la madre tan solo unas cuantas horas después del nacimiento. Otras investigaciones han demostrado que la conducta de apego no es necesariamente dirigida hacia la madre, la impronta puede efectuarse frente a otros estímulos introducidos durante el periodo crítico (Lorenz, 1952; Ramse y Hess, 1954).

No hay evidencia concluyente de que la impronta se manifieste en humanos, no obstante, algunos patrones conductuales del infante humano han sido considerados equivalentes en términos funcionales a dicha conducta. Ainsworth (1973) formuló una teoría del apego basada en la suposición de que el neonato emite conductas señal, que inducen en los adultos conductas relacionadas con el cuidado (aseo, alimentación, contacto físico) y otras respuestas sociales, al mismo tiempo, dichas señales proporcionan retroalimentación a los adultos acerca del éxito de su intervención. En el transcurso de las primeras semanas y meses estas conductas sociales del infante se convierten en patrones de conducta más complejos y coordinados; como parte del mismo proceso, las señales comienzan a ser dirigidas hacia figuras adultas específicas. Empero, es sólo en el transcurso de la segunda mitad del primer año que las conductas de proximidad y de búsqueda de la interacción del niño se integran en un sistema conductual coherentemente organizado alrededor de una o varias figuras de apego en particular. La activación preferencial del sistema regulador de la proximidad y la seguridad con respecto a una pequeña jerarquía de figuras protectoras y su resistencia a refocalizarse sobre otras figuras, es lo que ha sido denominado apego.

Existen numerosos estudios (muchos de ellos realizados incluso antes de que la teoría del apego fuese formulada) que apoyan la noción de que las conductas de afiliación se manifiestan a muy temprana edad y que demuestran los efectos adversos producidos por la carencia de figuras protectoras. Van Wagoner (1950) fue el primero en descubrir que los infantes responden de manera distintiva frente a objetos que pueden proporcionar contacto físico suave y bienestar. En sus estudios, separó infantes primates de sus

madres y observó que no se alimentaban a menos que mantuvieran contacto con lienzos suaves colocados en el interior de las jaulas.

Un estudio clásico en esta área fue llevado a cabo por Harlow (1958), quien diseñó un experimento en el que dos madres sustitutas, construidas con un armazón de metal, una de ellas envuelta en un paño suave, fueron colocadas dentro de las jaulas de monos *rhesus*. Cada una estaba equipada con un biberón conectado a una mamila que sobresalía de la región pectoral y de una fuente luminosa colocada tras el cuerpo para proporcionar calor al infante. A cada madre se le asignó un grupo de sujetos al que debían alimentar. Los monos asignados a la madre metálica se alimentaban, pero pasaban cada vez menos tiempo en contacto con ella, hasta que permanecían todo el tiempo entre periodos de alimentación sobre la madre de paño. Algunos sujetos buscaban alimentarse de la madre metálica mientras permanecían en contacto con la otra. En contraste, los individuos alimentados por la madre cubierta pasaban largos periodos con ella y pocas veces se acercaban a la otra figura. En otros experimentos, los monos buscaban siempre el contacto de la madre de paño cuando un objeto extraño era colocado dentro de la jaula.

Estas investigaciones muestran que la función de nutrición no es un factor que por sí solo promueva las conductas de apego, sino que la estimulación táctil y el contacto físico son fundamentales para su adquisición. Pareciera que la ausencia de una madre verdadera también tuvo efectos negativos sobre la maduración social y afectiva de los monos; de acuerdo con las observaciones de Harlow, aunque los monos criados con la madre de paño no manifestaron problemas durante la infancia, su desarrollo mostraba cierto retardo al comparárseles con monos criados con sus madres. Cuando eran reunidos con otros monos, los ignoraban y pasaban mucho tiempo golpeándose y abrazándose a sí mismos; al momento en que las hembras del experimento tuvieron crías se comportaron como madres negligentes y abusivas (Harlow, 1962; Sackett, 1965). Dichas conductas atípicas pueden ser atribuibles al hecho de que las madres reales promueven el desarrollo de la autonomía, disminuyendo de forma progresiva el tiempo que los infantes pasan en sus brazos; además, el contacto con la madre verdadera promueve el desarrollo y la diferenciación de expresiones faciales y corporales que podrían facilitar la interacción social posterior.

La función del apego y los efectos de la separación o la sustitución de la madre también han sido explorados en los infantes humanos. Rene Spitz (1945) comparó a los niños de dos instituciones diferentes, una guardería y un hogar de niños. Los niños de la guardería (que eran cuidados con base en un sistema uno a uno, tenían juguetes, podían ver y oír a otros bebés) manifestaron rápidos progresos en el lenguaje y en el desarrollo motor. En el hogar de niños (45 niños eran cuidados por seis enfermeras, había pocos juguetes disponibles y barreras que impedían la vista de los alrededores), los bebés se manifestaban inexpresivos y letárgicos, también exhibían una progresiva susceptibilidad a la enfermedad, pérdida de apetito, insomnio y lentitud generalizada de movimientos.

Un análisis experimental derivado de la teoría del apego revela datos valiosos acerca de su influencia sobre otras conductas. En este experimento, Ainsworth y Bell (1969) sometieron a 56 bebés menores de un año a una situación extraña: todos fueron expuestos a ocho episodios de acercamiento o separación de la madre y de enfrentamiento a extraños, efectuados en la misma secuencia, dentro del laboratorio. En algunos episodios participaban la madre y una mujer extraña, quienes actuaban bajo las instrucciones del experimentador: 1) interactuaban sólo la madre y el niño, 2) la madre se encontraba

sentada a cierta distancia del niño, 3) entraba la extraña, 4) la madre abandonaba la habitación, 5) la madre volvía a entrar y salía casi de inmediato, 6) el niño se quedaba solo, 7) volvía la extraña y 8) volvía la madre. Los resultados indican que la presencia de la madre favorece la conducta exploratoria y que su ausencia hace disminuir su frecuencia. Cuando la madre salía del cuarto el niño buscaba con los ojos alrededor y lloraba; en los episodios en los que volvía el niño buscaba mantener la proximidad y el contacto.

DESARROLLO DE LAS EMOCIONES

Las reacciones emocionales son variaciones en los niveles de excitación del organismo que pueden facilitar o interferir con otras conductas, de modo usual, las emociones están vinculadas con una respuesta fisiológica. Aunque a partir de su definición el estudio de las emociones parece fácil, es uno de los aspectos de la conducta infantil a los que resulta más difícil aproximarse. El mayor obstáculo es quizá la incapacidad de medir con precisión las emociones tempranas del niño. A causa de la ausencia de responsividad emocional diferenciada en el neonato, el investigador se ve forzado a aplicar categorías generales a la conducta emocional, como "relativa calma" o "excitación difusa"; en el mejor de los casos, las etiquetas utilizadas son poco precisas, en el peor, son atribuciones del experimentador que no corresponden con lo que pretenden calificar.

Con el tiempo, la conducta emocional del niño alcanza un nivel más alto de diferenciación y el rango de estímulos a los que reacciona, se incrementa. De acuerdo con Reese y Lippsitt (1976), el inicio y el mantenimiento de las reacciones emocionales infantiles son producto del condicionamiento; estos autores afirman que el condicionamiento es importante durante la ontogénesis para el establecimiento de los acontecimientos ambientales que provocarán miedo o ansiedad. El hecho de que las emociones no se manifiesten de la misma manera y en respuesta a los mismos estímulos, indica que no son pautas de conducta determinadas de modo congénito.

Otros autores, como Pêcheux (1994), consideran que existen reacciones emocionales perfectamente diferenciadas desde el nacimiento. El análisis de los rasgos visuales muestra una configuración específica para ciertas emociones. Así, la aflicción relacionada con el dolor se manifestaría ya en el recién nacido. Se han identificado expresiones asociadas con la presentación de determinados estímulos, por ejemplo, el sabor dulce suscita una mímica de satisfacción, mientras que lo salado, ácido o amargo provocan una expresión de disgusto. Se han llegado a observar reacciones de interés en el recién nacido cuando está en presencia de una estimulación novedosa o en movimiento; de acuerdo con esta perspectiva, el repertorio de expresiones evoluciona con rapidez. La expresión de tristeza aparece en los bebés de tres meses de edad, cuando la madre presenta un rostro inexpresivo; el miedo aparece a esta misma edad cuando, por ejemplo, el ángulo visual de presentación de un objeto aumenta (como si el objeto se aproximara); la sonrisa se presenta a las cinco semanas y la risa hacia los cuatro meses.

El niño es expresivo desde el nacimiento, llora en respuesta a cualquier estímulo displacentero y sus reacciones suelen ser indiferenciadas; el hambre y el frío pueden producir la misma reacción generalizada y difusa. Las reacciones emocionales ocurren en situaciones en las que son totalmente previsibles. Con independencia de la reacción de la que se trate, la madre la interpreta como placer, sorpresa o tristeza (Pêcheux, 1994) y actúa

en consecuencia con la interpretación que hizo; gracias a estas intervenciones el niño refina sus expresiones y aprende a reaccionar de modo diferencial ante distintas situaciones.

Las reacciones emocionales estudiadas con mayor frecuencia durante la primera infancia son llanto, risa, miedo, enojo y agresión. El llanto y la risa no constituyen emociones en el mismo sentido que el miedo o la agresión; no obstante, son expresiones afectivas claramente identificables desde etapas tempranas del desarrollo.

Durante la primera infancia el bebé llora con expresiones vigorosas en las que participa todo el cuerpo, en la mayor parte de los casos el llanto es el resultado del hambre o de alguna otra condición de desequilibrio. A los seis meses, la cantidad total de llanto se reduce y las expresiones corporales son menos generalizadas, con la edad, su frecuencia disminuye poco a poco y se suele manifestar a consecuencia del dolor o de eventos ambientales que alteran el estado del sujeto.

Conforme los niños crecen, la risa y el humor pasan a formar parte de su repertorio emocional. Más tarde, la risa se asocia con la actividad corporal y con el juego social.

La controversia acerca de la naturaleza innata o aprendida del miedo no ha sido resuelta todavía, por ejemplo, el temor a caer parece una característica congénita en el niño, mientras que el que experimenta en relación con los ruidos altos parece desarrollarse como resultado de un proceso de condicionamiento.

El nivel de maduración y la susceptibilidad emocional son factores importantes que determinan el miedo en la infancia. Conforme el niño crece, el ambiente se expande de modo considerable y expone nuevas áreas de incertidumbre y peligro; sin embargo, lo que pudo haber provocado miedo en una etapa precedente, puede no provocarlo más, conforme la maduración y la comprensión se desarrollan.

Entre el primer y el segundo año el niño puede manifestar signos de enojo y agresión, una reacción emocional que se produce cuando los intentos por alcanzar una meta deseada son bloqueados o interrumpidos. Dicha reacción puede ser vista con mayor frecuencia cuando el niño es amenazado con la pérdida de la madre, el enojo es expresado por primera vez cuando ocurre la separación de ella (Bowlby, 1960). Después del primer año el niño debe cumplir una cantidad creciente de demandas, por esta razón, el enojo puede convertirse en una reacción muy frecuente a esta edad. El enojo en la forma de llanto, gritos y patadas contra el suelo es con frecuencia dirigido cuando se imponen demandas como el entrenamiento en el control de esfínteres, los horarios para comer y dormir, etc. Frecuentes incidentes de irritabilidad quizá tengan su origen en condiciones derivadas de la fatiga o la enfermedad.

El aprendizaje del lenguaje

PRESUPOSICIONES EN EL ESTUDIO DEL LENGUAJE

El lenguaje ha sido considerado como el comportamiento típicamente humano. Según muchos autores aparece como resultado de una mutación que dio lugar al desarrollo de estructuras cerebrales especializadas para la conducta lingüística. Lo propio del lenguaje, según quienes apoyan ese punto de vista, es su autonomía respecto del ambiente, su independencia de las secuencias estimulativas captadas por los órganos sensoriales. De acuerdo con lo anterior, la estructura del lenguaje se basa en un conjunto de reglas producto, más bien, de la forma como se encuentra organizado el cerebro del *Homo sapiens sapiens*. Para sostener esa clase de afirmaciones se arguye el hecho de que los infantes reciben en sus primeros años una estimulación lingüística, la cual no cumple con todas las reglas de estructuración del lenguaje pues, en general, las expresiones orales típicas no siempre respetan las concordancias exigidas por las reglas sintácticas. Igualmente, sucede que las oraciones con frecuencia se quedan sin terminar pues el oyente realiza su cierre mediante anticipaciones de lo que enseguida va a decirse o través de llenar de los huecos que pudieran quedar en las locuciones. Se dice entonces que el lenguaje recibido por el niño se encuentra degradado y, a pesar de ello, llega a estructurar su habla conforme a reglas gramaticales no cumplidas cuando tuvo su primer acceso a la estimulación lingüística. Esto lleva a pensar que la estructuración del lenguaje no está determinada por el tipo de estimulación recibida, sino por las diferentes maneras en que esa estimulación es organizada debido a las propiedades funcionales del sistema nervioso.

El otro dato empleado para establecer determinaciones predominantemente biológicas para el lenguaje es el de la lateralización de las funciones en el sistema nervioso. Es un hemisferio cerebral, el izquierdo, el responsable del control de la recepción de los

estímulos lingüísticos y de la producción del habla, como se comprueba cuando se ve afectado por alguna lesión y los pacientes dejan de comprender el lenguaje o pierden la capacidad de producirlo. Lo interesante de esta lateralización es que morfológicamente parece estar predeterminada, pues desde el nacimiento se observa en la región posterior del hemisferio izquierdo, en un área conectada con la audición que recibe el nombre de *planum temporal*, una asimetría consistente en que el *planum temporal* izquierdo es mayor que el derecho.

Con base en ese tipo de hallazgos ha llegado a presumirse que existe en el ser humano una predisposición innata para adquirir el lenguaje y para imponerle una estructura particular a sus elementos formativos: fonemas, morfemas, lexemas y sintagmas.¹

Una posición contraria a la anterior plantea que el lenguaje es producto de las particulares interacciones que los seres humanos establecen entre sí. Tanto los procesos de su adquisición como la estructura que manifiestan las producciones lingüísticas se hallan, según esta perspectiva, determinadas por esas interacciones.

Esa discusión sostenida entre dos visiones opuestas de lo que es el lenguaje no es nada novedosa. Ya en los diálogos de Platón, en el *Cratilo*, se formula la pregunta de si los nombres de las cosas les son connaturales o les fueron dados por convención. En el decenio de 1960-69 la polémica pareció decidirse en favor de los nativistas a partir de una crítica que Chomsky hizo al libro de Skinner intitulado *Conducta verbal*, en el cual se sostenía que el lenguaje era un comportamiento semejante a otros de carácter adaptativo, cuya adquisición requería de interacciones que proporcionaran estimulaciones reforzantes a fin de asegurar el moldeamiento de la estructura que finalmente iba a presentar la conducta verbal dentro del marco impuesto por la forma que asumen las relaciones interpersonales.

Según Chomsky, la recepción por parte de los niños de un lenguaje degradado y su capacidad para posteriormente apegarse a reglas gramaticales nunca presentadas de un modo suficientemente claro, junto con la rápida adquisición de un habla en la que muy pronto aparecen oraciones nunca previamente escuchadas, demuestra de modo palpable que no hubo un verdadero aprendizaje de la lengua natal, sino una activación del conjunto de estructuras cerebrales denominadas, por ese autor, el "Dispositivo para la Adquisición del Lenguaje". Tal Dispositivo organiza y le da forma a las estimulaciones lingüísticas recibidas, para así determinar cómo se expresarán las producciones verbales. Cada lengua tiene formas fonológicas y lexicales diferentes, pero todas poseen, según los chomskyanos, de una estructura que es universal, pues depende de la organización innata del cerebro humano.²

¹ Un fonema es la unidad mínima distintiva de los elementos constitutivos del lenguaje. Se especifican los fonemas mediante la contrastación de pares de producciones lingüísticas en las que el cambio de un elemento lleva a distinguir significativamente a los pares contrastados. Por ejemplo, si se contrasta /pala/ con /pata/, el cambio del elemento "l" por el elemento "t" origina un significado distinto. Por tanto, "l" y "t" son fonemas. Un morfema es la unidad significativa mínima. Por ejemplo /gat/ representa a un animal del género de los felinos, mientras que la unidad /o/ agregada a la primera implica que ese animal es del género masculino. Un lexema es una unidad que puede estar compuesta por uno o por varios morfemas. En el ejemplo antes propuesto, gato sería un lexema. Un sintagma es una unidad estructurada por un conjunto de lexemas.

² Es posible ver el antecedente platónico de lo anterior en dos párrafos del *Cratilo*. En uno, Platón hace decir a Hermógenes "...en diferentes ciudades y países se dan diferentes nombres para las mismas cosas, los helenos difieren de los bárbaros en su uso de los nombres, e igualmente varias tribus helénicas entre sí..." (pág. 86) Más adelante (pág. 90) a modo de respuesta a esa negación

Buena parte de la literatura actual sobre la adquisición del lenguaje se encuentra entonces orientada de acuerdo a las presuposiciones chomskyanas. Empero, hay que decir que tanto las aseveraciones innatistas extremas como las exclusivamente ambientalistas se encuentran equivocadas. El defecto principal que tienen es su unilateralidad. Unas y otras hacen afirmaciones sólo parcialmente correctas. El lenguaje humano, como cualquier otra reacción de los seres vivos debe sustentarse en una estructura anatómica particular. Volar requiere alas, caminar patas, nadar aletas, etc. Sin ese sustrato corporal serían imposibles las conductas correspondientes. De la misma manera, las particularidades individuales o incluso los patrones comunes a varios individuos que pudieran adquirir esos comportamientos en ciertas circunstancias específicas, son el resultado de las interacciones con el ambiente.

Se intentará ahora mostrar la manera en que el aprendizaje del lenguaje necesita tanto de un sustrato anatómico como de procesos que requieren ajustar la conducta a las demandas del ambiente compuesto, en el caso de los humanos, tanto por un conjunto de estimulaciones provenientes del medio físico, como surgidas de formas de organización social bastante complejas, no presentes en los grupos de animales. Quizá esto último sea lo que explique las formas de comunicación tan desarrolladas existentes en el humano, las cuales han llevado a suponer esa supuesta mutación que le separó de manera radical de otras especies, supuestamente desprovistas de conductas comunicativas. Contra esta última creencia se presentan una serie de datos para mostrar lo endeble de esa clase de aseveraciones.

LATERALIZACIÓN CEREBRAL HEMISFÉRICA PARA EL LENGUAJE

Quienes plantean la existencia de una mutación en los seres humanos para explicar su capacidad lingüística tienen como argumento principal las lateralizaciones cerebrales en el control del lenguaje y las asimetrías que parecen apoyarlas. Ya se dijo que el *planum temporal* izquierdo es mayor que el derecho. Esas asimetrías aparecen desde el momento del nacimiento. A primera vista excluyen una influencia ambiental y hablan en favor de determinantes genéticos. Un análisis más cuidadoso demuestra que parecen deberse más bien a factores de tipo gravitacional ejercidos durante la etapa fetal y determinados por asimetrías presentes en el útero humano. La propia distribución del peso en el cuerpo del feto, combinada con la asimetría uterina, determinan que aumente la probabilidad de que el feto quede en posición invertida, con su cabeza hacia abajo y su espalda vuelta hacia el lado izquierdo de la madre. Tal posición lleva a una estimulación laberíntica asimétrica, pues la posición erecta en la locomoción humana conduce al surgimiento de fuerzas que se ejercen en dirección contraria al desplazamiento del cuerpo hacia adelante.

de que los nombres de las cosas les son connaturales, Sócrates afirma "...cualesquiera que sean las sílabas del nombre, sean o no las mismas, eso no importa, siempre y cuando el significado sea retenido" (Platón *The dialogues*, ed. de 1996, Chicago, Great Books of the Western World, Encyclopaedia Britannica, Inc.). Chomsky y Platón están en realidad hablando de dos cosas diferentes. Platón se refiere al significado de las palabras y Chomsky a la estructura asumida por el lenguaje, pero la misma fuente innatista respecto del conocimiento humano se encuentra en ambos.

Los otolitos del laberinto izquierdo del feto en la mácula del sáculo son entonces movidos en dirección opuesta al movimiento de traslación materno. Las excitaciones originadas por ese movimiento de los otolitos son enviadas al hemisferio derecho en virtud de que las fibras nerviosas provenientes de un lado de cuerpo se cruzan y por ese motivo mandan sus impulsos al hemisferio cerebral contralateral. Es decir, las sensaciones provenientes del lado izquierdo del cuerpo van al hemisferio cerebral derecho y las originadas en el lado derecho del cuerpo se dirigen al hemisferio cerebral izquierdo. La activación laberíntica del lado izquierdo, por otra parte, provoca un reflejo que mueve los ojos y la cabeza hacia la derecha y dobla el cuerpo hacia ese mismo lado. Ese tipo de reflejos parecerían encontrarse, entonces, a la base de la lateralización de la actividad motriz hacia la derecha y del control consecuente de los actos motores diestros por el hemisferio izquierdo, en virtud de que la estimulación propioceptiva que surge de la actividad motora realizada por el lado derecho del cuerpo se dirige precisamente hacia el hemisferio izquierdo.

El esquema parece difícil de comprender porque implica, en el útero, la recepción de estímulos gravitacionales provenientes en forma predominante del lado izquierdo del cuerpo y la producción de reflejos en el lado derecho del cuerpo, los cuales, a su vez, activan al hemisferio izquierdo en razón de que las fibras sensoriales que llevan la actividad propioceptiva así generada son dirigidas hacia dicho hemisferio. Por otro lado, la estimulación relacionada con la estimulación que llega al cuerpo desde el lado izquierdo del espacio es mandada originalmente al hemisferio derecho, haciéndole más susceptible a la recepción e integración de los estímulos espaciales, mientras que las actividades motoras que se llevan a cabo por el lado derecho del cuerpo estarían bajo un control mayor por el hemisferio izquierdo.

Tal diferenciación cerebral para el manejo de la estimulación espacial y de la motricidad que implica secuencias motoras complicadas se constata en el adulto. El hemisferio derecho del cerebro está especializado en la integración de estímulos espaciales. Una lesión en el hemisferio derecho da lugar a desorientaciones en el espacio y a la incapacidad para realizar actividades constructivas que impliquen ubicar, en los lugares adecuados, los elementos constitutivos de un dibujo o de un objeto. Por ejemplo, un paciente con ese tipo de lesiones no puede copiar un mosaico compuesto por varios colores o construir un cubo con bloques de diversas formas.

Ya se había visto que la lesión en el hemisferio izquierdo lleva a la pérdida de la producción y la comprensión del habla. Para entender esta clase de perturbaciones basta con recordar que el lenguaje se produce por un conjunto de actos motores secuenciados que implican la combinación precisa de respuestas de grupos musculares distintos en el aparato articulador vocal. La ejecución de actos motores combinados, lo cual es típico de las destrezas, se hace preferentemente con el lado derecho del cuerpo. Una demostración palpable de lo anterior puede observarse con facilidad cuando se analiza el tronco, los miembros y la cara, y se descubre una conformación asimétrica, con un mayor desarrollo de la parte derecha, debido al sesgo existente para ejecutar los movimientos complejos precisamente en ese lado del cuerpo.

La lateralización hacia el hemisferio izquierdo de la comprensión del lenguaje hablado se explica, igualmente, por una participación motora en la recepción de los estímulos auditivos. La audición del lenguaje necesita de ajustes motores acompañantes para asegurar la diferenciación de la estimulación sonora. Algunos de esos ajustes se hacen en los músculos del oído medio, pero la mayoría de las acomodaciones musculares para

facilitar la discriminación de los sonidos del lenguaje, ocurren en el propio aparato articulador vocal. Existe una razón para realizar esa clase de acoplamientos entre la actividad articular bucal y la recepción auditiva del lenguaje: durante el aprendizaje del habla hubo una continua asociación entre la realización de actos articulatorios orales y las fonaciones así conseguidas.

En el adulto, la retroalimentación auditiva de la fonación está siempre presente para modular las expresiones lingüísticas. Experimentalmente se comprueba esa modulación cuando se pasa con un retardo de unos cuantos milisegundos la propia voz al oído. En esos casos el hablante muestra perturbaciones en su producción lingüística. La falta de modulación de los tonos del habla por los sordos oralizados es otra confirmación de lo anterior. En este momento cabe decir además que no existe recepción sensorial alguna sin un componente motor. Tal vez el mejor ejemplo de ello sea la manipulación que se hace de los objetos para descubrir sus formas geométricas. La simple estimulación cutánea es insuficiente, necesita un componente motor. Lo mismo puede aseverarse de cualquier otra modalidad sensorial como la vista, cuyas discriminaciones finas únicamente se logran gracias a los movimientos de escudriñamiento de los objetos mediante movimientos oculares.

Al retomar las lateralizaciones prenatales surge un nuevo dato, aportado por Previc, en relación con su origen. Existe una distinta concentración de neurotransmisores en cada hemisferio cerebral. Así, en el hemisferio izquierdo predomina la acetilcolina y la dopamina, mientras que en el derecho hay una concentración mayor de noradrenalina y serotonina; explicable según el autor citado porque el sistema vestibular posee una extensa inervación a los sistemas noradrenérgicos y serotoninérgicos en el tallo cerebral, de ahí que esas diferencias pudieran adjudicarse a la estimulación laberíntica asimétrica recibida *in utero*.

Lo anterior necesita un comentario adicional. El hemisferio derecho parece madurar más tempranamente que el izquierdo, las arborizaciones dendríticas que aseguran la conexión sináptica entre las neuronas son mayores al nacimiento en el primero de esos hemisferios. Después, cuando empieza a desarrollarse el lenguaje, el hemisferio izquierdo principia a aumentar su conectividad. Además de asegurar integraciones de estímulos espaciales, el hemisferio derecho en el adulto está fuertemente relacionado con componentes de tipo emocional. El primer conjunto de respuestas presentado por el niño lo conforman reacciones reflejas y expresiones de llanto, o sea activaciones en un sistema, el límbico, relacionado con perturbaciones provocadas por estímulos internos, los del hambre, o por estímulos externos, variaciones extremas de temperatura o en general, excitaciones de carácter nociceptivo, que activan el hemisferio derecho.

Gracias a todo lo anterior, se hace evidente que la organización cerebral se desarrolla en fases, determinadas por las interacciones con el medio ambiente, tanto uterino como extrauterino. Ese hecho explica porque surgen primero cierto tipo de respuestas y las razones por las que cada hemisferio llega a controlar diferencialmente distintos formas de comportamiento perceptual, motor y emocional.

Es necesario, además, señalar que la lateralización manual no se encuentra totalmente determinada *in utero*, más bien, puede hallarse un conjunto de factores ambientales posnatales facilitadores de su consolidación o incluso de su cambio. Las madres diestras generalmente utilizan su brazo izquierdo para llevar sobre de él a su hijo cuando lo cargan, mientras que su mano derecha la emplean para manipular al bebé: llevarle el pezón o la mamila a su boca, mostrarle objetos, arreglarlo, etc. Colocado el niño sobre el lado izquierdo

de la madre queda inmovilizado su lado derecho y un tanto más libre su mano izquierda. La estimulación propioceptiva de la mano izquierda se va hacia el hemisferio derecho, constituyéndose esta condición neurofisiológica en un factor adicional para explicar porqué el crecimiento dendrítico ocurre primero en el hemisferio antes mencionado.

Conforme el niño gana control motor y puede alcanzar objetos, éstos comúnmente le son presentados a su mano derecha. De ese modo se asegura el desarrollo del hemisferio izquierdo y la preparación para la realización de secuencias de activación muscular que posteriormente van a involucrar no sólo la coordinación ojo-mano, sino también boca-oído, cuando los sistemas motores del aparato articulador vocal puedan producir sonidos bajo el control del propio niño y no sólo —como en el caso del balbuceo— por la azarosa conjunción de una expulsión de aire por los pulmones con el encuentro de una obstrucción producida porque labios, dientes o paladar se encontraban en una determinada posición.

PERIODOS CRÍTICOS PARA EL APRENDIZAJE

Otro argumento de los innatistas para subrayar una determinación sólo biológica en los procesos de adquisición del lenguaje, se refiere a los periodos críticos para el aprendizaje, éstos fueron propuestos primero por los etólogos, quienes observaron que en los animales precociales —aquellos nacidos con una madurez tal que les permite trasladarse por sí mismos desde sus primeros minutos de vida— existía la tendencia a seguir el primer estímulo que se les presentaba, estableciéndose una liga con ese estímulo, la cual fue denominada impronta. De acuerdo con los primeros estudios, la fijación de la impronta sólo podía darse en un tiempo muy corto, pasado el cual los estímulos perdían su efectividad. La impronta se produce tanto en las crías como en las madres. Una gallina aceptará a patitos que se le pongan en su nido si esto se hace en el mismo momento en el que nazcan sus propios pollitos, pero atacará a crías de su misma especie o de otra si se le presentan después de pasado ese periodo crítico. Sobre esa base se ha pensado que existen periodos críticos para diversos aprendizajes y, en el caso del lenguaje, esa etapa crítica parece abarcar desde el nacimiento hasta la prepubertad. Si después de ese lapso se pretende enseñar a hablar a un individuo que no ha recibido estimulación lingüística, la probabilidad de que aprenda el lenguaje es mínima.

No obstante que los datos recogidos por las primeras investigaciones sobre la impronta parecían ser suficientemente convincentes, estudios posteriores demostraron que el periodo crítico podría alargarse dependiendo de varias condiciones. De esta manera, una crianza temprana bajo condiciones en las que no se presentan patrones de estímulos luminosos, lleva a que el periodo crítico se alargue para los estímulos visuales. De igual modo, se ha descubierto que la interacción de carácter social tiene un papel muy importante para consolidar la impronta, de hecho, ésta llega a modificarse si el primer estímulo recibido no se ve acompañado de estimulaciones sociales.

EL HABLA DIRIGIDA AL NIÑO: "MATERNÉS"

Otra afirmación chomskyana sin validar es la de que el niño recibe una estimulación lingüística degradada, no obstante, las investigaciones sobre la interacción materno-in-

fantil no la apoyan. Al dirigirse a sus hijos, las madres utilizan un registro especial del lenguaje, al que se ha denominado "maternés", consistente en tonos agudos de un habla que además está compuesta por oraciones muy simples. El "maternés" se desarrolla y adquiere construcciones más complejas en la medida que el niño aprende a combinar palabras para formar frases y oraciones. En las interacciones humanas es sabido que el lenguaje del hablante se modifica en función de las reacciones de su interlocutor. Si éste, en un momento dado, no parece seguir adecuadamente una serie de pronunciaciones lingüísticas, el hablante trata de adaptar sus producciones a las capacidades del oyente. El habla dirigida a los extranjeros, por ejemplo, asume también formas simplificadas. Incluso, en la propia cultura, el habla dirigida a mascotas con las cuales se establecen lazos afectivos llega a modularse conforme al maternés, tanto porque está presente la presuposición de que no van a entender lo que se les dice, como porque en las interacciones afectivas se modifica el tono de voz.

En resumen, no parece sustentarse la llamada "aprendibilidad para el lenguaje", es decir, las condiciones especiales existentes en el cerebro humano de manera innata para que se consume su adquisición gracias a un dispositivo específico que sólo requiere recibir estimulaciones de un determinado carácter para fijar los parámetros dentro de los cuales debe enmarcarse un idioma determinado.

TEORÍA DE LA APRENDIBILIDAD DEL LENGUAJE

Según la teoría de la aprendibilidad del lenguaje, el niño simplemente recibe muestras de su lengua natal y a partir de ellas extrae las regularidades que componen la gramática universal, así como ciertas particularidades del idioma que está adquiriendo. Unas cuantas operaciones elementales bastan para estructurar las frases que en número infinito podrán producirse posteriormente. Éstas son: adiciones, elisiones, trasposiciones y sustituciones. Por ejemplo, gracias a que el niño dedujo por la recurrencia de cierto tipo de oraciones que es factible convertir una declarativa en negativa con una adición, puede ahora transformar la declarativa "María sube la escalera" en "María no sube la escalera", o bien convertirla en imperativa con una elisión y entonces producir "_ sube la escalera". Si lo que desea es hacerla interrogativa, entonces lleva a cabo una trasposición. "¿Sube María _ la escalera?"³ Con una sustitución podrá pronominalizar el enunciado y entonces dirá "sube la escalera".

En su más reciente teoría, Chomsky reitera que sin ninguna corrección a los errores cometidos durante el proceso de adquisición del lenguaje, el niño es capaz de obtener, gracias a las capacidades perceptivas e interpretativas de su cerebro, los principios y parámetros que rigen el lenguaje. Destaca, así, el principio de la proyección, por el cual las entradas léxicas se proyectan sobre la sintaxis que tendrán las frases. De esta manera, los sustantivos se proyectan como sintagmas nominales integrados por un nombre y un

³ En el punto donde estaba el elemento traspuesto queda una huella que demuestra que se hizo el desplazamiento. Experimentalmente se ha comprobado que en el flujo del habla al llegar al punto donde debería estar dicho elemento se produce una detención de unos cuantos milisegundos en la producción vocal del hablante.

determinante, el artículo. Los verbos se proyectan como sintagmas verbales compuestos por un verbo, una frase nominal y un adverbio.⁴

Entre los parámetros mencionados por él están los que aluden a si el orden de las palabras en una lengua es fijo o libre, si el encabezado de una oración se encuentra al principio o al final, o si el sujeto de la oración puede estar presente o ausente (introducción-exclusión del sujeto o parámetro *pro-drop*). Los parámetros constituyen constricciones dentro de las cuales se mueven las diferentes lenguas. Así, para poner algunos ejemplos, el idioma español tiene un orden libre para sus palabras, mientras que el inglés se ve limitado por un orden fijo. En el primero el encabezado de la oración va al principio, en tanto que en turco va al final, de igual manera, en el español hay libertad para poner o suprimir el sujeto de las oraciones, mientras que en inglés o en francés no puede hacerse algo así y existe la obligación de siempre colocar el sujeto de la oración.

CRÍTICAS A LAS TEORÍAS INNATISTAS DE LA ADQUISICIÓN DEL LENGUAJE

Las razones aducidas por nosotros para no aceptar los supuestos innatistas, son las siguientes:

1. No se presentan en el mundo natural mutaciones, como la propuesta en los primates prehumanos, gracias a la cual se produjo en su cerebro una nueva estructura que los llevó a pasar de animales sin lenguaje a humanos capaces de desarrollar un sistema comunicativo complejo. Por lo general, una modificación estructural producto de una mutación no lleva necesariamente a consecuencias adaptativas. Es más común que estructuras preexistentes se utilicen para nuevas funciones y eso lleve a cambios estructurales más complejos. La vejiga natatoria de los peces permitió una adaptación progresiva al medio terráqueo y eso condujo al desarrollo de los pulmones. En el humano los sistemas digestivo y respiratorio fueron aprovechados para dar lugar a un comportamiento fonatorio adicional que no estaba prefigurado por las funciones que previamente cumplían boca, laringe y pulmones.
2. La morfología cerebral está determinada por factores genéticos, pero ciertas organizaciones y desarrollos morfológicos son producto de la interacción especial que ciertas especies establecen con sus nichos ecológicos particulares. La lateralización cerebral para el lenguaje parece ser el producto de estimulaciones laberínticas resultado de asimetrías uterinas, distribución del peso corporal del feto y manipulaciones maternas después del nacimiento que condujeron al desarrollo de lateralidades primero de orden reflejo y posteriormente aprendidas, las cuales permitieron los patrones motrices complejos requeridos para la coordinación de diversos grupos musculares relacionados con la manipulación y la fonación.
3. Los periodos de sensibilización de algunas estructuras nerviosas para la recepción de determinado tipo de estimulaciones son, ciertamente, el resultado de los grados de mie-

⁴ Posteriormente, al analizar el llamado "calzador sintáctico" (*syntactic bootstrapping*) veremos cómo algunas teorías plantean que para que el niño adquiera la sintaxis de su lengua materna necesita manejar las funciones que cumplen las diferentes categorías léxicas.

linización, así como del alcance tenido por la conectividad neuronal, pero estas condiciones estructurales del sistema nervioso dependen, a su vez, no sólo de factores genéticos que marcan ciclos de desarrollo de estructuras y formas de conectividad, sino también de la estimulación recibida. Ello implica que la posibilidad de recibir ciertas estimulaciones está en función tanto de la mielinización como de la conectividad, pero ambas, de manera recíproca, son facilitadas, inhibidas o modificadas por las características del medio.

4. El lenguaje que los adultos dirigen a los niños adquiere patrones especiales de simplificación sintáctica y de modulación tonal para asegurar el seguimiento por el niño de las pronunciaciones lingüísticas. En la interacción materno-infantil no se observan las formas complejas del habla dirigida al adulto y, a fin de cuentas, no aparecen las expresiones degradadas a las que hace referencia Chomsky.

PRECURSORES DEL LENGUAJE EN EL NIÑO

La falsa creencia de que antes del inicio de la etapa del balbuceo no tiene lugar nada importante para la adquisición de las habilidades lingüísticas ha llevado a muchos estudiosos a comenzar sus investigaciones precisamente en el periodo en el que aparecen ese tipo de fonaciones, por considerarlo el momento en que se conforman los patrones motores que asegurarán la producción de las primeras palabras. Piaget y Vigotsky, sin embargo, al estar ajenos a ese prejuicio, ofrecen una serie de planteamientos teóricos interesantes para comprender el desarrollo del lenguaje, no simplemente considerándolo como fonación interactiva.

Piaget considera que el lenguaje surge debido a que antes han ocurrido una serie de avances en la cognición infantil sin los cuales la conducta comunicativa no puede establecerse; tres son los hitos que según ese autor van a permitir al niño adquirir el lenguaje.

1. La constitución de la noción del objeto permanente, es decir, el rompimiento con una forma de reaccionar caracterizada por sólo seguir las excitaciones del momento. En una serie de interesantes experiencias, Piaget observa que el niño, frente a un objeto determinado, reacciona ante él, pero si mediante algún artilugio se le oculta, actúa como si ese objeto hubiese desaparecido. No es sino hasta una etapa posterior del desarrollo cuando inicia la búsqueda de los objetos que dejan de verse por algo que se interpone entre ellos y el observador. La noción del objeto permanente permite hacer referencia a las cosas ausentes, una característica sumamente importante del lenguaje.
2. La conducta imitativa y, sobre todo, la capacidad para realizar imitaciones diferidas sin necesitar la presencia del objeto.
3. Los dos logros cognoscitivos anteriores sirven para que se establezca el tercero de los prerequisites, esto es, el comportamiento simbólico, gracias al cual el niño, para representarse los objetos, usa otros objetos, a veces parecidos al primero, en otras ocasiones completamente diferentes. Un niño manifestará esa conducta si por ejemplo toma un pedazo de madera y juega con él como si se tratara de un carrito. Dado que el lenguaje es para Piaget un sistema de representaciones de la realidad, tales avances cognoscitivos son necesarios para su establecimiento y para que mediante sus sonidos se representen los objetos y las relaciones entre ellos.

Para Vigotsky, el lenguaje no es producto de la cognición ni, a la inversa, ésta se desarrolla gracias al lenguaje. Una y otra tienen avances que corren en forma paralela. De este modo hay una etapa prelingüística en la cognición y un periodo precognoscitivo en el lenguaje. La etapa prelingüística de la cognición se manifiesta en el comportamiento infantil consistente en el aprovechamiento de ciertos medios para conseguir determinados fines; jalar, por ejemplo, un trapo sobre el cual se encuentra un objeto para así alcanzar este último, parecería mostrar la comprensión de relaciones mecánicas. El periodo precognoscitivo del lenguaje está igualmente presente en las primeras etapas del desarrollo del niño en donde la conducta vocal compuesta por balbuceos y gritos e incluso las primeras palabras, son meras expresiones emocionales. No es sino hasta pasados los dos años que, según Vigotsky, ambos se unen, el pensamiento se vuelve verbal y el lenguaje sirve a los razonamientos.

Tanto los planteamientos de Piaget como los de Vigotsky representaron incursiones en un periodo que aparentemente no tenía nada que ver con el lenguaje. Las intuiciones de esos estudiosos han permitido considerar al lenguaje como una conducta que se encuentra integrada a las reacciones adaptativas en general, no como algo especial cuyo desarrollo ocurre de modo independiente a otros comportamientos motores, perceptuales y emocionales.

RUDIMENTOS DE LA COMUNICACIÓN HUMANA EN ANIMALES

En realidad, el lenguaje es producto del aprendizaje de formas interactivas que están presentes hasta en los animales. Rudimentos de la comunicación humana aparecen en otras especies. Ese hecho hace ver que el lenguaje no es del todo una creación humana surgida *ex nihilo*, sino que tiene antecedentes que conviene tomar en cuenta si se quieren entender las primeras etapas de su adquisición.

El lenguaje es un sistema de señales, como bien lo indicó Pavlov. El condicionamiento se encuentra a su base. La posibilidad de reaccionar con anticipación a los estímulos que preceden a aquellos que tienen importancia biológica permite cierto tipo de comunicaciones entre los animales. En el curso de una interacción con un conespecífico, un animal escapa del peligro de ser dañado mediante el condicionamiento, si previa a una reacción agresiva se presentan en el agresor reacciones precursoras. Ese tipo de reacciones sólo son los signos fisiológicos de una activación orgánica suscitada por estímulos percibidos como peligrosos. Las reacciones precursoras del ataque se convierten en estímulos condicionados de la agresión y dan lugar a conductas anticipatorias, sea la huida o la preparación para responder de manera igualmente agresiva al ataque.

La repetición de ese tipo de interacciones en las que están presentes señales condicionadas conducen a que determinados comportamientos interactivos en los animales adquieran formas estereotipadas y constituyan lo que los etólogos han llamado despliegues. Los despliegues agresivos como el mostrar los dientes o los despliegues integrantes de la conducta reproductiva como el cortejo, compuesto de respuestas que aseguran el apaciguamiento de las respuestas agresivas de la posible pareja y, a la vez, sirven para aumentar en ella la excitación sexual, facilitan las interacciones entre los animales.

En el humano, el lenguaje sirve a iguales fines que los despliegues de los animales. En la interacción animal se aprenden por condicionamiento las señales indicativas de

distintas interacciones. El ejemplo anterior se refiere a las interacciones agresivas y a las asociadas con la conducta reproductiva. Dichas señales fueron en un principio reacciones reflejas, componentes iniciales del comportamiento final: el ataque o la cópula. Posteriormente se convirtieron en conductas de ajuste recíproco con formas estereotipadas aparentemente arbitrarias, sin relación con el comportamiento original, pues fueron modificadas durante la interacción por la forma especial de actuar del conespecífico.

Un origen semejante tienen las señales utilizadas por el humano para asegurar el comportamiento interactivo. Las palabras de carácter agresivo o las de contenido sexual sirven de señales o de antecedentes para un comportamiento de la misma índole. Esas palabras parecen más alejadas que los despliegues de los animales de los precursores fisiológicos de uno u otro de los comportamientos señalados, pero igualmente puede suponerse para ellos una procedencia parecida. Tal vez en sus principios, la fonación humana en condiciones agresivas o de excitación sexual fue mero grito, siendo luego moldeadas progresivamente en la historia de la humanidad, para convertirse en una emisión sonora convencional que parece estar asociada arbitrariamente a la conducta que señala.

ORÍGENES DE LA CONVENCIONALIDAD EN EL LENGUAJE

Es interesante mencionar que palabras que ahora se asocian convencionalmente con los objetos referidos fueron en un principio emisiones onomatopéyicas. A fin de demostrar ese origen para algunas palabras, Porzig hace la historia del término alemán con el que se designa al arrendajo, un ave europea parecida al cuervo, que tiene un canto que podría reproducirse con el sonido onomatopéyico *kikison* cuyos antecedentes se encuentran en la palabra sánscrita *kikis*, utilizada para nombrar precisamente a esa ave. La palabra sánscrita pasó al griego como *kikia* y al inglés antiguo como *higora* en la cual se nota todavía un parecido con el sonido onomatopéyico, mientras que en su paso al alemán sufre una serie de transformaciones que la llevan a convertirse en *Häger* cuya estructura fonética da la impresión de ser completamente convencional. Un cambio todavía mayor se da en el alemán de Berna en el que aparece como *Härregägger*. Quien escuche esta última palabra, sin conocer las modificaciones que ha sufrido, difícilmente podría suponer que proviene de una onomatopeya.

Ferdinand de Saussure traza igualmente las transformaciones de la palabra onomatopéyica latina *pio pio* al francés *pigeon* con acento en la última sílaba, al inglés *pigeon* con acento en la penúltima sílaba y al español *pichón* en donde en lugar de /g/ se produce /ch/. Todas esas transformaciones fonéticas resultaron de cambios sociales. La implantación de la lengua de un pueblo invasor (el pueblo romano) en hablantes de lenguas distintas, con fonología natal diferente, llevó a transformaciones de las palabras de la lengua impuesta. Surgieron así nuevas lenguas. Pero lo importante es que en la transformación fonética de las palabras parecería existir una tendencia a buscar, en algunos casos, las facilitaciones articulatorias, o sea, el acto fonador más sencillo, pero además y con una importancia realmente muy grande, están presentes factores sociales orientados a moldear aquellas conductas que mejor les sirvan a los participantes en las diferentes interacciones para la obtención de reforzamientos mutuos. El lenguaje es, entonces, una conducta dinámica, cuyas modificaciones se realizan para facilitar el acoplamiento de las respuestas interactivas.

EL CARÁCTER ARBITRARIO DE LOS SIGNOS

La convencionalidad del lenguaje es, de acuerdo con lo anterior, un producto de las interacciones sociales. Los ajustes llevados a cabo por cada miembro de una pareja interactiva para hacer de su conducta un instrumento para la recepción de estímulos reforzantes, desempeñan una función importante para la construcción de un acto convencional. En el proceso de ajuste, las respuestas se separan de sus estímulos evocadores iniciales y empiezan a depender más de los reforzamientos proporcionados por la relación social. En los animales ha podido seguirse en vivo el cambio del determinante biológico al estímulo evocador social que convierte en arbitrario un acto que en su origen se apegaba a la topografía impuesta por el estímulo físico o biológico que lo causaba. Ese proceso está perdido para los seres humanos en la historia del lenguaje. Sólo es posible ver ahora algunos residuos, como es el caso de la conversión de las palabras onomatopéyicas en signos convencionales. Sin embargo, en el proceso de adquisición infantil del lenguaje todavía es posible observar cómo se forjan algunas conductas de carácter convencional a partir de respuestas con causas estrictamente biológicas. A continuación se analiza cómo ocurre ese proceso.

LA CONVERSIÓN DEL LLANTO REFLEJO EN LLANTO OPERANTE

En la adquisición infantil del lenguaje hay en un principio un periodo en que las estimulaciones recibidas sólo producen respuestas de carácter reflejo. Algunas de esas respuestas reflejas dan lugar, posteriormente, a la producción de operantes condicionadas por los reforzamientos proporcionados por la madre. El llanto es la respuesta refleja que aparece ante los estímulos que perturban al niño. Los mecanismos de la producción del llanto implican, como ya previamente se había señalado, al sistema límbico. En esta estructura cerebral, en la región hipotalámica, se recogen las estimulaciones internas indicativas de desequilibrios homeostáticos como pueden ser los niveles de glucosa o de hormonas en la sangre, los cambios en la temperatura corporal por arriba o abajo de determinados niveles críticos, la deshidratación celular, etc. El hipotálamo se activa cuando tales estimulaciones son captadas, o cuando un estímulo nociceptivo daña los tejidos del organismo.

Las reacciones hipotalámicas involucran principalmente al sistema nervioso autónomo. En el laboratorio experimental las reacciones hipotalámicas aparecen en su forma más extrema, sea como reacciones de rabia o de huida, con componentes de chillidos y gritos, cuando se hacen estimulaciones eléctricas que afectan a poblaciones extensas de neuronas en la división del sistema nervioso autónomo conectada con el sistema simpático.

En las condiciones de la vida natural, los cambios en los niveles de las sustancias nutritivas o en las concentraciones hormonales captadas por los receptores hipotalámicos dan lugar, gracias a un proceso de aprendizaje, a respuestas integradas de búsqueda del conjunto de estimulaciones que sirven para suprimir los estados de activación generados. Ya se había dicho que tanto estímulos periféricos como daño en los tejidos o variaciones térmicas, o incluso las señales de su aparición, en la forma de estímulos condicionales, activan al sistema límbico. La evocación de respuestas vocales es por lo común, un componente de las activaciones límbicas. Cuando los etólogos hacen sus observaciones en condiciones naturales, denominan a las emisiones sonoras que registran según el estímulo inductor que las causa.

De ese modo se han descrito gritos de alarma ante la presencia de depredadores, llamadas de celo en condiciones de excitación sexual, llamadas a las crías cuando éstas no se encuentran a la vista de la madre, llamadas a las madres por parte de sus crías, etc.

Los patrones de respuesta observados por los etólogos o algunas de las conductas complejas evocadas por la estimulación eléctrica hipotalámica constituyen entonces cadenas aprendidas en el que a partir de una activación generalizada e inespecífica del organismo, son aisladas, por el reforzamiento, determinados componentes del abanico de reacciones del estado de activación, mientras que son extinguidos otros que no reciben consecuencias reforzantes. Poco a poco se integran, así, las cadenas de respuestas propias del comportamiento complejo, cuya secuenciación queda bajo la guía de series de estímulos discriminativos.⁵

La integración de las cadenas es susceptible de ser descubierta en el curso del desarrollo neonatal en donde la expresión de las activaciones límbicas provocadas por los desequilibrios homeostáticos en el niño o de las estimulaciones periféricas perturbadoras, se da de acuerdo con el esquema antes presentado, como una activación orgánica generalizada, compuesta por agitaciones motoras y llanto. La madre al escuchar el llanto busca los estímulos que lo causan con el objeto de suprimirlos. De esa manera, la supresión de esa clase de estímulos se convierte en un estímulo reforzante del llanto, la parte más evidente del conjunto de respuestas de activación motora que presenta el niño, quien así aprende a llorar de modo operante sólo para obtener los reforzamientos proporcionados por la madre: Alimento para eliminar la perturbación del hambre, abrigo en el caso de que el estímulo sea una disminución de la temperatura, estimulación táctil en general dirigida a calmar la inquietud infantil. Esta última estimulación tiene un papel reforzante de mucha importancia y en todas las especies se observa su búsqueda activa.

MECANISMOS PARA LA ADQUISICIÓN DE OPERANTES Y RESPUESTAS CONDICIONADAS CLÁSICAMENTE

El mecanismo de la conversión del llanto reflejo en llanto operante es el mismo que está en la base de los distintos tipos de condicionamiento, tanto en el sistema nervioso autónomo como en el sistema músculo esquelético. En el análisis del condicionamiento clásico salival se observa con mucha claridad el proceso. Ante cualquier estímulo novedoso, un sonido por ejemplo, aparece el reflejo de orientación compuesto por las activaciones generalizadas del organismo ya descritas. Entre ellas, se hallan respuestas salivatorias originadas por la existencia de conexiones inespecíficas del sistema de la formación reticular del tallo cerebral con diversos sistemas del organismo. La respuesta salivatoria en los experimentos típicos de condicionamiento clásico es reforzada por la entrega de alimento. Las otras

⁵ En otras partes de este libro se analiza el reforzamiento de las operantes y la constitución de cadenas complejas de comportamiento, por lo que aquí sólo nos concretamos a mencionar que a la base de la aparición de determinadas operantes se halla una activación hipotalámica, la cual se busca generar en los laboratorios de investigación mediante maniobras de privación de alimento, de agua, de pareja sexual o la presentación de estímulos nociceptivos.

respuestas integrantes del reflejo de orientación no reciben reforzamiento y por ese motivo se extinguen. Establecido el condicionamiento, la respuesta salivatoria reforzada sólo aparece en anticipación al alimento. La respuesta salivatoria así condicionada puede llamarse clásica u operante, según si el experimentador registra o no el estímulo sonoro antecedente de nuestro ejemplo.

El condicionamiento operante músculo esquelético implica la formación de cadenas más complejas de respuesta, pues el reforzamiento (la comida) no llega, como en el caso del condicionamiento salival, a los receptores que de manera refleja producen la respuesta. En las palomas en automoldeamiento, el mecanismo de formación de cadenas de respuestas músculo esqueléticas para el condicionamiento de tipo operante puede observarse en el proceso de su formación, pues la presentación de un estímulo novedoso, el que después va a funcionar como estímulo discriminativo, origina una orientación de la cabeza hacia la placa traslúcida cuyo picoteo constituye la operante. Ese movimiento de la cabeza en dirección a la placa traslúcida poco a poco se escala hasta que se convierte en picoteo.

Las activaciones generalizadas inespecíficas que se encuentran a la base de los condicionamientos clásico y operante tienen su origen, entonces, en dos tipos de estimulaciones: externas (que ocasionan reflejos de orientación), e internas (productoras de activación límbica). Tanto los sistemas sensoriales periféricos como el sistema hipotalámico se hallan conectados con la formación reticular y ésta con diversos sistemas de respuesta del organismo, asegurándose así las activaciones a partir de las cuales el reforzamiento aísla la respuesta más apropiada para los fines adaptativos.

Según un esquema propuesto por Osgood, el condicionamiento se produce porque las respuestas incondicionales tienen dos componentes. Uno ligado a la estimulación generadora de la reacción refleja no aprendida y el otro con características desligables que fácilmente se asocian al estímulo condicional. El reflejo es una respuesta que no aparece en la forma de todo o nada, sino que los efectores sobre los que se sustenta son escalables. Un grupo muscular en el sistema esquelético está compuesto por una población de miofibrillas con distintos umbrales de respuesta, por lo que es factible que su contracción tenga diferentes niveles de escalamiento. De este modo, una respuesta condicionada es fijada por el reforzamiento en alguno de esos niveles de escalamiento. En el llanto reflejo del niño se registran emisiones sonoras de alta intensidad y tonos agudos con presentaciones espasmódicas dependientes del volumen de aire contenido en los pulmones, de la fuerza espiratoria y de los ciclos de inhalación y exhalación. Al ser reforzados los chillidos por la madre en algunas partes del ciclo pierden componentes, a la vez que mantienen aquellos cuya manifestación coincidió con la llegada del reforzamiento. De ese modo el llanto reflejo se convierte en operante.

El llanto operante está formado por tonos de baja frecuencia, de intensidad media y con emisiones de longitud acortada si su duración se compara con la de los chillidos reflejos. Esta modificación se debe a que la madre al atender con prontitud el llanto de su hijo, hace que disminuya su duración y que se fijen sólo alguno de sus componentes. Por otro lado, dado que el llanto operante no es producto de una activación hipotalámica, la expulsión de aire de los pulmones encuentra unas cuerdas vocales con una tensión menor, lo que hace más bajo el sonido. Su duración se acorta todavía más porque ahora es realizado bajo un control muscular aprendido.

Es a través del llanto como se dispone, entonces, una primera conducta comunicativa que conformará la matriz del lenguaje posterior. El niño es enseñado a llamar la atención

de la madre con su conducta vocal. Es el reforzamiento materno el responsable de la instalación del llanto operante utilizado para iniciar las interacciones con la madre. Los reforzamientos a esa interacción son en un principio totalmente tangibles: alimento, calor, supresión de estímulos nociceptivos, reforzamiento táctil, los cuales poco a poco son sustituidos por reforzamientos vicarios. El primero de esa clase de reforzamientos es simplemente el conseguir la mirada materna que, a fin de cuentas, es la señal de la llegada posterior de los reforzamientos tangibles.

No es válida para todas las culturas la descripción anterior en la que el llanto operante se ha establecido como uno de los precursores de la conducta comunicativa. Se observa ese patrón de aprendizaje de la interacción comunicativa en las culturas en las que las madres se encargan del cuidado de sus hijos y éstos son dejados solos en sus cunas cuando se encuentran dormidos. Los despertares de los episodios de sueño suelen estar acompañados por llantos generadores de respuestas maternas. Los llantos surgen por escalamientos de una excitación límbica que no recibe, prontamente, los estímulos que la disminuirían, es decir los reforzamientos destinados a suprimir los estímulos causantes de la perturbación. Tal tipo de condiciones es propicio para hacer del llanto una señal del inicio de una interacción.

PRECURSORES DE LA CONDUCTA COMUNICATIVA DISTINTOS AL LLANTO

En otras culturas, donde los niños son criados dentro de familias extensas formadas por padres, hijos, hermanos, tíos consaguíneos, tíos políticos, primos y abuelos, los cuidados a los infantes son proporcionados por todos los miembros de la familia y los precursores de la conducta comunicativa son distintos a los del llanto. En la etnia otomí, en la cual la organización familiar es de tipo extenso, al autor de este capítulo y sus colaboradores han descubierto que el precursor de la conducta comunicativa no es el llanto, sino actividades motoras consistentes en tocamientos realizados por el niño a la persona que en ese momento lo cuida.

En ese tipo de cultura, el llanto casi no aparece en los niños, porque ante la más leve muestra de inquietud reciben la atención de sus cuidadores. Los reforzamientos en esos casos pueden ser táctiles o incluso alimentarios, pues como muchas de las mujeres adultas integrantes de las familias extensas tienen también niños pequeños, amamantan indistintamente a sus hijos o a los de otras madres. El escalamiento al tocamiento precursor de la conducta comunicativa se hace en dicha etnia a partir del inicio de las agitaciones motoras que, poco a poco se convierten en extensiones de brazo y mano dirigidas al cuerpo de la madre o del cuidador.

VOCALIZACIONES INFANTILES

Las producciones sonoras infantiles en las primeras etapas del desarrollo son muy variadas. Sólo algunas de ellas se aprovecharán en la interacción materno-infantil para fincar las bases de la comunicación o, dicho en otras palabras, para ajustar en forma

recíproca las interacciones, primero a través de reacciones corporales y de tipo sonoro no articulado y posteriormente mediante la composición de secuencias fónicas que formarán las primeras palabras.

Se han descrito cinco etapas en el desarrollo vocal infantil: la primera abarca del nacimiento a las 8 semanas de edad y es la del llanto reflejo y los sonidos vegetativos. El llanto está compuesto de sonidos predominantemente vocálicos, aunque algunos sonidos glotáticos se presenten al inicio o al fin de un segmento de llanto. Los sonidos vegetativos lo forman eructos, gruñidos y suspiros, así como ruidos asociados a la conducta alimentaria que aparecen en el momento de tragar.

La segunda etapa es la de gorgoritos y risas, que va de las 8 a las 20 semanas. Los elementos consonánticos de los gorgoritos como /g/ /x/ y /k/ son producidos en la parte posterior de la boca. Hacia las 12 semanas surgen las risas sostenidas en forma de pulsos glotáticos.

El juego vocálico que aparece hacia la semana 16 y dura hasta la semana 30 conforma la tercera etapa. Lo característico de ella es que la producción de los sonidos vocálicos tiene una duración mayor que en las etapas previas y empiezan a aparecer sonidos consonánticos generados tanto en la parte posterior como en la anterior del aparato articulador vocal.

La cuarta etapa es la del balbuceo reduplicado (semanas 25 a 50). Su característica es que se repiten series de consonante y vocal (dada, papa, etc.)

Finalmente, la quinta es la del balbuceo no reduplicado en que series consonante-vocal forman sílabas pronunciadas una tras otra cambiando tanto consonantes como vocales.

Hay una amplia coincidencia entre los autores con respecto a que los sonidos más fáciles de articular son los que aparecen primero lo que demuestra, por otra parte, que la discriminación de los sonidos del lenguaje corre paralela a las posibilidades articulatorias.

Así, a partir de la naturaleza de los actos articulatorios necesarios para producir los distintos fonemas, Jakobson ha establecido una secuenciación para su producción a lo largo del desarrollo infantil. Según este autor, los contrastes labiales-dentales aparecen primero que los contrastes palatales-velares o que los dentales-velares. En un estudio realizado en distintas lenguas encontró que la presencia de determinado tipo de pronunciaciones implicaba que otras, de producción más simple, ya estaban en el repertorio vocal y esos hallazgos los extrapoló a la adquisición infantil de los fonemas.

De esta manera, si se registra la existencia de fricativas, deben haberse producido ya las oclusivas. Antes de que ocurra esto último, una fricativa se generará en la forma de una oclusiva. Por ejemplo /f/ se convertirá en /p/. La primera fricativa adquirida es la /s/ y su primera aparición llevará a que todas las fricativas se conviertan primero en /s/. Las consonantes anteriores (labiales y dentales) se adquieren antes que las posteriores y, por tanto, si el niño pretende producir /k/ pronunciará /t/. Las africadas cuya adquisición se hace después de las oclusivas o de las fricativas, se presentarán al principio como pronunciaciones realizadas con alguno de los actos articulatorios ya establecidos. De este modo /ch/ aparecerá como /t/ o como /sh/. Las primeras vocales serán las de mayor apertura. Así que surgirá primero la /a/, mientras que la oposición entre vocales de apertura semejante se adquirirá en forma tardía. Por otra parte, las vocales redondeadas se observarán después de las no redondeadas.

MÉTODOS PARA DETERMINAR LAS DISCRIMINACIONES INFANTILES DE LOS SONIDOS DEL LENGUAJE

El desarrollo de la discriminación auditiva de los fonemas ha sido estudiado por diversos métodos. Entre ellos se encuentra el chupeteo de alta amplitud, la tasa cardiaca y el reforzamiento a la discriminación infantil del habla. Un método muy curioso propuesto por Sviatchin consiste en asociar la estimulación auditiva de pares mínimos contrastantes consonante-vocal-consonante (CVC) o vocal-consonante (VC) con la presentación de objetos compuestos por formas geométricas y reforzar la selección de dichos objetos a partir de la discriminación auditiva conseguida.

Tanto el método del chupeteo de alta amplitud como el de la tasa cardiaca se basan en los procesos de activación inespecífica y de extinción del reflejo de orientación en el curso de los procesos de habituación. Dado que la presentación de un estímulo novedoso provoca activaciones y su repetición habituación, el método de chupeteo de alta amplitud aprovecha lo anterior, pues al proporcionarle un chupón a un bebé se evocarán respuestas de succión cada vez que reciba un estímulo novedoso y se dará lugar a la habituación de esa respuesta si el estímulo se repite. Si, además, se le enseña al niño que si aumenta su tasa de chupeteo logrará hacer que el estímulo novedoso aumente en intensidad, se tiene entonces un método muy sensible para descubrir las discriminaciones de que son capaces los infantes. De esta manera, se le presentan, auditivamente, series silábicas que provocan el chupeteo aumentado y se repiten hasta que se produce la habituación. Una vez que esto ha ocurrido se introduce una nueva serie silábica. Si el niño es capaz de captar la diferencia entre la sílaba previamente presentada y la recién introducida, entonces se comprueba su capacidad discriminativa.

El otro método, el de la tasa cardiaca, también se basa en el análisis de un componente del reflejo de orientación. En este caso la desaceleración cardiaca que ocurre a la presentación de los estímulos novedosos. De igual modo, se presentan auditivamente las series silábicas y tras la habituación se introduce una nueva sílaba para ver si produce la desaceleración del ritmo cardiaco.

El método del reforzamiento a la discriminación infantil del habla consiste en presentar estímulos auditivos constituidos por sílabas al niño, mientras se encuentra con la cara viendo hacia el frente, en los brazos de su madre. En uno de los lados de la sala experimental se halla una caja que se ilumina para de esa manera hacer aparecer un juguete que realiza una actividad llamativa (p. ej., un osito tocando un tambor). Cada vez que se presenta una nueva sílaba (un cambio en el estímulo auditivo) la caja donde se encuentra el juguete se ilumina. El niño asocia el cambio con la aparición del juguete que sirve de reforzador y entonces tiende a voltear hacia el estímulo reforzante cada vez que discrimina un cambio en la sílabas que se utilizan como prueba.

Con estos métodos se han comprobado las capacidades discriminativas de los niños en relación con los estímulos del lenguaje. Se ha observado que incluso, desde una temprana edad, unos cuantos días después del nacimiento, los niños discriminan fonemas provenientes de la lengua materna, pues presentan las activaciones del reflejo de orientación evocadas por los métodos antes descritos, cuando se presentan cambios fonemáticos en la lengua materna; mientras que no presentan esa clase de respuestas ante fonemas

pertencientes a otras lenguas. Esto ha llevado a suponer que la exposición continua a la lengua materna en el ambiente intrauterino ha permitido el desarrollo de ciertas discriminaciones relacionadas con el lenguaje.

FASES EN LA DISCRIMINACIÓN AUDITIVA DEL LENGUAJE

En la discriminación auditiva del lenguaje, Sviatchin ha descubierto dos fases. Una, durante el primer año de vida, denominada prefonémica, la cual se basa en discriminaciones realizadas a partir de cambios en la entonación y el ritmo. La segunda fase es la fonémica, comienza a partir de los 12 meses y en ella se adquieren los contrastes consonánticos.

De acuerdo con Sviatchin, la diferenciación de vocales ocurre primero. Posteriormente se da la de las consonantes, pues los niños pequeños de menos de un año de edad, eran capaces de hacer las discriminaciones frente a contrastes CVC o VC en los que sólo cambiaban las vocales, pero no cuando las consonantes iniciales cambiaban y se mantenían la vocal y la consonante final. Al llegar al periodo fonémico aparecen las primeras discriminaciones consonánticas cuando se cambia la consonante inicial.

APRENDIZAJE DEL CAMBIO DE TURNOS EN LA INTERACCIÓN LINGÜÍSTICA

Durante el periodo prefonémico queda establecida una conducta fundamental para los intercambios lingüísticos, se trata de la toma de turnos que permite a hablantes y oyentes hacer uso de la palabra en forma alternada. La historia ontogenética del aprendizaje del cambio de turnos se remonta, según Kaye, a los primeros días después del nacimiento. Durante la alimentación, en los bebés se observa que después de chupeteos vigorosos se presentan pausas que llevan a la madre a intentar que el niño reanude la conducta alimentaria. Para lograrlo, tiende a hablarle al niño y además menea, ya sea el pezón o el biberón, o le da al niño golpecitos en la boca a fin de provocar el reflejo de succión. Durante esta estimulación que hace al niño comenzar a comer otra vez, la madre interrumpe sus verbalizaciones. El movimiento del pezón o, en general, la estimulación táctil de la boca del niño es igualmente suspendida al producirse el chupeteo. La repetición de ese comportamiento lleva a las verbalizaciones maternas y a su interrupción a adquirir el carácter de estímulo discriminativo del reforzamiento alimentario generado por el chupeteo.

De ese modo se establece una secuencia consistente en: 1) suspensión del chupeteo; 2) presentación del complejo estimulativo formado por la aparición y la suspensión de las verbalizaciones maternas; 3) la evocación de la respuesta operante del chupeteo y, finalmente, 4) la entrega del reforzamiento alimentario, el flujo de leche como consecuencia del propio chupeteo. El niño aprende así a suspender una conducta para dar paso a un comportamiento materno, cuya suspensión, a su vez, le indica que debe reanudar la conducta antes interrumpida.

En un principio las interrupciones del chupeteo se deberán a variaciones en la tasa de una respuesta muscular que tendrá brotes y pausas, estas últimas extendiéndose en el tiempo por la presencia de cierta fatiga o por cambios en el flujo de leche. Después se

integra la cadena compuesta por chupeteos y pausas que permite el inicio y la detención de una verbalización materna. Se forma así lo que parecería ser el primer cambio de turnos. El cambio de turnos producido por las pausas en la conducta de cada uno de los participantes en una interacción diádica, se consolidará en los meses siguientes gracias al progresivo establecimiento de juegos de dar y recibir alternado. Las emisiones vocales infantiles sea las de carácter placentero o las displacenteras, casi siempre generan verbalizaciones maternas, frente a las cuales el niño tiende a quedarse en silencio. Es posible atribuir dichos silencios al aprendizaje de la conducta de hacer pausas para recibir el estímulo reforzante vicario de las verbalizaciones maternas, señal de reforzamientos táctiles o alimentarios más tangibles.

APRENDIZAJE DE LA PROSODIA. LA DERIVA FONÉTICA

De manera gradual se constituyen protodiálogos en los que las emisiones sonoras del niño pueden ser evocadoras de verbalizaciones maternas o bien producirse como respuesta a estas últimas. Tales emisiones vocales infantiles, empiezan, progresivamente, a imitar la prosodia materna. Se le llama deriva fonética a ese fenómeno, consistente en que las emisiones sonoras infantiles tienden a aproximarse a las verbalizaciones de los adultos primero, como ya se señaló, en seguimiento de su prosodia y, después, en el periodo del balbuceo reduplicado que posteriormente se examinará, acercándose poco a poco a la pronunciación de las palabras de los adultos.

Mowrer propuso su teoría del autismo para explicar la deriva fonética. Según él, las producciones vocales infantiles son operantes reforzadas por sus madres. La emisión vocal de los niños gana, con el tiempo, la función de reforzador vicario a partir de su asociación con las verbalizaciones del adulto, que fungen como señales de las actividades alimentarias, de juego o de limpieza corporal, todas las cuales brindan reforzamientos a los niños. Si bien en un principio la verbalización materna fue un reforzador secundario asociado con reforzamientos primarios, posteriormente la vocalización del niño adquiere ese mismo carácter de reforzador vicario en la medida en que va haciéndose más parecida a la conducta verbal materna. Al último la vocalización infantil termina por convertirse en una verdadera verbalización, es decir, en una producción vocal que tiene la estructura de una palabra.

De acuerdo con lo anterior, las madres no establecen programas de enseñanza del lenguaje para sus niños ni moldean su comportamiento vocal en forma sistemática, sino que los infantes se automoldean en los procesos interactivos.

REFERENCIAS PSEUDODEÉCTICAS

Las primeras vocalizaciones de los niños en la forma de llantos reflejos u operantes o como emisiones que mimetizan aspectos prosódicos del lenguaje, empiezan a servirles para iniciar y mantener las interacciones con sus padres. Poco a poco comienza también a instalarse la función referencial del lenguaje, es decir, la que sirve para designar los estímulos de la realidad. Tiene como antecedentes procesos semejantes a los ya referidos para el llanto o para los despliegues que surgen en los animales como un comportamiento reflejo, algunos

de cuyos componentes se desprenden de su estímulo evocador para quedar bajo el control de los reforzamientos proporcionados durante la interacción social.

Así, ciertos actos motores dirigidos a lograr la aprehensión de objetos fuera del alcance de los bebés, hacen a la madre orientar igualmente su atención hacia el objeto que el niño pretende tomar. El movimiento en realidad queda frustrado porque la distancia a la que se encuentra el objeto no permite la aprehensión, sin embargo, la madre en lugar de interpretarlo como una reacción fallida le da el valor de un movimiento de señalamiento. De esa forma se adquiere lo que sería un pseudoféctico, un movimiento indicativo de señalamiento, reforzado porque la madre proporciona al niño el objeto que deseaba tomar. Señalar, según Bruner, constituye en cierta manera un primer nombrar. Uno de los precursores de la referencia se aprende entonces dentro de ese proceso en que madre e hijo buscan hacer ajustes recíprocos a su comportamiento para mantener una interacción.

La referencia también se apoya en los seguimientos, por parte de la madre, de la mirada del niño. Esto les permite a ambos coincidir en la observación de un objeto y, por tanto, facilita la asociación posterior palabra-objeto. El niño, por su parte, aprende a seguir la mirada de la madre, con lo que se logran establecer, gracias a ello, acciones conjuntas.

La mirada dirigida a la madre o la mirada de la madre al niño son básicas para mantener la interacción. En el desarrollo de los precursores del lenguaje puede observarse como las interacciones son en un principio reforzadas por el contacto táctil; poco a poco ese reforzante primario se transfiere a reforzadores vicarios. La simple mirada pasa a cumplir esa función pues en el proceso de aprendizaje del establecimiento de interacciones madre hijo, fue señal de que en seguida vendrían reforzamientos táctiles, alimentarios o supresores de estímulos nociceptivos.

LA SONRISA COMO SIGNO INDUCTOR DE INTERACCIONES DIÁDICAS

Otro comportamiento motor importante para el establecimiento de las interacciones comunicativas es la sonrisa. Aparece como una simple gesticulación interpretada por la madre como sonrisa, de ahí que sea reforzada. Las sonrisas infantiles, en sus comienzos meras gesticulaciones, llevan a los adultos a elevar su tono de voz y a una retracción labial o a una sonrisa producida en simpatía. Ambos tipos de comportamiento adulto sirven de reforzante para el niño, quien repetirá la gesticulación, moldeada ahora por los reforzamientos diferenciales que reciba. Entre los otomfes nosotros hemos observado formas más activas de provocar las sonrisas a través de tocamientos de la zona oral para provocar de ese modo retracciones labiales que serán reforzadas del modo ya mencionado. El origen de las gesticulaciones se suele encontrar en activaciones que ocurren durante una etapa del sueño, la de movimientos oculares rápidos que coincide con una buena parte de los despertares del niño. Cuando esos despertares se dan en presencia del adulto, tiene lugar el proceso de reforzamiento que se acaba de describir, instalándose así una respuesta que en las comunicaciones posteriores servirá de apertura a las interacciones sociales.

FASES PERLOCUTORIA, ILOCUTORIA Y LOCUTORIA

Algunos autores, orientados por las propuestas de Austin relativas a considerar al lenguaje como un conjunto de actos mediante los cuales el hablante intenta hacer algo con sus palabras, llaman fase perlocutoria al periodo en el cual la conducta del niño, en la forma de vocalizaciones o de actividad motora en general, produce cambios en el comportamiento de la madre o de los adultos encargados de su cuidado.

Cabe recordar que Austin analiza las palabras en términos de las acciones que implican, por eso las expresiones lingüísticas cuya función es llevar a cabo modificaciones de un cierto estado de cosas son designadas con el término de realizativas. Así, mediante la expresión "Les declaro marido y mujer" una pareja comienza a realizar el conjunto de acciones propias a su nuevo estado. Dictar en un testamento: "Lego a fulano mi casa" conducirá a que a la muerte del testador el legatario reciba la herencia estipulada. "Toma este libro" conduce a las acciones de dar y recibir; los ejemplos podrían multiplicarse. Austin distingue entre perlocuciones, ilocuciones y locuciones. Las ilocuciones son los posibles usos que un hablante hará de sus expresiones lingüísticas: puede advertir, ordenar, precisar. Las ilocuciones, por tanto, están relacionadas con el significado que puedan tener las expresiones lingüísticas. Las locuciones son las pronunciaciones o verbalizaciones guiadas por un acto ilocutorio, mientras que las perlocuciones son las consecuencias de las locuciones, es decir, los actos que se efectúan en función de las locuciones.

Bates y Dore analizan el desarrollo del lenguaje sobre la base de los elementos pragmáticos del lenguaje analizados por Austin. De esta manera, en una primera etapa del desarrollo infantil se encuentra que el niño lleva a cabo comportamientos que ocasionan cambios en el actuar del adulto pero que no fueron realizados por el infante con ese propósito, es decir carecieron de un componente ilocutorio. Los primeros meses después del nacimiento quedan encuadrados en esa fase perlocutoria. Posteriormente, a partir del sexto mes, aparece la fase ilocutoria. Es más adecuado llamar a ese periodo fase operante y fijar sus principios mucho antes, en el momento en que debido a los reforzamientos previamente recibidos, aparecen conductas despegadas de las reacciones reflejas. Los movimientos de señalamiento surgidos a partir de las reacciones de aprehensión frustradas ilustran esa fase operante. Por último, con el surgimiento de las primeras palabras se inicia la fase locutoria.

SURGIMIENTO DE LAS PRIMERAS PALABRAS

Los datos de Jakobson sobre el desarrollo de la producción fonemática y la aparición de las primeras palabras le llevaron a plantear la hipótesis de que "papá" y "mamá" serían las primeras palabras producidas. De hecho, encontró que en la mayor parte de las lenguas esas son precisamente las primeras palabras que aparecen en el vocabulario infantil, antecediendo "papá" a "mamá", porque esta última pronunciación implica además del cierre labial una expulsión del aire por la nariz. Sin embargo, la afirmación de Jakobson no tomó en consideración que el desarrollo del lenguaje ocurre en función no sólo de las posibilidades articulatorias de los niños, ganadas a través del control de los diversos músculos; un control que primero es asegurado en el amamantamiento, donde los músculos de la región oral adquieren, por el ejercicio, una pronta maduración.

Además de esos factores existen otros, compuestos por la fonología particular de cada lengua y por la forma en que se establecen las interacciones entre madre e hijo o entre el niño y sus cuidadores en comunidades en donde no existe la díada madre-hijo típica de las familias nucleares occidentales (como en las relaciones poliádicas de las familias extensas presentes en buena parte de las comunidades amerindias desde el extremo norte de América hasta el cono sur). Las diferencias en patrones interactivos da lugar a formas de aprendizaje distintas del lenguaje y, por tanto, a la aparición inicial de patrones fonemáticos diferentes.

Así, cuando se consideran los patrones interactivos en la primera infancia se descubre que la producción sonora del niño a lo largo de esos periodos se ajusta, como se acaba de señalar, en función de las características de la interacción. La madre, generalmente, acompaña las interacciones con su hijo con producciones verbales que adoptan la forma del maternés.⁶ El análisis de las producciones maternas muestra, además de los rasgos ya mencionados del maternés, una serie de modalidades en cuanto a su contenido.

ESQUEMA DE LAS FUNCIONES DEL LENGUAJE

Ayuda a entender la modalidad del contenido de las verbalizaciones maternas y de los comportamientos del niño hacia la madre un esquema desarrollado por Jakobson y modificado por Alcaraz y Martínez-Casas, en el que se plantea las funciones que cumple el lenguaje. Según este esquema el lenguaje cumple seis funciones, a saber:

- Emotiva expresiva que, como su nombre lo indica, representa una manifestación en la forma de palabras, con la cuales se hacen referencias emocionales. Interjecciones o reacciones corporales del tipo de rubor, lágrimas, palidez, etc., cumplen igualmente con esa función.
- Conativa, la que corresponde a los mandos de Skinner y que se refiere a las posibilidades existentes en el lenguaje de modificar el comportamiento de los otros.
- Fática, compuesta por expresiones salutorias o de despedida, con las cuales se abre o se cierra una interacción, aunque también está integrada por preguntas o solicitudes de aclaración que ayudan a mantener el intercambio verbal. Además está conformada por cambios en la dirección de la mirada utilizados para determinar la toma de turnos en el uso de la palabra o por signos de aburrimiento indicativos de la ruptura de las interrelaciones comunicativas.
- Referencial, constituida por las referencias que se hacen a los estímulos externos o internos presentes o incluso ausentes. Corresponde a los tautos skinnerianos.
- Relacional, la cual está compuesta por las palabras con función conectiva en el lenguaje denominadas “palabras función” o “functores”, que permiten ubicar en tiempo y espacio los estímulos a los que se hace referencia y sirven para estructurar las oraciones. Esta función corresponde a las autoclíticas propuestas por Skinner.

⁶ Ha habido una tendencia a dejar de utilizar el término “maternés” y sustituirlo por “habla dirigida a los niños”, por considerar que maternés evoca producciones solamente maternas, siendo que el niño escucha producciones verbales de otros adultos e incluso de niños mayores.

- Autorreflexiva del lenguaje, fundamental para permitir la estructuración de los componentes motores productores de los sonidos del habla con los componentes sensoriales de las distintas referencias, gracias a la formación de un núcleo asociativo pluridireccional regido por las leyes del condicionamiento. Para aclarar lo anterior puede servir el siguiente ejemplo. La palabra “rosa” suscita lo que Skinner llamaría el ver condicionado de los colores y la forma de la rosa. En términos del lenguaje cotidiano evoca la imagen de la rosa; también esa palabra puede originar sensaciones olfativas condicionadas, así como operantes relacionadas con las diversas manipulaciones que se acostumbra con esa flor, como cortarla, formar un ramo, entregarlo a un ser querido. Por otra parte, cada una de esas respuestas sensoriales recibidas en presencia de la flor, lleva a la evocación de la palabra “rosa” y no sólo a eso, sino puede dar lugar al conjunto de definiciones verbales mediante las cuales es factible dar cuenta de ese término, como sería señalar que es “una flor de ornato de la familia de las rosáceas, cuyo crecimiento se produce en arbustos con tallos ramosos llenos de espinas..”. La autorreflexibilidad en el lenguaje implica entonces que se formen evocaciones de múltiples respuestas centradas alrededor de un núcleo, una palabra que sirve de referencia a un determinado estímulo de la realidad natural o de la realidad construída por el hombre, sea física o virtual como serían, en este último caso, las ficciones de la literatura o las concepciones abstractas de las ciencias o de la filosofía.

COMPORTAMIENTO MATERNO, APRENDIZAJE DE LAS FUNCIONES DEL LENGUAJE POR EL NIÑO

Durante la etapa inicial de la adquisición del lenguaje, el niño aprende de manera paulatina cada una de esas funciones. Primero la función emotiva se instala cuando el llanto le sirve para anunciar a la madre su desasosiego. Al mismo tiempo, empieza a cumplir funciones fáticas y conativas, pues permite iniciar interacciones con la madre, lo cual implica, además, una modificación del comportamiento de esta última. Es decir, el llanto funciona, también, como mando skinneriano.

Poco a poco, el llanto que es modificado por los reforzamientos maternos para hacerlo discriminativo de los estímulos que afectan al niño, comienza a cumplir funciones referenciales, cuando se produce para señalar a la madre estados de hambre, de frío o de dolor.

La madre, por su parte, en sus emisiones vocales presenta comportamientos dirigidos a cumplir las funciones del lenguaje antes señaladas. Las primeras verbalizaciones, obviamente, no son comprendidas por el niño. Sólo aspectos prosódicos sirven para hacer ajustes al comportamiento infantil. Por ejemplo, tonos en el lenguaje materno de alta intensidad y de brusca terminación se asocian a la función conativa, generalmente prohibiciones destinadas a interrumpir ciertos comportamientos del niño. Los tonos propios del maternés sirven para asegurar la función fática, es decir, ayudan a iniciar y mantener interacciones. De esta manera los niños aprenden primero a discriminar la prosodia, mucho antes de comprender las palabras.

Las oraciones que constituyen el maternés son bastante simples y al contrario de lo que pensaban quienes se apoyaban en el supuesto de que los niños recibían un lenguaje degradado, la construcción sintáctica es más apegada a lo que describen las reglas gramaticales que la del habla dirigida a los adultos. Es típico además, según lo ha hecho notar Snow, que el lenguaje empleado por las madres para hablar a sus hijos sea bastante redundante, con repeticiones de las frases pronunciadas y con paráfrasis repetidas destinadas a asegurar la comprensión, cuando surge algún atisbo de que alguna de las palabras usadas no fueron del todo reconocidas por el niño.

Ahora bien, aún cuando la madre sepa que su hijo pequeño no lo entiende, ajusta su lenguaje a ciertas reacciones que puede observar en él. Esto quedó demostrado cuando en un estudio realizado por Snow, se hizo que un grupo de madres grabaran en una cinta magnética verbalizaciones que supuestamente deberían dirigir a sus hijos. Se encontró que la redundancia y la simplicidad del maternés producido en esas condiciones, era menor que cuando era dirigido a sus hijos en una confrontación cara a cara. En otras palabras, el lenguaje materno en las interacciones con sus hijos, incluso antes de que éstos comprendan verdaderamente el lenguaje, es guiado por algunas reacciones percibidas por la madre en sus pequeños interlocutores, lo que ocasiona, si no se obtiene respuesta alguna de los oyentes infantiles, variar las pronunciaciones y realizar más paráfrasis.

Una característica del maternés son las llamadas expansiones, consistentes en que si un niño produce una expresión truncada la madre realiza las complementaciones necesarias. Igualmente son típicas las extensiones a lo que dice el niño. Así, si el niño dice algo en relación a un determinado tema, la madre le agrega más información.

TIPOS DE VERBALIZACIONES MATERNAS

En una serie de estudios de carácter longitudinal realizados por Alcaraz y Martínez Casas en los cuales se siguió la interacción diádica desde los 10 días después del nacimiento hasta el primer año de edad, se encontró que las verbalizaciones maternas, clasificadas en cuanto a la función que desempeñaban, variaban conforme avanzaba la edad del niño. En un principio tales verbalizaciones fueron predominantemente fáticas, después se convirtieron en conativas y hacia el tercer trimestre de vida del niño se comenzaron a convertir en referenciales. Tal progresión es comprensible, pues la madre primero intenta asegurar la atención del niño, en una segunda etapa trata de establecer una especie de control sobre su conducta y posteriormente, cuando el niño comienza a aprender las primeras palabras, busca establecer las asociaciones entre las pronunciaciones de este último y sus posibles referentes.

En la etapa en que predominan las verbalizaciones referenciales, además de hacer muchas referencias, las madres atienden a todo tipo de emisiones sonoras de su hijo y cada vez que descubren alguna aproximación a una palabra de la lengua de los adultos en el balbuceo reduplicado, manifiestan un comportamiento que cumple funciones reforzantes. Este último consiste en prestar más atención al niño, aumentar el volumen de las verbalizaciones que le dirigen, o producir verbalizaciones cuya prosodia previamente se ha asociado con situaciones que causan en el niño aumento en el interés o un mayor número de conductas fáticas.

MOLDEAMIENTO DE LAS EMISIONES SONORAS INFANTILES

Alcaraz y Martínez Casas encontraron dos formas de atención a las emisiones sonoras infantiles en la etapa del balbuceo reduplicado. A una le llamaron conativa protorreferencial al lenguaje. Consiste en llevar a cabo moldeamientos de pronunciaciones azarosas con parecidos cercanos o lejanos a la lengua del adulto. La otra, denominada conativa referencial al lenguaje, estaba compuesta por repeticiones de las pronunciaciones del niño que adquirían ya la forma de palabras. Esos hallazgos acerca del modo como se manifiesta el comportamiento materno en condiciones naturales confirman los resultados experimentales de Rheingold, quien encontró que el proporcionar atención al niño daba lugar a un aumento en su tasa de balbuceo.

Las madres en los estudios antes citados de Alcaraz y Martínez Casas, se clasificaron además en tres tipos: predominantemente conativas, caracterizadas por el gran número de órdenes dadas a sus hijos; principalmente fáticas, cuyas verbalizaciones eran sobre todo muestras de afecto o descripciones del comportamiento observado en sus hijos y, por último, referenciales, que se caracterizaban por hacer muchas referencias y presentarle a sus hijos objetos cuyos nombres intentaban enseñarles.

PRIMERAS VERBALIZACIONES INFANTILES. TIPOS DE MADRES

Al contrario de lo que Jakobson había encontrado en sus investigaciones relativas a las primeras palabras infantiles en diversos idiomas las cuales, según él, eran con mayor probabilidad "papá" y "mamá", Alcaraz y Martínez Casas descubrieron que las primeras palabras estaban más bien en relación con el tipo de madre que tenía el niño. Así, las madres fáticas dieron lugar a que la primera palabra fuera también fática. Por ejemplo, aproximaciones a la pronunciación del saludo "hola". Los hijos de las madres conativas tuvieron como primera palabra pronunciaciones del tipo de "no" y las madres referenciales originaron pronunciaciones onomatopéyicas como "gua gua" o "miau" que después fueron convertidas en los nombres de los animales correspondientes, "perro" o "gato", mediante moldeamientos sucesivos de la pronunciación vocal, bajo reforzamientos maternos diferenciados.

La explicación de Jakobson a la pronunciación de "papá" y "mamá" como primeras palabras es muy convincente. Se debe a la facilidad que los niños tienen para producir ese tipo de sonidos mediante el simple cierre de sus labios en el caso de "papá" y el cierre de los labios más una expulsión del aire por la nariz para la pronunciación de "mamá". La aparición posterior de "mamá" en relación con "papá", como ya se indicó, se debe a que las pronunciaciones nasales del tipo de "mamá" son más difíciles que las pronunciaciones labiales, pues implican, además del cierre de los labios, el redireccionamiento del flujo de aire hacia la nariz. Sin embargo, tal explicación basada en factores puramente mecánicos no es suficiente y es evidente que el tipo de la interacción materno-infantil desempeña una función muy importante en el aprendizaje de las primeras palabras.

ADQUISICIÓN DE LA FUNCIÓN REFERENCIAL POR MEDIO DEL CONDICIONAMIENTO CLÁSICO

La adquisición de las referencias ha sido explicada por mecanismos de condicionamiento clásico. De esta manera, la presentación ostensiva de un objeto junto con la pronunciación (por parte de la madre) del nombre que tiene, da lugar a que este último se convierta en señal o estímulo condicional del objeto, si las presentaciones de este último van acompañadas de reforzamientos. Por ejemplo, la vista del biberón con el reforzamiento que le sigue, la entrega de la leche, da lugar a que el objeto biberón genere respuestas condicionadas anticipatorias a la recepción de la leche. Si, además, la vista del biberón se asocia con la pronunciación verbal por parte de la madre de la palabra "leche", esta palabra se convertirá en señal del biberón.

Pavlov llamó al lenguaje "señal de señales" porque la palabra es la señal de un objeto y éste a su vez lo es de un reforzamiento. Dicho en otra forma, la palabra es señal de un estímulo condicional. En el esquema de Pavlov, la palabra leche escuchada junto al objeto leche no necesariamente es una señal de señales. Una palabra puede ser sólo un simple estímulo condicional de segundo orden, señal de un estímulo reforzante vicario que a su turno señala un reforzador primario; tal como sucede con una luz que precede a un sonido que antecede al estímulo incondicional del alimento y, entonces, se convierte en señal condicional de este último, siendo reforzada por el sonido, cuya función es la de ser un reforzamiento vicario que sostiene la salivación provocada por la luz. Así, para un animal que ha aprendido que se le llama a comer con la palabra "comida", dicha palabra no es un estímulo del lenguaje, es simplemente un estímulo condicional que puede ser de primer o segundo orden, según la secuencia establecida para anunciarle la comida.

De modo que el segundo sistema de señales de la realidad, el lenguaje, está compuesto por tres tipos de señales, una auditiva,⁷ otra cinestésica del aparato articulador vocal y un estímulo ambiental ligado a un reforzamiento. El reforzamiento puede ser tangible o vicario, proporcionado por los estímulos provenientes de un interlocutor que presta atención a las palabras de un hablante. La señal cinestésica es de suma importancia, porque junto a su componente sonoro viene a ser el núcleo de estímulos alrededor del cual se asocian las excitaciones provenientes del objeto al que la palabra hace referencia; es decir, la voz y los estímulos que surgen de la actividad motora que provoca la fonación forman un complejo vinculado por lazos múltiples a las estimulaciones provenientes del objeto que recibe una designación. Cada uno de esas estimulaciones podrá evocar la respuesta verbal la que, por su parte, tendrá también la propiedad de evocar de modo condicional las respuestas sensoriales a las que se encuentra ligada.

⁷ En el caso de la escritura, la señal es visual; pero la escritura es un aprendizaje que se realiza después del lenguaje hablado, gracias a la transferencia a la visión de señales auditivo-cinestésicas. Las grafías de la escritura representan los sonidos y las actividades articulatorias del aparato fonador, las cuales, a su vez, están asociadas con otro tipo de señales, las constituidas por los estímulos externos o internos a los que hacen referencia. Según la terminología pavloviana, las grafías de la escritura serían señales de señales de señales.

CONDICIONAMIENTO CLÁSICO Y OPERANTE Y APRENDIZAJE DEL LENGUAJE

En el proceso interactivo de los intercambios lingüísticos, tanto hablante como oyente se proporcionan reforzamientos mutuos y eso explica el mantenimiento de la interacción verbal que establecen. En este punto se hace evidente cómo los esquemas pavloviano y skinneriano se conjuntan.

De acuerdo con la tradición skinneriana, el aprendizaje del lenguaje se logra a través de procesos de moldeamiento de operantes vocales.

En la adquisición del lenguaje, la participación de ambos procesos de condicionamiento (el clásico y el operante), se lleva a cabo en función de las posibilidades que en sus distintas etapas de desarrollo tiene el niño para presentar cierto tipo de respuestas. Ambos procesos corren en forma paralela, aunque a veces uno tiene primacía sobre el otro, lo cual incluso se refleja en el hecho de que la comprensión del lenguaje se adquiere primero, antes de la aparición de las primeras palabras pronunciadas por el niño.

Ya se vió que en un principio son los aspectos prosódicos los que se convierten en estímulos discriminativos para evocar ciertos comportamientos del niño. Los tonos del materné llevan al niño a aproximarse a su madre y a intentar de ese modo el inicio y el mantenimiento de interacciones afectivas reforzadas con contactos táctiles o con alimento, o en general, con la supresión de estímulos perturbadores. Los patrones melódicos de las prohibiciones, con tonos de brusca terminación y alta intensidad, suprimen muchas respuestas.

Después, empiezan a discriminarse series de fonemas asociadas a la aparición de ciertos estímulos. Estas series de fonemas, generalmente palabras bisilábicas, son simples estímulos condicionados de 2º orden. No son verdaderos estímulos del lenguaje sino semejantes a las órdenes que se les da a los animales o a las palabras que controlan en ellos cierto tipo de respuestas y que funcionan como estímulos discriminativos, señales condicionales de las operantes reforzadas.

Cuando se analiza el estímulo al que los animales responden dentro de una serie, se observa que generalmente su respuesta se da, sea al primero de los estímulos o bien al último, si la serie es muy larga. Para obtener una respuesta a la serie completa es necesario integrar, en una cadena, las respuestas individuales evocadas por cada estímulo, es decir, que resulta imprescindible formar lo que Pavlov llamó un estereotipo dinámico.

DISCRIMINACIÓN DE LOS FONEMAS COMPONENTES DE LAS PALABRAS E INTEGRACIÓN DE LOS ACTOS MOTORES PARA PRODUCIRLOS

Algo semejante a lo antes descrito sucede en el aprendizaje de las primeras palabras por parte de los niños, pues sus respuestas se dan a los fonemas iniciales o a los finales. Cuando los niños intentan producir las palabras escuchadas, presentan un patrón de respuestas en el que sólo articulan una parte de la serie completa de los fonemas constituyentes de una palabra.

En las primeras palabras se nota, entonces, una producción más frecuente de las consonantes iniciales con omisión de las finales. Los complejos consonánticos, por otra

parte, son muy difíciles de pronunciar aun cuando aparezcan al principio de la palabra, de ahí que se presente la tendencia a suprimir una de las consonantes del complejo. De Villiers pone el ejemplo, para el inglés, de la pronunciación de "tring" en lugar de "string" o de "top" en lugar de "stop". Los complejos o racimos consonánticos sólo llegan a dominarse hasta los cuatro años de edad, posiblemente por las dificultades que implica la producción secuenciada de actos articulatorios, para los cuales se requieren obstrucciones sucesivas del flujo de aire en distintos puntos del aparato vocal.

Otro de los rasgos presentes en las primeras palabras es que las consonantes iniciales sonoras conservan ese rasgo pero lo pierden si están en posición final. Una constante es la de que existe una preferencia por las consonantes anteriores y una dificultad para producir consonantes posteriores. Las consonantes oclusivas, por su parte, sustituyen a las fricativas en posición inicial pero, a la inversa, las fricativas son pronunciadas en lugar de las oclusivas cuando éstas aparecen en posición final. De igual manera las sílabas acentuadas son mejor pronunciadas que las que carecen de acento. Son precisamente los patrones acentuales de la lengua natal los que primero se aprenden. En sus estudios sobre el aprendizaje infantil del inglés, Jusczyk encontró que el patrón para las producciones bisilábicas en donde la primera sílaba es fuerte y la segunda débil, es primero discriminado hacia los nueve meses. Al principio, durante el balbuceo, los niños no muestran preferencias por ese tipo de patrón, el cual después se impondrá de manera progresiva en las pronunciaciones que produzcan.

Un fenómeno descrito en las primeras pronunciaciones infantiles es el de la armonía consonántica, consistente en mantener un mismo lugar de articulación para todas las consonantes o todas las vocales de una palabra. Por ejemplo, se observa la tendencia a decir "papo" por "pato". Las últimas consonantes en producirse en el lenguaje infantil son las africadas como /ch/ y las líquidas como /r/.

APRENDIZAJE DE LA DESIGNACIÓN DE LOS ESTÍMULOS COMPLEJOS

La producción de las primeras palabras es el producto de reduplicaciones azarosas de fonemas durante el balbuceo, reforzadas y moldeadas por los padres. En la medida que esas primeras pronunciaciones vocales carecen de referente, muchos autores no las consideran verdaderas palabras. Para darles ese valor es necesario que sean pronunciadas de modo sistemático frente al objeto al que hacen referencia. Empero, las palabras no hacen referencia a estímulos del ambiente sino a las reacciones sensoriales producidas por ellos. Como los padres no tienen acceso a las respuestas sensoriales de sus hijos, refuerzan asociaciones entre la producción verbal y un estímulo particular que desconocen. Eso da lugar a que los procesos asociativos que permitirán la función referencial del lenguaje se realicen mediante tanteos, realizados tanto por los padres como por sus hijos.

Surgen así las llamadas sobreextensiones en el uso de las primeras palabras, pues frecuentemente el niño asocia la palabra con un rasgo del estímulo complejo que no es necesariamente el distintivo del objeto referido. Por ejemplo, frente a un perro, la escucha de la palabra "perro" se asocia al estímulo pelaje del perro, de ahí que en una posterior ocasión el niño llame perro a un gato. La madre corrige esa pronunciación indicando al niño que no se trata de un perro sino de un gato y de ese modo, progresivamente va

circunscribiendo la asociación de la palabra "perro" al conjunto de estímulos que constituyen el complejo estimulativo característico de ese animal.

Dos procesos se llevan a cabo de esa manera. Uno es el aprendizaje de la designación de los estímulos complejos. El otro es la constitución de lo que se conoce como el objeto perceptual, es decir, la integración de los rasgos que componen un estímulo complejo, pues tanto en la percepción humana como en la animal se observa que existe la tendencia a asociar sus respuestas sólo con rasgos aislados de los estímulos complejos. Si a un animal se le presenta un estímulo complejo compuesto por forma y color, es posible que sólo asocie sus respuestas a un componente de ese estímulo complejo, sea a la forma o al color. Eso mismo se presenta en los humanos. La integración de los distintos rasgos de un estímulo complejo necesita de la formación de un estereotipo dinámico, es decir, de un encadenamiento de las distintas respuestas dadas a cada uno de los elementos del estímulo complejo. El lenguaje ayuda a esa integración, pues a cada corrección hecha a una designación equívocada el niño se ve obligado a agregar más rasgos distintivos al objeto que nombra, hasta que finalmente asocia una palabra al conjunto de estímulos constituyentes de una cosa o ser particular.

Las primeras designaciones infantiles a estímulos complejos se caracterizan, según Bloom, por ser etiquetas puestas a un objeto concreto, no son nombres genéricos. "Perro" será la palabra con la que se denomina al perro de la casa y no será aplicable a otros perros. Poco a poco el niño aprende a descubrir ciertos rasgos que aparecen en los perros y entonces utiliza el nombre como un concepto genérico. Dicho en otra forma, en el aprendizaje de las primeras palabras se observan tres procesos. El primero explica las sobreextensiones, el hecho de que un estímulo complejo sea designado sobre la base de un rasgo aislado que no es un rasgo discriminativo de ese estímulo y, dado que aparece en estímulos complejos diferentes, ocasiona errores en la designación.

El segundo ocurre cuando se integran los rasgos de un estímulo complejo particular y la palabra sólo designa a dicho objeto como único miembro de una clase, de ahí que funciona como nombre propio. A esas palabras que sólo designan entes particulares, Bloom las llamó palabras sustantivas. El tercer proceso es el aislamiento de rasgos distintivos comunes, de carácter discriminativo de diversos estímulos complejos, lo cual permite constituir a la palabra como un término genérico. Rosch al respecto, plantea que se forman conglomerados de rasgos que se constituyen en prototipos. En sus estudios descubrió que ciertos rasgos definen más a ciertos objetos o entes. Por ejemplo, si se presenta a varios sujetos diversas especies de pájaros, se encuentra que hay una figura prototípica frente a la cual los tiempos de reacción son muy cortos. En los datos recogidos por ella, es el petirrojo el que los suscita, mientras que ante individuos que no reúnen todos esos rasgos, como los pingüinos, los tiempos de reacción son más prolongados.

Los términos genéricos serían la base para el aprendizaje de las palabras abstractas en etapas posteriores. Lo que un niño aprende es asociar un conjunto muy completo de rasgos sensoriales discriminativos de un individuo con un nombre propio ("Fido", para el complejo de estímulos identificatorios del perro de la casa). Un conjunto menor de rasgos comunes a varios individuos integrantes de una especie se asocia a los nombres genéricos ("perro", para estímulos comunes a los perros de todas las razas). Para las palabras de carácter abstracto, la asociación no se hace con rasgos sensoriales sino con un conjunto de otras palabras mediante las cuales pueda hacerse una definición puramente verbal.

LAS HOLOFRASES

Se dice también que las primeras palabras en realidad no designan objetos sino que son signos taquigráficos que reúnen designaciones de objetos, deseos del niño o demandas hechas a sus padres. Por ese motivo, esas primeras palabras fueron denominadas holo frases, pues en lugar de ser una sola palabra forman una frase completa. Así, la palabra "leche" en la fase holofrástica del aprendizaje del lenguaje, servirá para expresar el deseo de tomar la leche y significará, en realidad, "dame o quiero leche".

DESCUBRIMIENTO DE PALABRAS EN EL FLUJO DE PALABRAS DEL ADULTO

Dos procesos están presentes en la adquisición de las primeras palabras. El primero está relacionado con la discriminación de los sonidos del lenguaje del adulto, el otro, con la posibilidad de llevar a cabo articulaciones sucesivas que involucran obstrucciones del flujo de aire en distintos puntos del aparato fonador. Las discriminaciones del habla adulta implican varios problemas. Los padres intentan asociar los estímulos del entorno del niño con las palabras que sirven para designarlos, pero cuando se dirigen a sus hijos no lo hacen sólo usando palabras aisladas sino que formulan oraciones, un tanto simples, pero a fin de cuentas producen corrientes sonoras que para el oído infantil no se encuentran segmentadas. De hecho, en la percepción adulta del habla las segmentaciones son ilusiones perceptuales, es decir, los cortes que parecerían presentarse entre palabra y palabra durante la pronunciación de un enunciado, en realidad no existen. Cuando se habla, sólo se hacen pausas en ciertas transiciones entre un sintagma y otro, o cuando se hace énfasis en algún vocablo, pero no entre una palabra y la siguiente.

A fin de que el niño aprenda a segmentar el flujo del habla y así encontrar las palabras constituyentes de un enunciado o descubrir ciertos afijos en las palabras, necesita percatarse de que en la melodía del lenguaje se dan ciertas acentuaciones que representan inicios o finales de palabras según los patrones acentuales de cada lengua. Las primeras palabras van entonces estableciéndose tanto a partir de la pronunciación por parte del adulto de palabras aisladas como de una gradual segmentación discriminativa del habla de los padres resultado del descubrimiento de patrones acentuales y de repeticiones de ciertos términos.

CLASIFICACIÓN DE LAS PRIMERAS PALABRAS INFANTILES

Nelson clasificó las primeras palabras pronunciadas por los niños en seis categorías: 1) nominales específicas, que corresponden a las palabras sustantivas de Bloom; 2) nominales genéricas, las cuales sirven para designar a los miembros de una categoría general; 3) palabras de acción, todas aquellas referidas a peticiones o acciones en curso de desarrollo o ya terminadas; 4) modificadores, empleadas para describir algún rasgo o cualidad de un objeto o fenómeno, como, "grande", "feo", "sucio"; 5) personales-sociales como "adiós" y "hola" y, por último, 6) palabras función o funtores, utilizadas para establecer relaciones gramaticales.

Dentro de las primeras 50 palabras producidas por el niño el mayor porcentaje correspondió a las nominales genéricas (51%), luego le siguieron en proporción las nominales específicas (14%) y después las palabras de acción (13%). El resto de las categorías en las que Nelson clasificó las palabras tuvo porcentajes sumamente bajos, alcanzando sólo 4% las palabras función. Por cierto, la distribución de los distintos tipos de palabras es diferente según se trate del vocabulario de comprensión o del de producción. Las palabras más frecuentes en el vocabulario de comprensión son las de acción. El niño sigue más fácilmente las verbalizaciones maternas conativas que las referenciales. La producción de palabras del niño muestra, por otra parte, que su vocabulario se carga más hacia los nominativos, aunque hay niños que por ser predominantemente fáticos emplean más palabras de tipo personal social. El vocabulario de comprensión es más extenso que el de producción. Incluso antes de producir la primera palabra el niño atiende y sigue, mediante la realización de las conductas apropiadas, las indicaciones de las palabras maternas, sean fáticas, conativas o referenciales.

SECUENCIAS EN LA ADQUISICIÓN DE SUSTANTIVOS, VERBOS, ADJETIVOS Y PALABRAS FUNCIÓN

La distribución encontrada por Nelson para las primeras palabras, con una predominancia de los sustantivos sobre otras categorías gramaticales, ha sido descubierta en varias lenguas europeas y ha llevado a considerar que el niño primero aprende sustantivos, en virtud de que hacen referencia a entidades estables con rasgos fáciles de discriminar. A este respecto, Clark señala haber encontrado una prevalencia de la forma como rasgo discriminativo, constatada porque la mayor parte de las sobreextensiones toman a la forma como estímulo distintivo para las designaciones equivocadas. Por ejemplo, el niño ve la Luna, aprende la palabra "luna" y luego la aplica a una moneda con un color diferente, es decir, el rasgo sobre el cual se realiza su sobreextensión viene a ser, en este caso, la forma redondeada tanto de la Luna como de la moneda.

La explicación propuesta en relación con el registro de un número limitado de verbos en el primer vocabulario infantil menciona el carácter transitorio de las acciones y la dificultad para distinguir cuál es el objeto de la referencia. Un ejemplo, es el verbo verter, que no necesariamente está presente en el aprendizaje infantil de las primeras palabras, pero que se utilizará aquí para mostrar lo complejo de la situación discriminativa. El verbo "verter", en una situación ostensiva compuesta por una jarra de la que se vierte leche a un vaso, presenta las siguientes incertidumbres asociativas: ¿se refiere a la jarra, a la leche, al vaso o a la caída de la leche hacia el vaso? Si el problema se enfoca desde el punto de vista psicofisiológico, resultaría que el estímulo más sobresaliente en esas condiciones es el movimiento de la leche, pues los receptores que captan el movimiento son los más primitivos en el *filum* animal. En otras palabras, si uno se limitara a los factores estrictamente biológicos, los verbos deberían aprenderse primero, antes que los sustantivos, para los cuales además es necesario un proceso de integración de rasgos para poder formar el objeto de la percepción o, en términos de Pavlov, su estereotipo dinámico.

No obstante, los hallazgos en la investigación sobre adquisición del lenguaje van en sentido contrario y, por ese motivo, Bates ha señalado tres etapas en el desarrollo infantil del lenguaje: primero adquisición de sustantivos, después aparición de los predicados,

adjetivos y verbos y finalmente aprendizaje de las palabras función, también llamadas palabras de clase cerrada. Caselli agrega una etapa más a las propuestas por Bates, la de las palabras sociopragmáticas y lúdicas, la cual antecede a las referenciales o de los sustantivos. Según este autor el umbral que debe traspasarse para manejar las palabras función se encuentra en el punto en que se han adquirido alrededor de 400 palabras, en virtud de que en ese momento ocurre una especie de necesidad para relacionar las palabras contenido previamente aprendidas. Según O'Grady el aprendizaje inicial de los sustantivos se debe a que son elementos primarios —entidades que perceptualmente tienen autonomía—, mientras que los predicados son de naturaleza secundaria pues dependen de los elementos primarios y las palabras función deben considerarse como terciarias por depender de relaciones establecidas con los otros elementos.

Según O'Grady, los verbos son más difíciles de aprender pues demandan el establecimiento de relaciones, es decir, para que el niño logre referirse a las acciones, debe asociarlas al individuo que las ejecuta o al objeto que adquiere un movimiento o sufre un cambio. Si esto fuera así, es evidente que las referencias realizadas con los verbos resultarían evidentemente más complicadas que las designaciones hechas a los objetos. Alcaraz y Martínez Casas consideran que la discriminación tanto de objetos como de acciones implica integraciones perceptuales. Una de las primeras palabras aprendidas por los niños se refiere a un cambio que les divierte mucho en diversos juegos sostenidos con su madre. Se trata del ocultamiento de un objeto y luego su reaparición. Al desaparecer el objeto el niño aprende a decir “no tá” (no está) o “fé-fé” (se fue) (“a gone” “all gone”, en inglés), lo que en la lengua adulta implica dos palabras (para hacer referencia a una relación), mientras que en la pronunciación infantil, generalmente, constituye sólo una, con la cual se denomina un simple cambio. De cualquier manera, aun cuando se ha descubierto que son los sustantivos los que primero se aprenden, el movimiento, junto con la forma y el color, es un rasgo sobresaliente y, a fin de cuentas, las primeras palabras son aprendidas primero frente a objetos que se mueven (personas, animales o vehículos).

En realidad, el aprendizaje inicial de sustantivos es un producto cultural, no puede atribuirse a un factor de simpleza de esa clase de designaciones, pues llegan a ser tan difíciles como las de los verbos. Las madres de clase media en la cultura occidental tienden a mostrar objetos a sus hijos y a designarlos. Acostumbran, además (como lo ha descrito Bruner), utilizar libros infantiles con imágenes, las cuales son presentadas a los niños junto con la correspondiente designación.

En las investigaciones de Alcaraz y Martínez Casas se ha encontrado un patrón diferente. En la etnia otomí se descubrió una predominancia de los verbos sobre los sustantivos en los primeros vocabularios infantiles. Ese hallazgo es semejante al obtenido por diversos estudiosos de los procesos de adquisición en las lenguas aborígenes de México o en las lenguas orientales. En éstas, por cierto, existe una tendencia general a realizar designaciones más dinámicas. Incluso los adjetivos, más que referirse a rasgos constantes de los objetos, hacen referencia a un proceso. Un adjetivo de color, por ejemplo, “verde”, tiene más bien el sentido de que algo se convierte en verde y no alude a una cualidad estática de un objeto. Una ilustración muy clara de lo anterior se encuentra en la palabra otomí para ese adjetivo, “nk'ants'i”, cuyo significado es “convertirse en verde claro”. Esa misma palabra se emplea para referirse a la primavera mediante el agregado de un marcador de sustantivo, el vocablo “ar”, para así decir “ar nk'ants'i”, que puede traducirse como “lo que se hace verde”.

ETAPAS EN EL DESARROLLO DE LAS VOCALIZACIONES

El vocabulario infantil inicial se limita a referencias realizadas en el aquí y ahora, determinadas por las necesidades surgidas en la interacción. Consecuentemente está compuesto por los términos usados para dar cuenta de los estímulos que conforman el entorno del niño: comidas, partes del cuerpo, personas, animales, vehículos, juguetes y objetos caseiros, conductas de uno u otro miembro de la díada y cambios ocurridos en el ambiente. Ese léxico se aprende primero en forma lenta y progresiva, pero hay un momento, cuando llega a tener alrededor de 50 palabras, en que el ritmo de adquisición de nuevas palabras aumenta de manera brusca. Por ese motivo se conoce a ese periodo como el de la explosión del vocabulario. Esto sucede entre los 18 y 20 meses de edad. Al alcanzarse esa especie de umbral empiezan, además, a combinarse las palabras. Al principio solamente dos palabras son pronunciadas en secuencia. Por lo general una de ellas es un nominal y la otra se refiere a una acción, un deseo o a una expresión fática. Luego serán tres las palabras producidas por el niño, en un lenguaje que tendrá una forma telegráfica y, finalmente, principiarán a elaborarse enunciados en los que para unir las palabras contenido (sustantivos, verbos y adjetivos) será necesario el uso de palabras relacionales o palabras función.

A continuación se presentan en forma esquemática las distintas etapas descubiertas en el desarrollo de las vocalizaciones:

1. Gorgoritos.
2. Balbuceo canónico en la que se dan producciones fonemáticas reduplicadas.
3. Holofrástica, en que las palabras se utilizan a manera de frases para expresar al mismo tiempo demandas y referencias a los objetos deseados.
4. Palabras aisladas.
5. Series de palabras aisladas, donde cada palabra es evocada por una sucesión de situaciones relacionadas. Bloom a quien se debe la propuesta de esta etapa, pone el siguiente ejemplo: su hija de 16 meses y 3 semanas toma una vaca de juguete que estaba abajo de una silla y repite tres veces la palabra “vaca”, al observarla, tomarla y levantarla. Luego pronuncia “silla” dos veces, al intentar colocarla en la silla y ponerla sobre sus patas traseras y finalmente dice “mamá” para pedir ayuda a su madre.
6. Series holísticas, en la que cada palabra dentro de la serie se refiere a la misma actividad. Dicha etapa también ha sido propuesta por Bloom y la ilustra de este modo: a los 20 meses y 3 semanas su hija dice “arriba” con su abrigo puesto, en tanto señala su cuello. La madre le pregunta “¿Qué?”, y ella contesta; “cuello”. Ante el cuestionamiento de la madre sobre qué es lo que tiene en el cuello, la niña contesta “zip”, indicando con un gesto que desea se le suba la cremallera del abrigo para cubrirse el cuello.
7. Combinación de dos palabras.
8. Combinación de varias palabras (etapa del lenguaje telegráfico).
9. Estructuración sintáctica.

GRAMÁTICA PIVOTE EN LAS PRIMERAS COMBINACIONES DE DOS PALABRAS Y FORMACIÓN DE CADENAS DE MARKOV

Mediante un análisis distribucional de muestras del lenguaje infantil en la etapa de la combinación de dos palabras, Braine describió que existían ciertas regularidades en las

combinaciones realizadas. Llamó gramática pivote a esas formas de combinar las primeras palabras, pues encontró que una palabra que por lo general se repetía en diversas pronunciaciones servía de centro asociativo a otras palabras que variaban ampliamente.

Las producciones infantiles conformadas del modo descrito por Braine toman entonces una palabra como "dame", "cayó", "más" u otras por el estilo, como una especie de pivote para otras palabras designadas con el término de palabras de clase abierta. De modo que se tienen pronunciaciones como "dame agua", "dame leche", "dame dulce", "bebé cayó", "oso cayó", "dulce cayó", "más dulce", "más leche", etc. así como pronunciaciones formuladas en el orden inverso, en las que la palabra pivote se coloca después de la otra.

La descripción de Braine sirve para entender cómo se forman los lazos asociativos que después permitirán la ordenación sintáctica, pues las diferentes palabras del lenguaje se convierten en núcleos capaces de evocar un sinnúmero de otras más. Cuando el niño esté en posibilidad de manejar oraciones con diversas palabras, se notará que cada palabra en el curso de la secuencia podrá abrir un campo de probabilidades para que otras le sigan. Además, ese campo de probabilidades se verá restringido para cada enunciación por ciertos aspectos del contexto, por los reforzamientos otorgados por el escucha y por restricciones aprendidas respecto a las secuencias inadmisibles. Se conoce como gramática de cadenas de Markov la que intenta explicar la construcción sintáctica de esa manera.

Muchas críticas se le han formulado al enfoque de las cadenas de Markov pues se dice que la construcción de oraciones no siempre va en un orden secuencial, en donde cada una de las palabras suscite la siguiente, sino que a veces el análisis hace ver que una palabra antecedente fue en realidad evocada por la subsecuente, como sucede con los artículos que determinan a los sustantivos. Plantear que cada pronunciación lleva en forma asociativa a la siguiente es describir lo que en patología se denomina fuga de ideas. Para aceptar la propuesta de cadenas de Markov es necesario proponer un núcleo para todas las oraciones. Dicho núcleo es el tema del cual se va hablar.

El tema de una oración suele suscitar sus correspondientes predicados o lo que se conoce como sus especificaciones o determinantes, entre las cuales se encuentra el uso de un artículo, sea definido o indefinido, concordante en género con el sustantivo que constituye el tema. Del mismo modo, se hace necesario indicar las cualidades que definen a ese sustantivo, así como las acciones que puedan atribuírsele y los objetos o entes sobre los que dichas acciones puedan recaer. También se requieren concordancias entre todas esas palabras. El núcleo de la oración es casi siempre evocado, en el adulto, como una actividad sensorial condicionada o subvocalmente. En lenguaje coloquial la actividad sensorial condicionada es una evocación imaginativa del objeto o persona que son el tema de la comunicación. Cuando se describe a alguien y se dice "tiene pelo negro, ojos azules y nariz recta" se acude a memoraciones de los rasgos de esa persona. En el caso de la pronunciación subvocal, ésta puede ser la articulación del nombre de la persona.

En estudios electrofisiológicos realizados por el autor con Ana Eugenia Díaz de León, se descubrieron brotes electromiográficos indicadores de pronunciaciones subvocales en ciertos puntos durante la enumeración de rasgos de objetos descritos de memoria, e incluso se registraron movimientos oculares en algunos puntos de transición de las relaciones hechas sobre las características de dichos objetos, las cuales fueron consideradas por nosotros como muestras de la actividad sensorial memorativa. La pronunciación subvocal del tema abre, entonces, el campo asociativo que le corresponde y permite seleccionar las palabras especificativas antecedentes o subsecuentes. En la

pronunciación en voz alta se coloca el tema en el lugar que más convenga, antes o después de los determinantes, sobre la base de la suma de estímulos que recibe el hablante. Esa suma de estímulos está conformada por las restricciones que se necesitan aplicar a la selección de una palabra dentro del campo de probabilidades suscitado por el núcleo temático. Ya se mencionaron algunas de tales restricciones, aprendidas gracias al efecto de los reforzamientos proporcionados durante la interacción lingüística ante la aparición de ciertas palabras. En esas condiciones se aprende que deben pronunciarse, o no, ciertas palabras frente a un conjunto de estímulos discriminativos presentes en los contextos físico (los estímulos a los que se hace referencia), lingüístico (las palabras antes pronunciadas) e interactivo (las reacciones del escucha a lo dicho por el hablante).

LA ESTRUCTURACIÓN DE LAS ORACIONES. HIPÓTESIS SOBRE EL APRENDIZAJE DEL ORDEN SINTÁCTICO

Quienes estudian la adquisición de las ordenaciones sintácticas plantean que el niño deduce reglas gramaticales de las regularidades presentes en el lenguaje de los adultos y, gracias a ello, adquiere la capacidad de construir toda clase de nuevas oraciones. Otros autores señalan que el niño aprende a establecer el orden en las oraciones, en virtud de que logra discriminar ciertos indicios morfológicos de las palabras que utiliza como señal, para formar los encadenamientos de respuesta que constituyen los actos verbales integrantes de un enunciado.

Hay autores que suponen que en el aprendizaje de la sintaxis el niño primero determina ciertas categorías léxicas que posteriormente le servirán para determinar las categorías gramaticales. A esta hipótesis se le conoce como la del *calzador semántico* (*semantic bootstrapping*). MacNamara y Katz dicen al respecto que, por ejemplo, el niño primero aprende a distinguir los nombres propios de los genéricos y ese aprendizaje le conduce a encontrar que los nombres genéricos llevan un marcaje consistente en el agregado de un artículo.

Una posición distinta es la que sustenta que el niño descubre más bien las funciones temáticas jugados por los verbos, es decir, establece el agente, o el agente y el paciente de la acción. Conforme a esta hipótesis, llamada del *calzador sintáctico* (*syntactic bootstrapping*) el niño encuentra que hay verbos causativos cuando aparecen en una estructura transitiva con dos sustantivos a ambos lados (Pedro besa a María) y se da cuenta que hay otros verbos de carácter intransitivo o no causativos que sólo tienen un sustantivo precediéndoles (Pedro duerme). Con ese conocimiento adquiere la capacidad de hacer las ordenaciones sintácticas, habiéndole bastado ubicar el lugar ocupado por el verbo en la oración.

APRENDIZAJE DE FUNCTORES O PALABRAS FUNCIÓN

La adquisición de los componentes sintácticos del lenguaje parece empezar incluso en la etapa de las palabras aisladas cuando en ciertas designaciones se mezcla la referencia con alguna acción ejecutada sobre el objeto referido. De esta manera, si el niño toma un juguete y lo nombra parecería que el acto de nombrar junto con el acto de tomar el objeto

constituyen lo que sería una primera gramática de tipo simpráxico, esto es, una relación entre praxis y nominación, la cual llevará a una sintaxis, una relación entre palabras. Scollon denomina construcciones verticales a las realizadas por los niños cuando nombran un objeto y al mismo tiempo implican con su designación un acto sobre lo designado. Para él, las construcciones lingüísticas del adulto serían horizontales, donde al formular una oración se establecen secuencias entre palabras. Si se toma como base de la integración estructural del lenguaje el modelo de las cadenas de Markov, modificado por la introducción de articulaciones subvocales, se hace evidente que en realidad la sintaxis comienza desde el momento en que se empiezan a combinar los fonemas para construir palabras.

La regularidad con la que se presenta la secuencia fonemática, constituyente de la raíz de la palabra, permite se integren estereotipos dinámicos que hacen referencia a los objetos o entes de la realidad. De ese modo se adquiere un patrón motor que será evocado por la aparición de los estímulos provenientes de los objetos. Si esos objetos necesitan ser determinados por el hablante, entonces este último indica qué cambios presentan, dónde están ubicados en el tiempo y el espacio, y cuáles son sus rasgos sobresalientes. Para ello necesita de nuevas pronunciaciones en la forma de afijos agregados a la raíz de la palabra, o bien de otras palabras que sirvan para referirse a los cambios y a las cualidades. Sin embargo, lo anterior no es suficiente, pues hace falta todavía ligar todas esas verbalizaciones mediante palabras de otro tipo, esto es, las palabras función o funtores.

El aprendizaje inicial de los sustantivos y luego el de los adjetivos y verbos establecerá, entonces, las condiciones para el uso de palabras que los relacionen. El simple nombrar no permite a hablante y oyente interactuar de manera del todo adecuada entre sí, o con los objetos de su entorno, o con aquellas cosas cuya aparición ocurrió antes o con las que se espera su presentación en el futuro. Son sobre todo los verbos, como ya se expuso, los que exigen el establecimiento de relaciones, dado que una acción requiere referirse a quien la ejecuta y a la cosa sobre la que el acto se realiza. Dadas esas circunstancias, presentes en las interacciones más complejas realizadas por los humanos, en las cuales no es suficiente observar pasivamente, sino que es necesario actuar sobre el medio y analizarlo para asegurar la conducta cooperativa, las palabras función jugarán un papel sumamente importante. De todos modos, la necesidad de usarlas se presentará de manera tardía, en la medida en que niño y adulto entrelacen más sus acciones y las dirijan, además, a los seres y objetos circundantes.

El aprendizaje de las palabras función puede, por otra parte, prolongarse bastante en el tiempo, según sea la complejidad de las relaciones que vayan a establecerse entre nominales, verbos y adjetivos. Así, en francés se ha encontrado que los niños aprenden un mayor número de palabras función a tasas más rápidas que en inglés, quizá porque este último idioma no tiene las exigencias morfológicas de otras lenguas. En turco, donde la morfología es muy complicada y las palabras función hacen referencia a relaciones entre varios aspectos dimensionales de los estímulos, ciertas palabras función son adquiridas muy tardíamente.

AFIJOS Y PALABRAS RELACIONALES

Tanto con afijos, morfemas agregados a las palabras, como con palabras relacionales, se establecen localizaciones temporales de los referentes, se determina si poseen o no ciertas

características, especificándose cual referente sufre cambios o lleva a cabo una acción, la forma como ésta se realiza y el momento en que se hace, además de muchas otras relaciones establecidas por los referentes entre sí. Mediante los afijos se señala el pasado (corr-*f*) o el futuro (corr-*eré*), o bien si una acción está en curso de realizarse (corr-*iendo*). También se especifica quién lleva a cabo un acto (corr-*o*, corr-*es*, corr-*e*), la ausencia o presencia de una característica, forma de ser o estado particular (color-*ido*, *in*-coloro, *in*-feliz, soñ-*oliento*), además de los cambios de estado (rojo, *en*-roj-*ecer*) o el género (gat-*o*, gat-*a*), la singularidad o el carácter plural de los objetos (gat-*o-s*), etc. Con el empleo de palabras relacionales es posible establecer los momentos de ocurrencia de algo (ahora, ayer), su lugar en el espacio (en, fuera, dentro), la posesión (de), la situación espacial (entre), etc.

Cada lengua utiliza recursos diferentes y establece relaciones distintas; por ejemplo, la disposición espacial de los objetos es referida en muy diversas formas. Así, puede determinarse que un objeto en relación con otro se encuentra simplemente a su lado o si ese contacto entre ellos necesita además de apoyo. En español, la palabra *sobre* ilustraría esto último. También la palabra *en* se refiere tanto a esa relación en la cual un objeto se apoya en otro, como al hecho de estar simplemente en algún lugar sin determinar la condición en la que se encuentra el objeto referido. En inglés *in* implica "estar dentro" y no puede utilizarse (como su equivalente en español) para indicar que una cosa está sobre de otra, siendo necesario para describir dicha circunstancia el término *on*. En coreano poner dentro, sobre, o reunir dos cosas en unión estrecha, es designado con una sola palabra, "*kki-ta*", la cual se utiliza para referirse a un anillo puesto en un dedo, una mano dentro de un guante o el ensamble de dos piezas, pero no puede emplearse para poner algo dentro de un recipiente si no se encuentra estrechamente encajado. La relación existente entre un juguete dentro de una caja o la del mantel sobre la mesa no puede describirse utilizando *kki-ta*.

Los ejemplos anteriores hacen notar que si en cada lengua las palabras función toman en cuenta distintos tipos de relaciones, el aprendizaje de los términos correspondientes se efectuará a diversas velocidades y en tiempos diferentes, pues en cada caso el niño necesitará manejar muy variados aspectos dimensionales de espacio, tiempo, características definitorias de los entes o la forma en que ocurren las acciones. Eve V. Clark, de quien fueron tomados los ejemplos anteriores, señala que el aprendizaje de las palabras función depende de las dimensiones que se tomen en cuenta de la realidad cuando el niño intente establecer relaciones. Según Clark, primero se aprenderá el término que implica menos dimensiones.

Slobin ha comprobado lo anterior en lo referente a los locativos, así como las diferencias encontradas entre idiomas. Los niños en general aprenden *sobre* antes que *debajo*, posteriormente manejan la relación de *al lado* y después la referida por la palabra *adelante* para entes que tienen un frente inherente (como el frente de una casa, la cara o el hocico de los animales). *Detrás* es aprendido más tarde. En italiano, el concepto de *entre* aparece primero que en inglés, pero en turco resulta más difícil que en los dos idiomas mencionados. Por último, se adquieren las palabras *adelante* y *atrás* para objetos sin frentes inherentes.

El hecho de que la complejidad fonológica no sea el factor principal para determinar los tiempos en que ocurren los aprendizajes de las palabras o morfemas función, queda suficientemente claro cuando se analiza el hecho de que en inglés el morfema /s/ puede referirse al plural, al posesivo o a la tercera persona del presente y, sin embargo,

no se aprenden los tres al mismo tiempo. El plural resulta más fácil y son más tardíos el posesivo con /s/ y la tercera personal del singular.

ETAPAS EN EL DESARROLLO DE LA SINTAXIS

Como colofón y para presentar de manera esquemática el proceso que se sigue al aprender la construcción sintáctica, se puede decir que el niño pasa por las siguientes etapas, las cuales complementan la relación antes presentada sobre los estadios del desarrollo vocal:

1. La construcción de la palabra a través de la integración de sus fonemas constituyentes para constituir su estereotipo dinámico.
2. La simple yuxtaposición de dos palabras.
3. El lenguaje telegráfico con tres constituyentes (sujeto-verbo-objeto).
4. Expansión de alguno de los constituyentes de la frase a lo que Bloom llama desdoblamiento (sujeto con adjetivo-verbo-objeto).
5. Uso de marcadores fonológicos o morfemas flexivos⁸ que, por cierto, lleva a sobreregularizaciones, pues algunas construcciones irregulares son regularizadas con el empleo de la flexión prototípica (el niño dice "rompido" en vez de "roto")⁹ así como empleo de morfemas derivacionales.¹⁰

Adquiridas las palabras función se alcanza el manejo más completo de la conducta verbal. El proceso dura toda la vida, pues conforme pasan los años no sólo se hace uso de estructuraciones más complejas, sino también aumenta la fluidez, al consolidarse cierto tipo de asociaciones entre los elementos constitutivos del lenguaje. Además, el comportamiento lingüístico gana en autonomía, deja de estar estrechamente ligado al aquí y ahora, y a las referencias concretas a los estímulos que se encuentran en el entorno inmediato; rompe sus amarras con el tiempo presente y adquiere grados de abstracción que permiten jugar con los sentidos de las palabras en la ironía, romper con ciertas secuencias asociativas y dar giros inesperados en el chiste, hacer las generalizaciones propias de la ciencia o elaborar las ficciones de la literatura.

⁸ Como ejemplos podría citarse en los sustantivos y adjetivos, los morfemas de género (a y o), de número (s) y en los verbos, los morfemas de modo (p. ej., el infinitivo ar, er ir) y de persona (corr-o, corr-es, corr-e)

⁹ Las sobreregularizaciones no se dan en un principio, pues el niño primero aprende la construcción irregular y sólo después empieza a regularizarla de manera equivocada, cuando adquiere la flexión prototípica.

¹⁰ A manera de ilustración, en español se tiene el proceso de nominalización, en el que con el sufijo **ión** se convierte un verbo en un sustantivo (actuar se transforma en el sustantivo acción).

Héctor Martínez
y François Tonneau

Conducta humana compleja

ENFOQUES GENERALES

¿Qué significa que la conducta humana sea "compleja"? A veces, la noción de complejidad funciona más como una admisión de ignorancia que como una categoría científica. ¡Se dice que algo es "complejo" en la medida que no se le entiende! No obstante, la noción de complejidad puede también señalar diferencias reales entre los fenómenos que se intenta describir. Aunque esta noción no tiene ninguna definición universalmente aceptada, un sistema parece más "complejo" que otro cuando sus componentes y las relaciones entre sus elementos son más variados.

En la figura 7-1, por ejemplo, el sistema A parece sencillo: cuenta con dos elementos del mismo tipo (círculos) conectados por una sola relación (línea). El sistema B es intuitivamente más complejo, pues cuenta con una variedad mayor de tipos de elementos y de relaciones entre estos elementos. El sistema C, además, está organizado de manera jerárquica. Sus elementos componen entidades (cuadros) más o menos inclusivas, y las relaciones dentro del sistema incluyen estas entidades integradas. La mayoría de las entidades biológicas, por ejemplo, pueden ser descritas de manera jerárquica, de la célula al ecosistema.

En psicología, la manera más apropiada de describir los fenómenos de interés ha sido muy controvertida (¡lamentablemente para los estudiantes, en psicología siempre hay controversias!). Los criterios de complejidad ilustrados en la figura 7-1 pueden ser aplicados al ambiente, a la conducta, y a las *relaciones* entre ambiente y conducta. Dos corrientes influyentes dentro de la psicología, el *conductismo* y la psicología *cognoscitiva*, habitualmente han hecho hincapié sobre diferentes niveles de complejidad de estas relaciones.

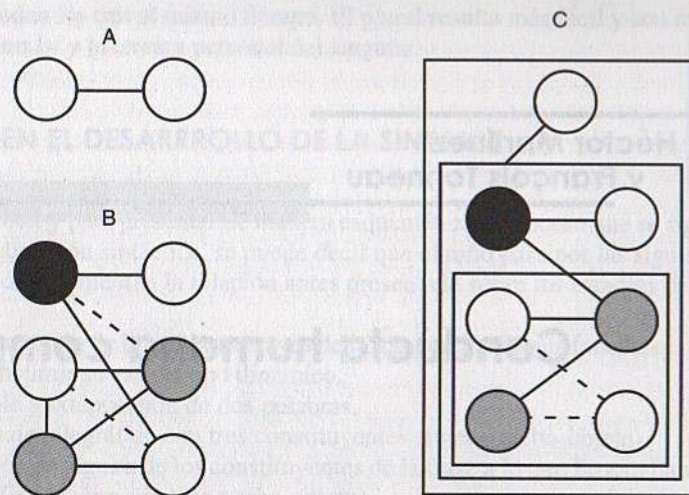


Figura 7-1. Tres sistemas con varios grados de complejidad. Intuitivamente, el sistema A es el más sencillo de los tres. En comparación, el sistema B cuenta con una variedad mayor de tipos de elementos (círculos) y de relaciones entre ellos (líneas). C incluye además una dimensión jerárquica: sus elementos están integrados en entidades (cuadros) progresivamente más inclusivas.

Al inicio del siglo veinte, el *conductismo* (tradicionalmente atribuido a John B. Watson, 1913) rompió con la tradición filosófica de la introspección y propuso definir a la psicología como la ciencia de la conducta. Las herramientas tradicionales del conductismo han incluido al condicionamiento clásico, descubierto por el fisiólogo ruso Pavlov, y al condicionamiento operante o instrumental, desarrollado principalmente por Skinner (véase capítulo 4). El condicionamiento puede involucrar antecedentes o consecuencias de la conducta, pero siempre supone un control estrecho del ambiente con estímulos y respuestas bien definidas. Por consiguiente muchos estudios en esta área han sido asociados con niveles “bajos” de complejidad psicológica y tareas repetitivas o sencillas.

La insatisfacción de muchos psicólogos con este tipo de enfoque ha precipitado el surgimiento de una corriente *cognoscitiva* que se dedica habitualmente al estudio de la memoria y del pensamiento en sujetos humanos. Los estudios correspondientes involucran partes complejas del ambiente (p. ej., una historia contada a un sujeto que tiene que memorizarla) y de la conducta (recordar la historia, contarla a otros). Esta diferencia de complejidad se refleja en los conceptos usados en psicología cognoscitiva. Los psicólogos conductistas suelen usar conceptos heredados de la física, la biología o la economía para describir el aprendizaje; por su parte, los psicólogos cognoscitivos han usado el modelo de la *computadora* para describir fenómenos complejos de memoria. En este capítulo, por ejemplo, se considera cómo la distinción entre memoria a corto y a largo plazo fue usada por psicólogos cognoscitivos para describir varios resultados experimentales.

La oposición tradicional entre las perspectivas conductista y cognoscitiva refleja diferencias de enfoques, métodos y complejidad en los fenómenos estudiados. Al mismo tiempo, dicha pugna desconoce una historia cambiante y mucho más complicada que la

de los libros de introducción a la psicología. Lo que alguna vez fue llamado conductismo o psicología cognoscitiva, por ejemplo, ha incluido y sigue incluyendo una gran variedad de corrientes; y las convergencias más interesantes no están siempre donde las etiquetas superficiales parecen indicar. Ya Tolman (1932) usaba de manera apropiada el concepto de “cognición” para describir un conjunto de relaciones entre ambiente y conducta: la rata de Tolman “sabía” algo del laberinto donde se trasladaba en la medida que su traslado estaba *ajustado* a la organización espacial del laberinto (y, de hecho, la conducta de la rata se desorganizaba cuando dicha forma cambiaba de un día a otro). Los estudios de Tolman, y otros después, implicaban obviamente varios niveles de complejidad en tiempo y espacio. Hoy día muchos psicólogos, tanto conductistas como cognoscitivos, reconocen la necesidad de tomar en cuenta organizaciones complejas en el ambiente y la conducta.

De manera semejante, el término “aprendizaje” ha sido tradicionalmente asociado con el conductismo y el de “memoria” con la psicología cognoscitiva, pero ambas palabras describen realidades muy cercanas. ¿Cuáles son las condiciones mínimas para hablar de aprendizaje? Al menos debe haber un episodio A donde un sujeto interactúa con su ambiente, y uno posterior, B, donde su conducta cambia en función de la interacción previa con A (figura 7-2). Estas condiciones (A, y B después de una demora) son las mismas que aluden a la memoria. La única diferencia es que la noción de memoria hace hincapié sobre el *contexto temporal* de la interacción actual B.

Desde esta perspectiva, el concepto de memoria no describe una casilla o un lugar hipotético dentro del cerebro, sino el simple hecho de que la conducta depende de rasgos del ambiente extendidos en tiempo (figura 7-2). Uno no habla de memoria para describir una respuesta sencilla a un estímulo aislado, sino cuando la conducta depende de una *secuencia* de eventos a lo largo del tiempo: A, B, etc. Dicha secuencia puede ser muy corta (empezando algunos segundos antes) o muy larga (incluyendo eventos de la infancia), pero tiene que existir si se ha de considerar que está involucrada la memoria.

Independientemente de las controversias teóricas, varias perspectivas han sido útiles para describir este tipo de secuencia a un nivel adecuado de complejidad. En este capítulo se toman en cuenta los hallazgos logrados dentro de perspectivas conductuales y cognoscitivas a un nivel muy básico. Es importante destacar que es *el mismo sujeto* quien participa en estudios conductistas de “aprendizaje complejo” y estudios cognoscitivos de “memoria”. Así que, a pesar de diferencias en el enfoque, los descubri-

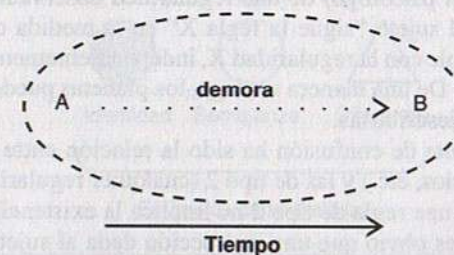


Figura 7-2. Situación mínima para hablar de “aprendizaje” o “memoria”. En ella se incluyen por lo menos dos episodios (A y B) separados por una demora. El tiempo fluye de izquierda a derecha.

mientos empíricos vinculados con estas dos tradiciones (y otras) tendrán tarde o temprano que caber en un cuadro unitario.

El estudio de la conducta humana tiene un interés teórico general, al igual que el de otras especies, pero posee también sus particularidades. Un tema general de controversia (¡otra vez!) ha sido el de las semejanzas y diferencias entre conducta humana y animal. Desde la perspectiva de la teoría de la evolución, todas las especies actuales son ramas terminales de un árbol gigantesco de ascendencia y modificación (por selección natural y otros factores) a partir de un ancestro común. El *Homo sapiens* no se encuentra en el último peldaño de una escala mítica de perfección, pues los árboles, al contrario de las escaleras, no tienen escalones. Cada especie muestra adaptaciones diferentes de las de sus vecinas en el árbol, y también semejanzas. De hecho, la evolución biológica demuestra un alto grado de conservación, por lo cual invenciones muy viejas se encuentran dispersas en muchas ramas actuales de este "árbol".

Un candidato obvio para diferenciar la conducta humana de la de otras especies es el *lenguaje*. Nadie duda de la existencia del lenguaje como resultado, pero no queda claro hasta qué punto la conducta verbal implica *procesos* diferentes de la no verbal. Existen en la literatura muchas opiniones sobre la continuidad, o la falta de ella, entre conductas verbales y no verbales. Además, se encuentran opiniones radicalmente opuestas tanto dentro del conductismo actual como dentro de la psicología cognoscitiva. Ante tales condiciones, la actitud más prudente consiste, quizá, en estudiar las relaciones entre conductas verbales y no verbales sin prejuicio, y obtener datos en las condiciones lo más variadas posible.

Los usos del concepto de *regla* en psicología han creado mucha confusión acerca del lenguaje y su función. Cuando psicólogos conductistas hablan de "reglas", habitualmente se refieren a las instrucciones que se dan a un sujeto al inicio de un experimento, o de sus propias verbalizaciones a lo largo de la tarea. En este sentido, el concepto de regla es exclusivamente verbal. Sin embargo, varios psicólogos lo emplean de manera mucho más general, para describir cualquier tipo de regularidad abstracta en la conducta de sus sujetos. Por ejemplo, si un sujeto siempre elige la misma respuesta después de recibir un punto, pero cambia sistemáticamente de opción en la ausencia de puntos, uno puede decir que el sujeto sigue la regla: "repetir su última respuesta después de un punto; cambiar de respuesta si uno no recibe nada". Más generalmente, un sujeto que responde de tal manera que maximice sus ganancias puede ser visto como "siguiendo" una regla de optimización. No obstante, en estos últimos casos la "regla" no es más que una descripción (realizada por el psicólogo) de una regularidad observada en la conducta del sujeto. Por definición, el sujeto "sigue la regla X" en la medida que su conducta sea consistente con X o cumple con la regularidad X, independientemente de que pueda o no describir X verbalmente. De una manera análoga, los planetas pueden "seguir" las leyes de Kepler sin tener que describir las.

Una fuente persistente de confusión ha sido la relación entre las reglas de tipo 1 (instrucciones, comentarios, etc.) y las de tipo 2 (cualquier regularidad en la conducta). La mera observación de una regla de tipo 2 no implica la existencia subyacente de una regla de tipo 1, aunque es obvio que una instrucción dada al sujeto (tipo 1) puede ser responsable de regularidades observadas posteriormente (tipo 2). El hecho que un sujeto pueda observar las regularidades de su propia conducta (tipo 2) y después describirlas (tipo 1) complica la interpretación de muchos datos en psicología humana.

METODOLOGÍA

Los fenómenos de aprendizaje y memoria humanos han sido estudiados en el laboratorio a diferentes niveles de complejidad. El uso del laboratorio para lograr información básica y comprobar varias teorías constituye una vieja tradición de la psicología (empezando a finales del siglo XIX, cuando se constituyó como disciplina independiente), y aún es una fuente importante de información sobre el aprendizaje y la memoria.

Este capítulo hace hincapié sobre los métodos experimentales, pero vale la pena recordar que experimentar constituye solamente una manera entre otras de hacer investigación (una ciencia como la astronomía, por ejemplo, se desarrolló sobre la base de cuidadosas observaciones de fenómenos naturales y no de experimentos). El método experimental tiene sus ventajas y desventajas en comparación con la observación en ambientes naturales o casi naturales. Los críticos señalan la artificialidad de muchas situaciones experimentales y la posible falta de generalización de los resultados a la vida cotidiana (véase más adelante). Por otra parte, el método experimental permite un control preciso de las variables de interés.

Este control empieza con el lugar donde el experimento se lleva a cabo. Tradicionalmente se usa un cuarto cerrado y aislado de distracciones, como ruidos externos o ventanas (de vez en cuando se pide también a los participantes que dejen su reloj afuera del cuarto experimental). El empleo de computadoras permite un registro automático de las respuestas del sujeto y la presentación controlada de estímulos visuales o auditivos en tiempo continuo o a lo largo de varios ensayos. La figura 7-3 muestra un ejemplo de arreglo de estímulos en una tarea de *igualación de la muestra*, que es muy utilizada en estudios con sujetos humanos dentro de una perspectiva conductista.

En cada ensayo de una tarea de igualación a la muestra, uno presenta al sujeto un estímulo "muestra" (el círculo gris arriba en la figura 7-3) y otros estímulos llamados de comparación o *comparativos* (los tres estímulos geométricos abajo en la figura 7-3). El sujeto tiene que elegir uno de esos, pero qué estímulo comparativo elegir depende del

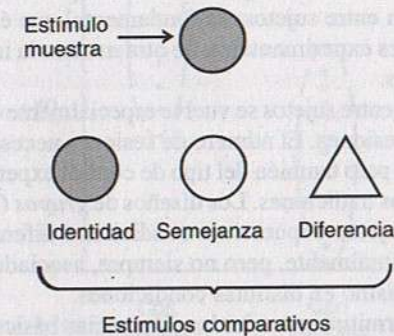


Figura 7-3. Ejemplo de arreglo de estímulos en igualación a la muestra. En cada ensayo de la tarea, el sujeto tiene que elegir uno de los estímulos comparativos. La respuesta correcta depende del estímulo muestra.

estímulo muestra según relaciones más o menos complejas. En el ejemplo sencillo de la figura 7-3, el estímulo comparativo de la izquierda es idéntico en color y forma al estímulo muestra (relación de identidad); el estímulo comparativo del centro es idéntico en forma, pero diferente en color (relación de semejanza) y, finalmente, el estímulo comparativo de la derecha es diferente en forma y color (relación de diferencia). El experimentador decide que relación entrenar. Una vez que el sujeto es entrenado a elegir un estímulo comparativo según cierta relación (p. ej., la relación de identidad), uno puede probar la *transferencia* de sus respuestas a nuevos estímulos —por ejemplo, un imagen de guitarra como muestra e imágenes de una guitarra, un piano y un mango como estímulos comparativos—. A un nivel sencillo como el de la figura 7-3, las tareas de igualación a la muestra son muy útiles para enseñar a niños con retraso mental conceptos de identidad, de diferencia, etc. No obstante, las relaciones enseñadas pueden ser mucho más complejas.

Aparte de los estímulos, un experimento con sujetos humanos casi siempre usa *instrucciones*. De hecho, de vez en cuando las instrucciones mismas son parte del diseño experimental, cuya meta consiste en comprobar el efecto de uno u otro tipo de instrucción sobre el desempeño de los participantes. Aun cuando el experimento no se enfoca sobre este tipo de efecto, el uso de instrucciones generales sigue siendo necesario para indicar al sujeto lo que tiene que hacer durante el experimento (p. ej., mirar los estímulos con cuidado, elegir una tecla entre otras, etc.). Estas instrucciones deben ser diseñadas con mucho cuidado, evitando las alusiones más específicas que podrían sesgar la ejecución del sujeto en un sentido o en otro. Cuando éste hace preguntas acerca de las instrucciones, la táctica habitual consiste en “responder” leyendo otra vez las porciones relevantes de la instrucciones (¿no parece muy educado pero suele funcionar!).

Los sujetos que participan también deben ser seleccionados con cuidado. Un problema general de la investigación con algunos sujetos consiste en determinar en qué medida los resultados son representativos de la población en general. El problema se torna más agudo cuando uno nota que muchos experimentos de psicología se llevan a cabo con estudiantes de psicología, quienes participan para lograr créditos en la universidad. Afortunadamente también se realizan tales experimentos con personas de otras características y ocupaciones (p. ej., niños y ancianos). Las diferencias de género, edad, y ocupación entre sujetos pueden ser precisamente lo que interesa el experimentador. Un último punto a cuidar es la comunicación entre sujetos: es fundamental que éstos no se comuniquen entre sí afuera de las sesiones experimentales, de otra manera la información transmitida podría afectar los resultados.

Evitar la comunicación entre sujetos se vuelve especialmente difícil cuando el experimento cuenta con muchas sesiones. El número de sesiones necesario requerido depende del tema bajo investigación, pero también del tipo de control experimental y de análisis de los datos. Aquí se oponen dos tradiciones. Los diseños de *grupos* (muy usados en psicología) comparan grupos de sujetos expuestos a condiciones diferentes, mientras que los diseños de *caso único* (habitualmente, pero no siempre, asociados con el conductismo) compara un sujeto con sí mismo en distintas condiciones.

Un ejemplo sencillo permitirá entender las diferencias básicas entre estas dos estrategias de investigación. Supóngase que el experimentador quiere evaluar si la igualación a la muestra con estímulos geométricos (figura 7-3) es más “fácil” que la igualación a la muestra con palabras (p. ej., la expresión “círculo gris” como estímulo muestra y “círculo gris,” “círculo blanco” y “triángulo blanco” como estímulos comparativos). En un

diseño de grupos, el experimentador reparte a los sujetos al azar en dos grupos, entrenar un grupo a la igualación con figuras geométricas, el otro grupo a la igualación con palabras, y compara los porcentajes de respuestas correctas (durante los ensayos de igualación) entre los dos grupos.

Los resultados quizá serían como los de la figura 7-4, la cual supone que cada grupo cuenta con seis sujetos. Los participantes del grupo entrenado con figuras logran porcentajes en general mayores (círculos negros) que los sujetos del otro grupo, entrenado con palabras (cuadros negros). Los resultados sugieren un efecto del tipo de estímulos empleados, con lo que la igualación con figuras parece más fácil de obtener que con palabras. Sin embargo, los resultados son variables dentro de cada grupo (elipses verticales), los porcentajes van aproximadamente de 45 a 100 % en el grupo entrenado con figuras, y de 10 a 70 % en el que se ha entrenado con palabras.

Las diferencias observadas *dentro* de cada grupo muestran que los resultados de diferentes sujetos varían entre sí aun en la misma condición experimental, por razones desconocidas (quizá algunos individuos se cansan más rápidamente que otros, etc.). Pero en estas condiciones, incluso un diseño bien hecho no garantiza que la variación observada entre *grupos* (elipse izquierda y elipse derecha en la figura 7-4) no venga tampoco de diferencias desconocidas entre los *sujetos* que los componen. Esta posibilidad nunca se podrá eliminar, pero técnicas *estadísticas* permiten calcular la probabilidad de lograr una diferencia tan grande como la observada por mero azar, tomando en cuenta la variabilidad global entre todos los sujetos. En general, los resultados obtenidos con diseños de grupo se tratan con estadística.

La figura 7-5 muestra cómo el mismo problema puede ser examinado con un diseño de caso único. Se expone al participante a sesiones alternadas de entrenamiento con figuras geométricas (círculos negros) y con palabras (cuadros negros). Al comparar ambas sesiones, es claro que la ejecución del sujeto es menor en esta última condición. El mismo diseño se puede aplicar a otros sujetos, con lo que se esperaría replicar con otros

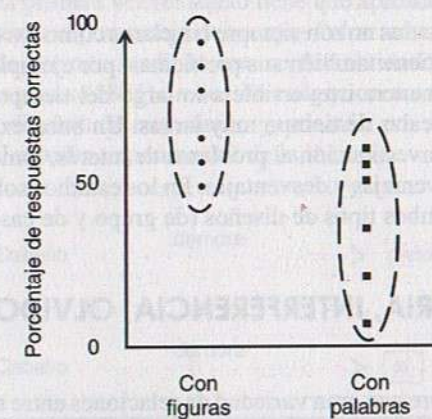


Figura 7-4. Datos hipotéticos en un diseño de grupos. Un grupo de sujetos (círculos negros) fue entrenado a la igualación con figuras geométricas y el otro (cuadros negros) con palabras. Las elipses verticales muestran el rango de resultados en cada grupo.

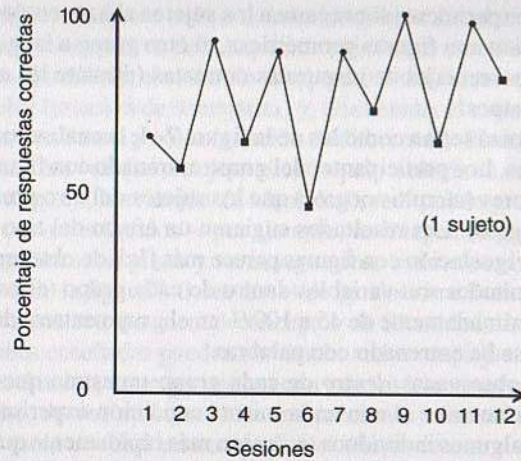


Figura 7-5. Datos hipotéticos en un diseño de caso único. Un solo sujeto está entrenado en alternancia con figuras geométricas (círculos negros) y con palabras (cuadros negros).

lo que se observa en la figura 7-5. La gran ventaja de comparar un sujeto consigo mismo (y no con otros) es que ello elimina una fuente importante de variación en los resultados: la variación *entre* sujetos evidente en la figura 7-4. Trabajar con el mismo individuo permite mantener constantes las variables no deseadas con más facilidad que en la experimentación de grupos y, por consiguiente, existe mayor seguridad de que la variable manipulada es realmente responsable de los cambios observados. Cuando los resultados son tan claros como los de la figura 7-5, la inspección visual de los datos permite fácilmente concluir la existencia de un efecto de la variable manipulada sin necesidad de estadísticas complicadas.

¡Sin embargo, los resultados no son siempre tan claros como los de la figura 7-5! La metodología en caso único tiene también sus problemas, por ejemplo, cuando la ejecución del sujeto cambia de manera irreversible a lo largo del tiempo o cuando algunos efectos persisten durante escalas de tiempo muy largas. Un buen experimentador tiene que ajustar sus técnicas de investigación al problema de interés, tomando en cuenta que cada metodología tiene sus ventajas y desventajas. En los estudios sobre la memoria, por ejemplo, han sido usados ambos tipos de diseños (de grupo y de caso único).

MEMORIA, INTERFERENCIA, OLVIDO

El concepto de memoria cubre una gran variedad de relaciones entre ambiente y conducta, las cuales siempre están presentes en los estudios de "aprendizaje", "conducta compleja", "resolución de problemas", etc. En los estudios de igualación de la muestra, por ejemplo (véase antes), lo que el sujeto hace en un ensayo depende de lo que ocurrió en los ensayos anteriores, las instrucciones y el contexto experimental. Los psicólogos es-

pecializados en el estudio de la memoria han usado una gran variedad de conceptos para describir la conducta en tales situaciones.

Una clasificación habitual en los estudios de memoria distingue entre las tareas de *reproducción* y las de *reconocimiento*. En las primeras, el sujeto debe dar una respuesta relacionada con un material previamente presentado, pero en ausencia del mismo (figura 7-6, línea superior). Por ejemplo, algunos segundos después de que aparece una palabra como "caballo" en la pantalla de una computadora, el sujeto debe escribirla. La probabilidad de que la respuesta sea correcta depende de muchos factores, como el tiempo de exposición de la palabra, la demora entre presentación y respuesta, lo que sucede durante ese lapso, etc.

En las pruebas de *reconocimiento*, el sujeto ha de indicar si un estímulo actual fue presentado previamente (figura 7-6, línea inferior). Por ejemplo, después de estudiar una lista de palabras (caballo, camión, arroz, pluma), el sujeto tiene que indicar si palabras como "caballo" o "piedra" eran parte de la lista. En este caso, la respuesta correcta a la palabra "caballo" es "sí" (sí, era parte de la lista), y la respuesta correcta a "piedra" es "no" (no era parte de la lista). El reconocimiento se vuelve difícil cuando los *distractores* puestos en la prueba (las palabras como "piedra", que no eran parte de la lista) se parecen a alguna que sí estaba incluida. Después de haber estudiado una lista que contenía la palabra "caballo", por ejemplo, el sujeto puede "reconocer" un distractor como "caballo", afirmando que fue presentado aunque no sea así.

Las relaciones exactas entre reproducción y reconocimiento son complicadas y aún son el tema de muchas discusiones. Además, los fenómenos de memoria pueden ser estudiados por otros medios. En el método del *ahorro*, el experimentador registra cuántos ensayos se requieren para aprender una lista la primera vez, y cuántos son necesarios para aprenderla de nuevo después de una demora más o menos larga. Si el sujeto recuerda la lista sin error, el número de ensayos necesarios para aprenderla de nuevo sería cero (el sujeto no tiene que volver a aprender nada). Al otro extremo, si el sujeto olvidó toda la lista, la cantidad de ensayos para aprenderla nuevamente tendría que ser igual al número necesario para aprenderla la primera vez (el sujeto tiene que aprender la lista de nuevo).

De manera general, el porcentaje de ensayos "ahorrados" entre el primer periodo de estudio y el segundo permite medir lo que no fue olvidado. El método del ahorro fue empleado por Ebbinghaus (1885) en sus investigaciones sobre la memoria al final del siglo XIX; él usaba diseños de caso único y, además, era su propio sujeto; su trabajo influyó mucho en el estudio experimental de la memoria.

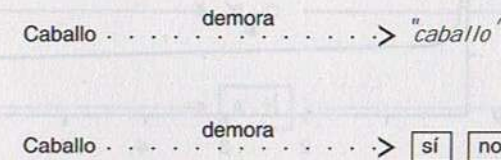


Figura 7-6. Dos tareas típicas de memoria. La línea superior describe una tarea de reproducción, donde el sujeto tiene que emitir una respuesta ("caballo") en ausencia del material original (caballo). La línea inferior describe, de manera simplificada, una tarea de reconocimiento. El sujeto tiene que reconocer si un estímulo (caballo) fue presentado anteriormente en el contexto experimental.

La figura 7-7 muestra un ejemplo de *curva de olvido* logrado con el método de ahorro. Cuando la demora entre el primer periodo de estudio y el segundo es igual a cero, el ahorro es de 100%; el sujeto recuerda todo y no tiene que volver a aprender nada. Pero a medida que la demora sube, el ahorro baja; el sujeto olvida más de la lista y tiene que aprenderla de nuevo. La curva de olvido hace notar dos cosas interesantes: primero, la curva *baja* a lo largo del tiempo, es decir, hay *olvido*; además, la curva nunca cae hasta cero, por tanto, hay olvido pero nunca es total, aun después de muchos días.

Los psicólogos que estudian la memoria intentan explicar estos hechos (entre otros). ¿Por qué hay olvido? ¿Por qué no es total? ¿Se puede predecir la forma exacta de una curva de olvido? Es obvio que la naturaleza del material estudiado cuenta. El olvido suele ser más notable en una lista de sílabas sin sentido (tuk, ber, miw), por ejemplo, que para una lista de palabras usuales (caballo, camión, arroz). Lo que pasa *después* del periodo de estudio inicial también influye, ya que puede interferir con la reproducción o el reconocimiento del material estudiado: en estas condiciones se habla de *interferencia retroactiva*.

Tradicionalmente, la interferencia retroactiva se ha estudiado con la técnica de los *pares asociados*. En un estudio de pares asociados, el sujeto tiene que aprender una lista de pares como tuk-caballo, ber-camión, y miw-arroz. Después de una demora el experimentador presenta los primeros miembros de cada par (tuk-, ber-, miw-) y pide al sujeto completar los pares. Las respuestas del sujeto pueden ser correctas o erróneas, por ejemplo, la respuesta correcta al estímulo tuk es "caballo," y la respuesta correcta al estímulo miw, debe ser "arroz". La calidad de la reproducción se mide por el número de aciertos.

El recuerdo de pares asociados es sensible a la interferencia retroactiva: después de aprender una primera lista de ellos (tuk-caballo, ber-camión, miw-arroz), estudiar una lista con los mismos estímulos pero con respuestas diferentes (tuk-mora, ber-pared, miw-hombre) suele interferir con la reproducción de la primera lista (figura 7-8, línea superior). ¡La historia, probablemente falsa pero divertida, del biólogo que se queja de olvidar el nombre de un pez cada vez que aprende el de un estudiante ilustra bien la naturaleza de la interferencia retroactiva!

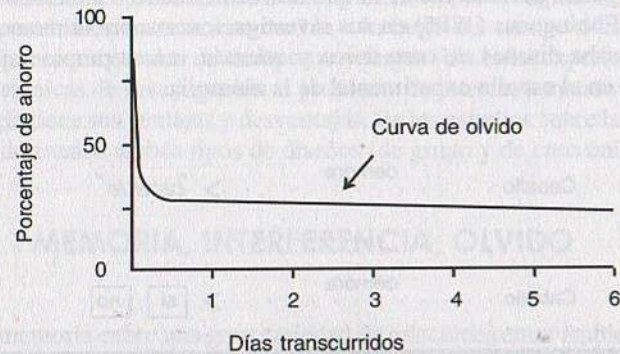


Figura 7-7. Ejemplo de curva de olvido. Los datos son hipotéticos pero consistentes con los de Ebbinghaus (1885). El porcentaje de ahorro (medida de lo que no fue olvidado) disminuye a lo largo del tiempo, pero se estabiliza rápidamente.

El recuerdo de pares asociados es sensible también a la *interferencia proactiva*. Estudiar una lista de pares asociados *antes* de aprender una segunda lista con los mismos estímulos y respuestas diferentes suele interferir con la reproducción de la segunda lista (figura 7-8, línea inferior). En resumen, aparte de la naturaleza del material estudiado, el recuerdo depende de lo que pasa antes y después del periodo de estudio.

Fenómenos parecidos se observan a una escala menor con las tareas de *aprendizaje serial*. Un ensayo de aprendizaje serial consiste en presentar al sujeto una lista de elementos como X-D-E-Z-B-Q-L. Después de cada elemento (p. ej., Z), el sujeto tiene que anticipar cuál será el elemento siguiente (en este caso, B). Los ensayos se repiten hasta que el sujeto logre 100% de respuestas correctas; un descanso marca el fin de un ensayo y el inicio del siguiente. Durante la primera presentación de la lista, el sujeto responde al azar. Sin embargo, a lo largo de las repeticiones, se vuelve capaz de anticipar cada elemento (p. ej., de responder "B" inmediatamente después de Z). Un hallazgo típico del aprendizaje serial es que la cantidad de errores cometidos a lo largo del aprendizaje depende de la *posición serial* de los elementos (figura 7-9). Normalmente el sujeto comete muy pocos errores sobre los elementos del inicio y del final de la lista (p. ej., X, D y Q, L); pero se presentan muchas equivocaciones sobre los elementos centrales de la lista como E, Z y B.

Una posible explicación para este hallazgo es que los elementos ubicados en cada extremo de la lista padecen de menos interferencia (o "confusión") que los del centro. Los elementos extremos tienen menos vecinos, mientras que los centrales reciben interferencia de todos lados. Sin embargo, otras teorías pueden explicar estos datos, y su explicación no se ha aclarado totalmente.

Finalmente, en las tareas de *reproducción libre*, se presenta una lista de palabras al sujeto; entonces, el sujeto debe reproducir estas palabras como pueda y en el orden que desee. La reproducción es "libre" porque el sujeto no tiene que responder a un estímulo en particular o en un orden fijo, al contrario de las tareas de pares asociados o de aprendizaje serial. La figura 7-10 muestra el porcentaje de veces que una palabra es reproducida en función de la posición de esta palabra en la lista (para calcular este porcentaje, se juntan los resultados de un grupo de sujetos y se cuentan cuántas veces tal o cual palabra aparece en el listado global de las palabras reproducidas).

La curva resultante (figura 7-10) muestra efectos de *primacia* y de *recencia*. El primero se refiere al hecho de que las palabras al *inicio* de la lista se recuerdan fácilmente (parte

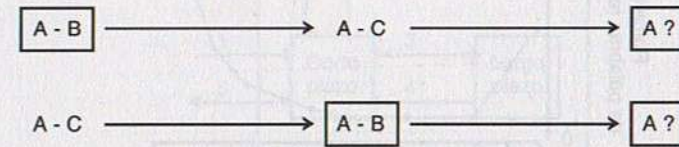


Figura 7-8. Ejemplos de interferencia. En la interferencia retroactiva (línea superior), estudiar otra cosa después del material de interés dificulta su reproducción. Sucede lo mismo en la interferencia proactiva (línea inferior) cuando se analiza otra cosa antes del material de interés dificulta su reproducción. En ambos ejemplos el sujeto tiene que recordar el par A-B en el cuadro. La interferencia viene del par A-C. Las flechas señalan el transcurrir del tiempo.

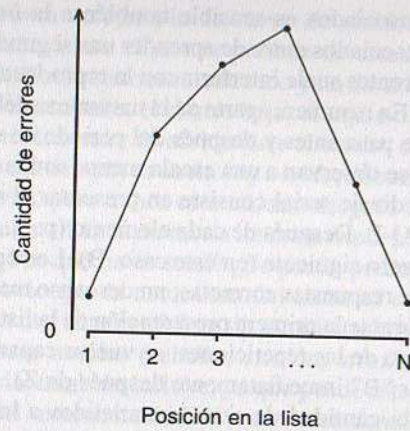


Figura 7-9. Distribución de los errores en el aprendizaje serial. En este ejemplo la lista que el sujeto tiene que aprender comprende N elementos. A lo largo de los ensayos, el sujeto comete pocos errores tanto al inicio como al final de la lista, pero éstos abundan en los elementos centrales.

izquierda de la curva); por su parte, el efecto de *recencia* se vincula con el hecho de que las palabras al *final* de la lista también se recuerdan fácilmente (parte derecha de la curva).

Este tipo de datos ha sido importante históricamente para el desarrollo de los modelos cognoscitivos de memoria. Atkinson y Shiffrin (1968), por ejemplo, propusieron un modelo de memoria con dos almacenes, uno a *corto plazo* y otro a *largo plazo*, para dar cuenta de la curva de posición serial en reproducción libre y de muchos otros datos. (Cabe destacar que esta descripción del modelo es muy simplificada y no cuenta con muchos detalles del modelo original.) Esta distinción entre almacén a corto plazo (con una capacidad limitada sólo a algunas palabras) y a largo plazo (con capacidad ilimitada) se ha

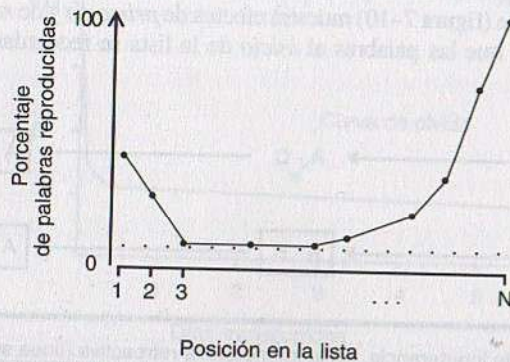


Figura 7-10. Curva de posición serial en reproducción libre. La curva muestra efectos de primacía (al inicio de la serie) y de recencia (al final de la serie).

vuelto estándar en psicología cognoscitiva. La idea básica es que la información presentada al sujeto entra, en primer lugar, en el almacén a corto plazo (figura 7-11, flecha 1) para ser “procesada” (flecha 2).

En una situación de reproducción libre, el primer estímulo que ingresa en el almacén a corto plazo es la primera palabra de la lista, después la segunda, la tercera, etc. Un punto importante es que el almacén a corto plazo tiene una *capacidad limitada*: el almacén se llena con rapidez y luego algunas palabras, las ulteriores deben eliminar las primeras cuando entran. Mientras, y de manera continua, el contenido del almacén a corto plazo se copia al de largo plazo (figura 7-11, flecha 3). Al momento de reproducir la información requerida (p. ej., las palabras en la lista), el sujeto empieza por “vaciar” el almacén a corto plazo (flecha 5). Inmediatamente después de estudiar una lista de palabras, este almacén contiene habitualmente las últimas palabras estudiadas, lo que explica el efecto de recencia en la figura 7-10.

Las últimas palabras de la lista son reproducidas con una alta probabilidad, porque todavía están en el almacén a corto plazo al final del periodo de estudio. Inmediatamente después, el sujeto empieza a recuperar la información contenida en el almacén a largo plazo (figura 7-11, flecha 4). Eso produce el resto de la curva en la figura 7-10. Las primeras palabras en la lista son reproducidas con mayor acierto ya que fueron más procesadas; tuvieron una ventaja sobre las otras, porque estuvieron presentes en el almacén a corto plazo cuando éste aún no era llenado totalmente. Así que la información relevante fue transferida al almacén a largo plazo (figura 7-11, flecha 3) con mayor facilidad y menos interferencia. Eso explica el efecto de primacía en la figura 7-10.

En resumen, según el modelo con doble almacén, el efecto de recencia refleja el contenido último y “fresco” del almacén a corto plazo; por su parte, el efecto de primacía proviene de la ventaja (en términos de procesamiento de la información) que tenían las primeras palabras de la lista. La noción de una distinción fundamental entre almacenes a corto y largo plazo parece apoyada por un fenómeno clásico en los estudios de memoria, el *olvido a corto plazo*. En el paradigma de *reproducción a corto plazo*, por ejemplo, el experimentador muestra un trigramma (es decir, un conjunto de tres letras como XUV) al sujeto y le pide hacer restas complicadas durante algunos segundos (para evitar que repita el trigramma en voz baja). Después de 30 segundos de cálculo mental, el sujeto es

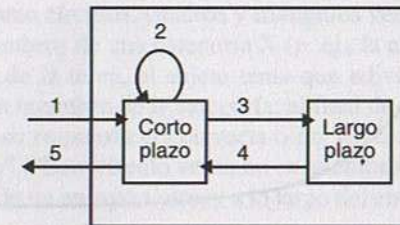


Figura 7-11. Modelo de memoria con doble almacén. Mientras la información entra (1) y es procesada en el almacén a corto plazo (2), se copia en el almacén a largo plazo (3). La información en este último puede ser recuperada, regresando al primero (4); de aquí la información puede ser reportada verbalmente (5), por ejemplo, al momento de recordar una lista de palabras.

casi incapaz de reproducir el trigrama recién presentado. De hecho, si se varía la demora de retención de 0 a 30 segundos, se obtiene una curva muy regular de olvido a corto plazo (figura 7-12); en algunos segundos, la probabilidad de reproducir un trigrama correctamente baja de 1 hasta casi 0.

Es importante entender la naturaleza metafórica de este tipo de modelo. No se afirma que hay dos compartimientos dentro de la cabeza, uno etiquetado "corto plazo" y otro, "largo plazo". Estos dos "almacenes" no son entidades, sino rasgos diferentes de la conducta a lo largo del tiempo. La distinción es útil en la medida que permite *descomponer* las curvas de olvido en dos partes o funciones, una que corresponde a un olvido muy rápido (figura 7-12) y otra que cuadra con uno más lento (figura 7-7). Estas diferentes relaciones, que ocurren en tiempo, fueron descritas de manera metafórica o análoga a varios "almacenes" o "lugares" en el espacio.

El modelo con doble almacén fue muy importante en el desarrollo de una perspectiva cognoscitiva sobre la memoria. Sin embargo, datos que parecían apoyarlo se revelaron como más complejos de lo que se pensaba. Así, la curva de olvido a corto plazo (figura 7-12) no aparece en el primer ensayo del experimento; aparece solamente cuando el sujeto ya pasó por muchos ensayos de la misma tarea. Este "olvido" manifiesta una interferencia de los ensayos previos y no un decaimiento intrínseco de la memoria, como lo sugiere la metáfora del "almacén" a "corto plazo". Los modelos de doble almacén guardan su importancia en psicología, pero su último destino no queda totalmente claro.

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTÍMULOS

Las variaciones del recuerdo en el tiempo se miden con curvas de olvido (véase antes), pero la memoria tiene también un *contenido*: cualquier episodio de recuerdo implica interacciones con eventos en el ambiente o en la propia conducta del sujeto. Uno puede

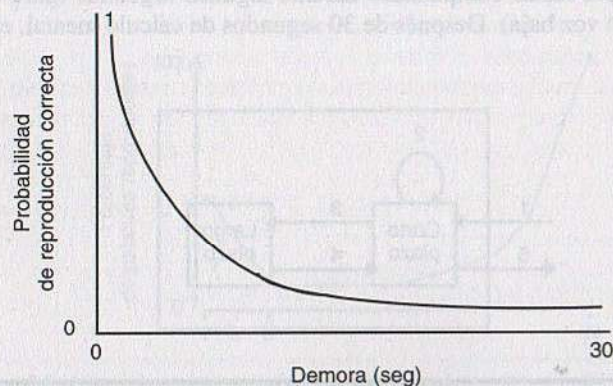


Figura 7-12. Curva de olvido a corto plazo. Después de estudiar un trigrama como XUV, el sujeto tiene que restar números durante algunos segundos. Aun 30 segundos de distracción son suficientes para bajar la probabilidad de reproducción correcta del trigrama hasta casi cero.

acordarse de un lugar, de la organización de su vecindario (¿dónde está la tienda de abarrotes?), de eventos particulares (lo que sucedió el último domingo), de actos o habilidades (como manejar un automóvil), etc. Para clasificar estos objetos, propiedades, y eventos, muchos psicólogos han distinguido entre fenómenos *perceptuales* y *conceptuales*. La idea subyacente es que lo perceptual es inmediatamente perceptible (¡por definición!) y lo conceptual, no. Por ejemplo, la noción (¿o percepción?) de un árbol quizá entraría del lado perceptual, y la noción de justicia tal vez quedaría en el ámbito conceptual (porque es posible la justicia pero no percibirla).

No obstante, la distinción entre lo perceptual y lo conceptual identifica más a un continuo que a una dicotomía. Identificar un árbol como tal (un ejemplo de reconocimiento) supone que uno lo reconozca bajo muchos ángulos y a muchas distancias. Cada perspectiva del árbol difiere de las otras, y nunca se les vería todas de una vez; así que lograr una percepción integrada del árbol también tiene su dimensión "conceptual" ("no inmediatamente perceptible"). De maneja similar, entender la noción de justicia supone la percepción de muchos hechos concretos a lo largo del tiempo.¹

El estudio de lo que los psicólogos llaman *categorización* ilustra muy bien la sutileza de la distinción entre lo perceptual y lo conceptual. La categorización consiste en "agrupar" diferentes *ejemplares* en una clase, es decir, reaccionar a estos diferentes ejemplares como miembros de esa clase o ejemplos de un mismo *concepto*. Si se toma como ejemplo el concepto de "perro", se consideraría que ningún perro es exactamente idéntico a otro, hay perros pequeños, grandes, agresivos, amigables, de pelo corto, de pelo largo, de varios colores, etc. ¿Cómo explicar que es posible reaccionar a todos estos perros (claramente diferentes) como miembros de la clase "perro"? Aquí reside el problema de la categorización.

Las primeras teorías ("clásicas") de la categorización suponían que los conceptos tenían *rasgos* necesarios y suficientes, rasgos que todos los ejemplos del concepto tenían que compartir, en conformidad con la noción filosófica tradicional de la definición como un listado de propiedades esenciales. Un perro, por ejemplo, puede ser definido como un animal a) con cuatro patas, b) una cola, c) un hocico, d) que ladra, e) que puede morder, d) etc. Obviamente, no es tan fácil saber cómo llenar la última cláusula (¿qué significa exactamente, "etc."?), pero esta noción de rasgos necesarios fue un punto de partida útil para entender la categorización.

Los experimentos realizados dentro de esta perspectiva utilizaban habitualmente figuras artificiales (como círculos, cuadros y triángulos verdes, rojos o azules), algunas designadas como miembros de una categoría X (p. ej., la categoría de los círculos azules). En cada ensayo de la tarea, el sujeto tenía que adivinar si una figura (p. ej., un círculo verde) era o no miembro de la categoría; al final de cada ensayo el experimentador decía al sujeto si su respuesta era correcta o no. En este ejemplo particular, la respuesta correcta es "no" ("Este círculo verde no es miembro de la categoría."). La figura presentada cambiaba de un ensayo a otro, y a lo largo del entrenamiento, aprendiendo de

¹ La noción de un continuo perceptual/conceptual es congruente con la psicología *ecológica* de Gibson (1979), la cual insiste en a) la interacción entre el organismo y su ambiente natural y b) la organización del ambiente como fuente de percepción y de conocimiento. Para él, percibir y concebir no son procesos escondidos dentro de la cabeza, sino interacciones con un ambiente ricamente organizado.

sus aciertos y errores, el sujeto podía habitualmente adivinar la categoría correcta (responder “sí” a todos los círculos azules y “no” a cualquier otra). La tarea parece muy fácil en este ejemplo, pero en otros situaciones no lo era tanto. Por ejemplo, la categoría X que el sujeto tenía que adivinar podía ser definida en términos de rasgos conjuntivos (círculo y azul), disjuntivos (círculo o bien azul), por exclusión mutua (ni círculo ni azul), etc.

Varios estudios fueron realizados en esta tradición, intentando medir los grados de dificultad del “aprendizaje” de conceptos más o menos complicados según las combinaciones de rasgos que definían la pertenencia a la clase. Sin embargo, esta perspectiva fue reemplazada por otras, bajo la influencia de cambios en filosofía y psicología. Un argumento influyente del filósofo Ludwig Wittgenstein (1953) sugiere que muchos conceptos *no* se pueden definir en términos de rasgos necesarios y suficientes; este argumento clásico se enfoca sobre la noción de juego. ¿Qué rasgos necesarios y suficientes tiene que ejemplificar una cosa X para ser un juego? Hay juegos con naipes, con pelotas, con todo tipo de objetos; hay otros que no usan objetos sino palabras. Un juego no tiene que ser “divertido”, de hecho, ¡hay algunos en que la gente se aburre terriblemente de vez en cuando! Wittgenstein sugirió que la noción de juego *no* se puede definir por rasgos necesarios y suficientes; los juegos comparten solamente un “aire de familia.” De la misma manera que los miembros de una familia se parecen más o menos entre todos, pero no necesariamente comparten rasgos definitorios, los diferentes ejemplares de un mismo concepto se parecen entre ellos, pero de manera variada y en la ausencia de características necesarias y suficientes.

En psicología, la perspectiva “clásica” sobre la categorización (en términos de rasgos definitorios) fue criticada de manera semejante. Los conceptos usados en la vida cotidiana tienen fronteras vagas (o *fuzzy*). Además, algunos ejemplares de un concepto X parecen más “centrales” o “típicos” que los otros. Tanto el canario como el avestruz son aves, pero si uno pide a alguien (fuera de Australia o África) dar algunos ejemplos de “aves”, es mucho más probable que mencionará el primero. En este sentido, el canario es más *típico* que el avestruz de la clase de las aves. Estas constataciones llevaron a varios psicólogos cognoscitivos a proponer la noción de *prototipo*. Se supone que un prototipo es un “promedio” de los ejemplares de la categoría, el cual tiene pocos rasgos extremos, así que los ejemplos más típicos de la categoría son muy parecidos al prototipo, y viceversa.

Un ejemplo de método experimental para el estudio de los prototipos es el siguiente (ver Posner, 1969). El experimentador utiliza dos prototipos (¡reales!), por ejemplo, dos patrones diferentes de puntos sobre una hoja (figura 7-13), y a partir de ellos genera distorsiones que el sujeto tendrá que categorizar. En la figura 7-13, uno puede mostrar al participante los ejemplares a_1 , a_2 , a_3 y b_1 , b_2 , b_3 y pedirle que aprenda una primera respuesta (como “A”) en presencia de a_1 , a_2 y a_3 , y otra respuesta (como “B”) en presencia de b_1 , b_2 y b_3 . Hasta ahora, todo procede como en una tarea de pares asociados; no es sorprendente que a lo largo de los ensayos el sujeto logre decir “A” en presencia de a_1 , a_2 y a_3 , y afirme “B” en presencia de b_1 , b_2 y b_3 .

Los datos interesantes ocurren después del entrenamiento con estos ejemplares. Uno puede probar la *generalización* de las respuestas “A” y “B” a *nuevas* distorsiones (a_4 , a_5 , b_4 , b_5 , etc.) de los prototipos. En estas condiciones, los sujetos suelen responder bastante bien, identificando correctamente como “A” o “B” a nuevos ejemplares nunca vistos. ¡Aún más interesante, si uno presenta los prototipos A y B a los sujetos por primera vez,

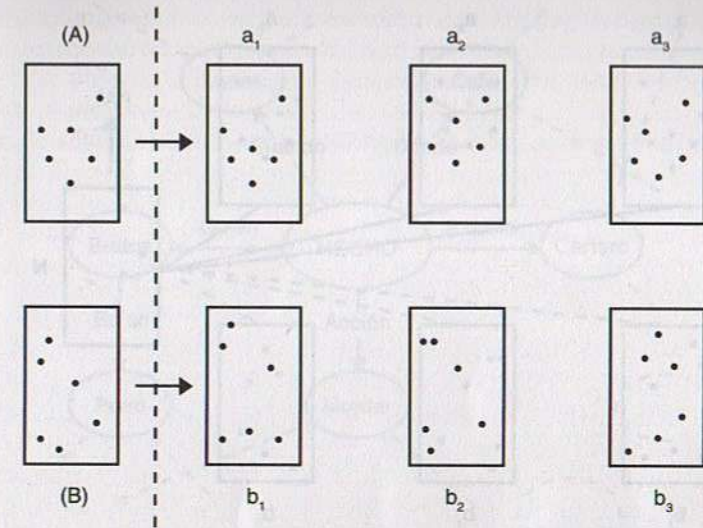


Figura 7-13. Método experimental para el estudio de prototipos. Dos prototipos, A y B (p. ej., patrones de puntos sobre una hoja blanca) sirven para generar ejemplares como a_1 , a_2 , a_3 y b_1 , b_2 , b_3 . Cada ejemplar consiste en una versión ligeramente distorsionada del prototipo correspondiente. Así que los ejemplares de un mismo prototipo tienen un “aire de familia”.

los “reconocen” como miembros de las categorías “A” y “B”! Este “reconocimiento” suele resistir más al olvido que el reconocimiento de los ejemplares individuales.

Este tipo de dato pareció muy convincente para argumentar que los prototipos tienen una existencia psicológica, es decir, que el prototipo, como “promedio” o tendencia central de la categoría, tiene una importancia particular en relación con la conducta. Esto no significa que este prototipo o “promedio” existe en un lugar particular o dentro de la cabeza. Los sujetos se conducen *como si* tuvieran un prototipo en la cabeza, pero no se debe interpretar esto literalmente. Varios modelos de categorización, que no usan explícitamente la noción de prototipo, apoyan esta postura. En los modelos de *enumeración*, por ejemplo (Hintzman, 1986), los “prototipos” describen solamente la interacción del sujeto con la totalidad de los *ejemplares* presentados.

En el experimento de la figura 7-13, por ejemplo, un nuevo ejemplar puede ser categorizado como “A” por comparación con todos los ejemplares en paralelo, y tomando en cuenta la semejanza global del nuevo ejemplar (N en la figura 7-14) con los ejemplares a_1 , a_2 , a_3 y b_1 , b_2 , b_3 . Porque N es *globalmente* más parecido a los ejemplares a_1 , a_2 y a_3 que a b_1 , b_2 o b_3 , no es sorprendente que el sujeto clasifique al nuevo ejemplar N más del tipo “A” que del tipo “B” (figura 7-14).

Esta perspectiva tiene la ventaja de no tener que preguntar dónde está el “prototipo” cuando el sujeto decide que un ejemplar particular pertenece a tal o cual categoría. De hecho los modelos de enumeración son modelos de *generalización* (véase el capítulo 4), no entre un estímulo y otro, pero sí entre un estímulo (N) y muchos otros (a_1 , a_2 , a_3) a la vez. Estos modelos y otros parecidos dan cuenta de muchos datos en la esfera de

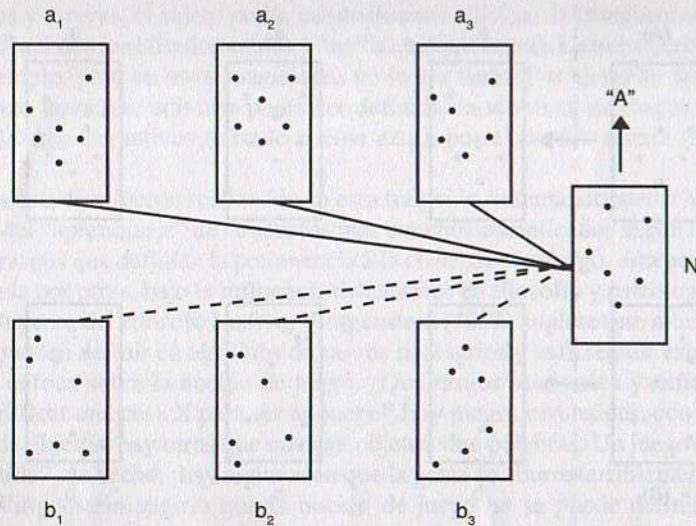


Figura 7-14. La categorización dentro de un modelo de enumeración. La decisión de categorizar un nuevo ejemplar como "A" no se origina de un "prototipo" sino de la semejanza global entre el nuevo ejemplar N y todos los anteriores a la vez. En este caso, la semejanza global entre N y a_1 , a_2 y a_3 (líneas sólidas) es mayor que entre N y b_1 , b_2 y b_3 (líneas punteadas); así que el sujeto clasifica N como del tipo "A".

la categorización, sin suponer que ella se basa explícitamente en prototipos. Los modelos de enumeración muestran cómo un fenómeno aparentemente muy complicado y abstracto (la categorización en relación con la tendencia central de un conjunto de ejemplares), puede emerger a partir de fenómenos muy sencillos: la generalización por semejanza de un estímulo a otro.

No obstante, dar cuenta de la reproducción como del reconocimiento supone estímulos muy estructurados, además de otras relaciones entre estímulos que la mera semejanza o la contigüidad temporal. En una tarea de pares asociados, por ejemplo, reproducir B (y no otra cosa) después de estudiar el par A-B se puede explicar (por lo menos a primera vista) en términos de la contigüidad temporal entre A y B. Pero narrar una historia o recordar un hecho particular implica además que uno sea sensible a otros tipos de relaciones entre eventos. Uno puede contar a sus amigos que Brutus mordió al cartero en la calle, la mañana del lunes pasado, por ejemplo. Este incidente junta muchos aspectos: lo que hizo Brutus (morder a alguien), a quién mordió (al cartero), cuándo (la mañana del lunes), dónde (en la calle), etc. Además, el hecho descrito está relacionado con otros episodios previos, que forman parte del *conocimiento* general de quienes escuchan, por ejemplo, se supone que Brutus es un perro, aunque no se menciona (¡pues, nada impide que Brutus sea un político famoso!).

Para dar cuenta de la organización de los recuerdos, varios psicólogos han propuesto modelos de *red* o "árboles" más o menos complicados que mencionan, para cada hecho recordado, sus relaciones con otros hechos o eventos (figura 7-15). En estas condiciones, la reproducción se puede concebir como un proceso de "activación" de la red

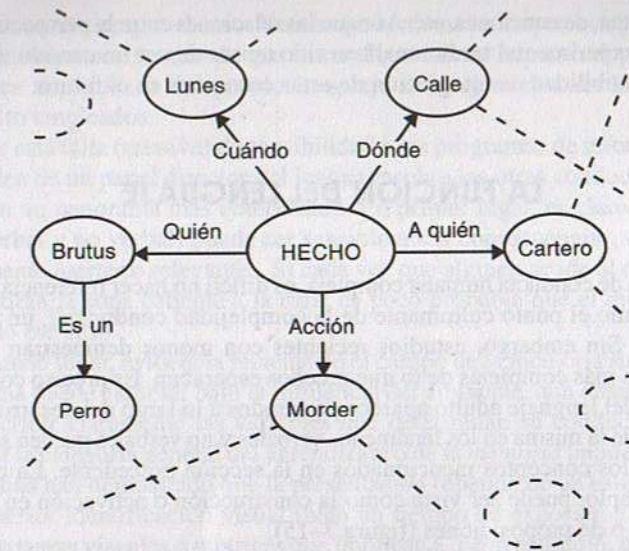


Figura 7-15. Ejemplo de red en memoria. Esta red representa un conjunto de relaciones (quién, a quién, cuándo, dónde, etc.) entre personas, objetos o eventos. Las líneas y elipses punteadas indican otros eventos que no fueron explícitamente recordados, pero que son parte del conocimiento general del individuo.

en memoria a largo plazo. Estos modelos, bastante populares en el decenio de 1970-79, todavía poseen una larga influencia en psicología cognoscitiva (Anderson, 1983).

Otras ideas que destacan el papel de la organización en memoria son las de *guión* y de *esquema*. La noción de guión hace hincapié sobre la organización de una secuencia de acciones y resultados, como los que se observan al comer en un restaurante, lo cual supone llegar a la entrada, esperar al mesero, sentarse, leer la carta, ordenar y consumir platillos, pedir la cuenta, pagar, etc. Dentro de una perspectiva cognoscitiva, se ha supuesto que la reproducción está dirigida en función de tales guiones o, de modo más general, esquemas que describen situaciones complejas de manera resumida y permiten al sujeto producir un recuerdo coherente. Estos esquemas no son estáticos, sino que pueden incorporar informaciones nuevas y ser modificados por la experiencia. Los modelos de redes, guiones, esquemas y otros, comparten la misma preocupación: explicar la organización de la conducta durante el recuerdo en función de unidades relacionadas de manera compleja (como en la figura 7-15). Dentro de una perspectiva conductual, estos modelos de esquema describen el ambiente en el cual se vive, cuya propia organización (en términos de eventos, relaciones, etc.) guía la conducta durante el recuerdo.

El énfasis sobre la organización del ambiente no ha disminuido en años recientes, por el contrario, se ha intensificado con el surgimiento de una perspectiva ecológica sobre la memoria (véase Nota 1). Los psicólogos que han trabajado sobre esta perspectiva han criticado el estudio experimental de la memoria con materiales sencillos y artificiales, como pares asociados o listas de palabras. En su lugar, la perspectiva ecológica ha propuesto el estudio de situaciones más naturales: recuerdos de la escuela, de eventos

de la vida cotidiana, de canciones, etc. Aunque las relaciones entre la perspectiva ecológica y la psicología experimental tradicional han sido tensas de vez en cuando, no es posible descartar una posibilidad de integración de estas corrientes en el futuro.

LA FUNCIÓN DEL LENGUAJE

Cuando se habla de conducta humana compleja, es difícil no hacer referencia al lenguaje². Éste aparece como el punto culminante de la complejidad conductual, un logro únicamente humano. Sin embargo, estudios recientes con monos demuestran capacidades protolingüísticas más complejas de lo que muchos esperaban. Es preciso considerar que la complejidad del lenguaje adulto aparece por grados a lo largo del desarrollo y que diferentes niveles de la misma en los fenómenos verbales y no verbales pueden ser abordados con algunos de los conceptos mencionados en la sección precedente. La comprensión lectora, por ejemplo, puede ser vista como la construcción o activación en memoria de redes de hechos o de proposiciones (figura 7-15).

Además de estas características compartidas en términos de complejidad, queda el problema de un posible papel específico del lenguaje: ¿posee o no el lenguaje una función directiva sobre las otras conductas? ¿Tiene o no una relación privilegiada con lo que se conoce como *pensamiento* y *conciencia*? El sentido común responde afirmativamente. La conciencia aparece como una *voz interior*, y consejos como "*piénsalo bien antes de hacerlo*" ilustran una relación directiva entre lenguaje (o el pensamiento verbal) y conducta no verbal. En otras situaciones, la falta de pensamiento se convierte incluso en excusa para una conducta inapropiada (*es que no lo pensé*).

La noción de un papel directivo del lenguaje sobre la conducta no verbal tiene su importancia tanto en la psicología cognoscitiva como en el conductismo actual. En estudios de memoria por ejemplo, habitualmente se supone que el material presente en memoria a corto plazo (figura 7-11) puede ser descrito verbalmente e influir sobre el resto de la conducta (Ericsson y Simon, 1980). Por otra parte, varios estudios de reforzamiento operante con sujetos humanos han revelado patrones de conducta diferentes de los observados con otras especies, diferencias que han sido atribuidas a factores verbales (Lowe, 1983).

Supóngase que dos luces, una verde y otra roja, alternan regularmente durante la sesión experimental. En presencia de la luz verde, oprimir una tecla está reforzado (premiado) por puntos que aparecen en la pantalla de una computadora; ante una luz roja, oprimir la misma tecla está reforzado con una cantidad menor de puntos. En este procedimiento de *discriminación* se podría esperar que los participantes opriman la tecla más rápidamente en presencia de la luz verde que si aparece la luz roja (véase el capítulo 4).

² El lenguaje puede ser considerado bajo múltiples ángulos y muchas disciplinas (empezando, obviamente, con la *lingüística*) que comparten su estudio. En este capítulo nos enfocamos sobre aspectos funcionales y muy limitados de la interacción entre conducta verbal y no verbal. En particular, no discutimos los fenómenos de sintaxis y la medida en la cual implican procesos especializados o generales. En el capítulo 6 se presenta un análisis detallado de estos temas.

Sin embargo, no es siempre el caso. Varios conductistas atribuyen esta *falta de sensibilidad* al reforzamiento al hecho de que la conducta de un humano depende más de las instrucciones recibidas o del propio lenguaje del sujeto que de los programas de reforzamiento empleados.

Aunque esta falta (relativa) de sensibilidad a los programas de reforzamiento parece apoyar la idea de un papel director del lenguaje sobre las otras conductas, otros hallazgos sugieren un panorama más complicado. En primer lugar, es claro que la conducta humana (verbal y no verbal) puede ser sensible a sus consecuencias, cuando éstas son suficientemente fuertes o relevantes. Si cada vez que alguien acude al restaurante X, los meseros le tiran la sopa caliente a la cara, es poco probable que el individuo continúe frecuentando ese sitio.

En segundo lugar, evidencia reciente en el campo de la memoria sugiere que la conducta humana puede cambiar bajo la influencia del ambiente, aun cuando los sujetos no pueden describir claramente las variables que determinan su conducta. Estos efectos pertenecen a la categoría general del aprendizaje o de la *memoria implícita*. Por ejemplo, varios estudios han demostrado que la presentación repetida de un estímulo puede facilitar su posterior identificación visual (bajo un tiempo de exposición muy breve) y la ejecución de tareas visuales o motrices que implican a dicho estímulo, o incluso elevar la preferencia para este estímulo en ausencia de reconocimiento explícito del mismo. Aunque los participantes no lo reconocen a un nivel *explícito* (o "consciente"), su conducta indica la memoria o aprendizaje implícito (o "inconsciente") del estímulo previo. La interpretación de estos estudios es controvertida, pero los datos sugieren disociaciones complejas entre conducta verbal y no verbal.

Los efectos de la conducta verbal sobre la no verbal no son ni mágicos ni "obvios", pero involucran un entrenamiento previo y dependen del contexto. (En el fútbol por ejemplo, los gritos de los espectadores son permitidos y tienen una función motivacional para los jugadores, mientras que en el tenis los mismos gritos son sancionados e interferirían con la calidad del juego.) Los trabajos sobre la *correspondencia decir-hacer* (o hacer-decir) han mostrado que la función reguladora del lenguaje sobre la conducta no verbal puede ser entrenada. En un experimento de Risley y Hart (1968), niños de 4 a 5 años recibían reforzadores comestibles (galletas y otros) por describir de manera correcta lo que habían hecho durante un periodo previo de juego libre (el cual quizá involucraba actividades como pintar o jugar con bloques de madera). Los resultados mostraron que era posible reforzar la correspondencia entre una acción como pintar y la descripción posterior de esta acción ("pinté"). De la misma manera que uno puede reforzar la correspondencia entre decir ("voy a pintar") y hacer (la acción de pintar), es posible hacer lo mismo entre hacer (pintar) y decir ("pinté") (figura 7-16).

La necesidad de reforzar estas correspondencias para que aparezcan de manera confiable indica que no son el resultado de una armonía preestablecida entre conductas verbales y no verbales. Varios datos sugieren también que la correspondencia entre la ejecución no verbal y la descripción que el individuo hace de su propia ejecución, se desarrolla a partir de la infancia y puede ser modulada por sus consecuencias y el contexto (como cuando el reforzamiento social de "mentiras" llega al punto que la persona se miente a ella misma). En estas condiciones, debe ser tomada con cuidado cualquier teoría que suponga una función directiva única y constante del lenguaje sobre el resto de la conducta.

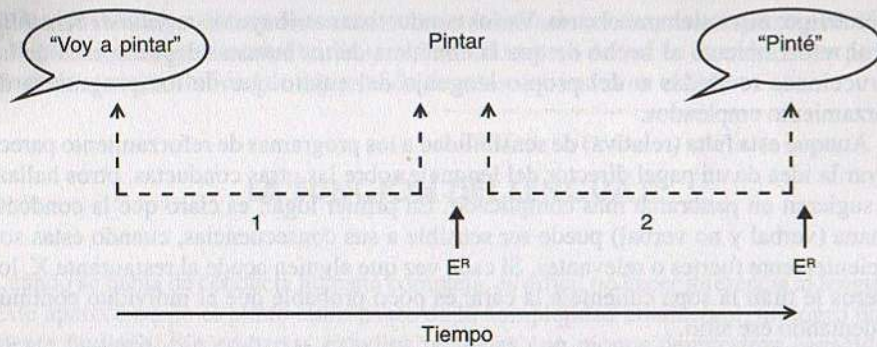


Figura 7-16. Reforzamiento de la correspondencia entre decir y hacer (línea punteada 1) o hacer y decir (línea punteada 2). Los dos tipos de correspondencia pueden ser reforzados juntos o bien de manera separada. E^R indica un reforzador (como proporcionar comentarios positivos sobre la conducta del niño).

CONCLUSIÓN

El progreso en psicología tiende a ser lento. Los críticos argumentarán que en psicología lo interesante no es riguroso, mientras que lo riguroso no es interesante. El argumento tiene un fondo de verdad y merece consideración, pero parece también demasiado pesimista. Los progresos de la psicología son escasos pero reales, a pesar de que implican muchos caminos equivocados y tiempo perdido. Los conceptos tanto del conductismo (en el campo del “aprendizaje”) como los de la psicología cognoscitiva (típicamente en el área de la “memoria”) han tenido aplicaciones, no siempre triviales, y fueron útiles para describir diferentes niveles de complejidad de la conducta humana.

Sin proponer una mezcla ecléctica (y quizá incoherente) de estos enfoques, una familiaridad mínima con los conceptos básicos de ambas perspectivas resulta deseable. Los fenómenos estudiados por unos y otros son, de vez en cuando, más parecidos que lo que las diferencias de terminología harían creer. Además, a medida que estos enfoques evolucionan, encuentran puntos compartidos. Los psicólogos de la cognición han descubierto, por ejemplo, el papel cabal del contexto (la noción reciente de cognición *situada*) mientras que los psicólogos de la conducta se enfocan cada vez más sobre los problemas de memoria (es decir, de determinación de la conducta a través de secuencias complejas de episodios y no de episodios aislados). En este capítulo se propuso una revisión breve de los principales hallazgos empíricos en este campo y de algunos conceptos básicos que fueron útiles en su descripción. Si se ha conseguido promover el interés del lector en la investigación y, sobre todo, suscitar cuestionamientos acerca de la conducta humana compleja, la meta ha sido alcanzada.

Julio A. Varela Barraza
y Emilio Ribes Iñesta

Aprendizaje, inteligencia y educación

El aprendizaje, la inteligencia y la educación son tres temas íntimamente relacionados entre sí. Como se vio en capítulos anteriores, el concepto de aprendizaje tiene que ver con los logros obtenidos en la forma de saber hacer y de conocer. En la medida en que se aprende, se sabe o se conoce algo nuevo, el comportamiento del individuo cambia en consecuencia. El desarrollo psicológico de un individuo es, en rigor, un proceso de cambio permanente desde el momento del nacimiento (o quizá antes) hasta la muerte. Este proceso de desarrollo tiene lugar como el logro progresivo, por parte del individuo, de los criterios de comportamiento que una cultura determinada (y el hábitat que configura) establece como norma implícita o explícita con respecto a diversas manifestaciones de la vida en sociedad: las destrezas motrices básicas (caminar, entre otros) y las especializadas (ocupacionales, deportivas y demás), las características del lenguaje hablado y escrito, el saber qué hacer en distintas situaciones sociales (religiosas, educativas, artísticas, políticas, comerciales, de salud, etc.) y otras más. Por ello, el desarrollo se expresa, en última instancia, en términos de las capacidades o competencias que un individuo exhibe en las distintas circunstancias de la vida social.

Históricamente, se ha supuesto que la capacidad o capacidades que muestra una persona cuando hace algo o aprende algo dependen directamente de un bien que posee en cierta cantidad, la inteligencia. Se supone que la “capacidad” para aprender y la “capacidad” para hacer cosas de modo correcto e innovador son la manifestación de la inteligencia que la persona posee. Por ello, en multitud de circunstancias que tienen que ver con la posibilidad de estudiar o de trabajar, las personas se ven obligadas a resolver pruebas o *tests* de inteligencia.

La creencia social más difundida es que las personas que obtienen los puntajes más altos en las pruebas de inteligencia serán aquellas que tendrán más éxito en su educación o en el trabajo que realicen. De este modo, se asume de antemano que, el buen desempeño

en la escuela o en el trabajo se debe a que las personas en cuestión tienen la inteligencia necesaria y suficiente para cumplir con los requisitos de aprendizaje y de solución de problemas que se les presentan. La capacidad para aprender y para resolver problemas se atribuye a la inteligencia, y el fracaso escolar y en el trabajo, en muchas ocasiones, se atribuye igualmente a la falta de inteligencia suficiente. En este capítulo, se examinará el concepto de inteligencia, y cómo se relaciona con el aprendizaje y la educación.

HISTORIA DEL CONCEPTO DE INTELIGENCIA Y SU MEDICIÓN

La historia reciente del concepto de inteligencia se remonta a los intentos por explicar las diferencias individuales en capacidad como efecto de diferencias en la dotación biológica. Francis Galton (1869), en Inglaterra, fue el primero en interesarse por explicar las diferencias individuales como diferencias de inteligencia heredada. Galton fue influido por Herbert Spencer, el evolucionista inglés, quien planteó que la inteligencia era lo que permitía el ajuste del hombre a su ambiente, en contraste con los animales inferiores que se ajustaban por medio del instinto.

Galton realizó estudios con pruebas sencillas de medición de umbrales psicofísicos y tiempos de reacción para evaluar las diferencias individuales en inteligencia e hizo comparaciones entre personas miembros de distintas familias. Sus estudios le llevaron a suponer que la inteligencia alcanzaba su plenitud a los 18 años y que ésta se heredaba intrafamiliarmente, en la medida en que todo conocimiento provenía del uso de los sentidos y de la práctica motriz. Esta creencia y una interpretación sesgada de los resultados obtenidos en sus estudios antropométricos y psicofísicos, debida a sus observaciones sobre el hecho de que durante 200 años las mismas familias habían ocupado los puestos importantes del gobierno británico, le llevó a afirmar que:

Así como es fácil obtener mediante cuidadosa selección una crianza permanente de perros o caballos dotados de poderes peculiares para las carreras, o para cualquier otra cosa, podría ser práctico producir una raza de hombres superdotados, mediante matrimonios sensatos durante varias generaciones consecutivas.
(1869/1972, p. 304).

En Francia, Alfred Binet y Theodore Simon (1905), desarrollaron una escala para distinguir a los niños de lento aprendizaje de los niños normales en la escuela. Esta escala contenía 30 tests que incluían pruebas de tipo motor, de tipo "cognoscitivo" (memoria, conceptos, vocabulario, etc.), y abarcaba a los niños entre los 3 y los 13 años de edad. Binet distinguió entre la edad cronológica y la edad mental. Suponía que la edad mental no se desarrollaba necesariamente con la misma velocidad que la edad cronológica, por lo que estableció pruebas especiales para cada edad. Cuando 75% de los niños respondía satisfactoriamente a una prueba, la edad mental correspondía a la edad cronológica de los niños evaluados. Posteriormente, adoptó otras medidas numéricas para determinar la edad mental de los evaluados dependiendo del número de pruebas pasadas satisfactoriamente.

En EUA, después de los estudios de James McKeen Cattell, quien diseñó una serie de *tests mentales* siguiendo los lineamientos de Galton, destacó la adaptación que hizo Lewis Terman (1906) de la escala de Binet. Terman realizó varias adaptaciones y ampliaciones de dicha escala, conocidas como las escalas Terman-Binet y Terman-Merrill, que incluyeron también pruebas para adultos. La contribución fundamental de Terman fue la introducción del cociente intelectual (CI) como resultado de la medición de la inteligencia. El CI se obtenía dividiendo la edad mental entre la edad cronológica y multiplicando el resultado por 100. Terman también fue el primero en preocuparse sistemáticamente por la normalización y validación estadística de los tests, mediante el uso de técnicas de correlación y de significación.

Puede afirmarse que, con Terman, se fundó una rama de la psicología dedicada a la medición de las aptitudes mentales, la cual se conoce con el nombre de *psicometría*. Posteriormente, con el advenimiento de la Primera Guerra Mundial, se juzgó conveniente poder seleccionar a los reclutas de acuerdo con sus aptitudes, y una comisión presidida por Robert Yerkes auspició el diseño de dos pruebas colectivas para la medición de la inteligencia. Estas pruebas se llamaron *Army Alfa*, para analfabetas, y *Army Beta*, para alfabetas. Ambas fueron construidas, primordialmente, por Arthur Otis, y distinguían entre poblaciones que podían responder a problemas verbales de aquellas que solo podían resolver pruebas de tipo visomotor.

Años más tarde, David Wechsler desarrolló una batería de pruebas de inteligencia (que reciben su nombre), adaptadas para niños y adultos, que medían por separado los aspectos de la "inteligencia" vinculados al desarrollo del lenguaje y la influencia cultural y los aspectos de tipo visomotor. Paralelamente, surgieron nuevas contribuciones al campo de la medición de la inteligencia, todas ellas subrayando la existencia de factores, tipos o módulos de inteligencia independientes. Destacan en esta aproximación los nombres de J.P. Guilford, L.L. Thurstone, R. Sternberg y H. Gardner, entre otros. Los libros de Guilford (1986) y Sternberg (1987) son informativos respecto de la historia y últimas contribuciones en la medición de la inteligencia.

El examen de la historia revela un doble origen del surgimiento del interés por la inteligencia y su medición. Por una parte, la suposición de que el adaptarse (del latín *aptus ad*, que significa "apto para") en la evolución biológica y social pudiera explicarse por la transmisión hereditaria de capacidades o aptitudes. Los más aptos socialmente debían ser aquellos que poseían más capacidad y la transmisión biológica de ésta se manifestaba en su destacada posición permanente en los estratos elevados de dirección y posición sociales. Por otra parte, las demandas prácticas a nivel educativo y de organizaciones industriales, militares y de servicio para distinguir y seleccionar a los que podrían tener mayor éxito en sus estudios u ocupaciones, auspiciaron el desarrollo de un sinnúmero de instrumentos de medición de la inteligencia, en la forma de habilidades, destrezas, funciones, capacidades o facultades.

No obstante, como la propia historia del estudio de la inteligencia lo atestigua, hoy día no se cuenta con una teoría articulada sobre la naturaleza de la inteligencia como una función o proceso distinto a las funciones y procesos que se estudian para dar cuenta de los determinantes y circunstancias que influyen en el comportamiento. El estudio de la inteligencia, lamentablemente, constituye un campo de gran desarrollo práctico y metodológico, pero con muy poco sustento teórico y empírico riguroso. Este estado de cosas se debe, en gran medida, a la ambigüedad y confusión conceptuales vinculadas al término *inteligencia*.

LA INTELIGENCIA COMO CATEGORÍA ADVERBIAL: EL COMPORTAMIENTO EFECTIVO Y VARIADO

Desde los estudios de Galton, la inteligencia se concibió como una dotación biológicamente determinada que los individuos poseían en distinto grado. Se pensaba que la inteligencia, ya fuera como una capacidad general o como un conjunto de capacidades, constituía una disposición para aprender o para desarrollar conductas de solución de problemas. Al inferir la inteligencia a partir de la manera en que individuos distintos resolvían problemas, el concepto de inteligencia se fundamentó, necesariamente, en las diferencias observadas en el desempeño entre los diversos miembros de una población determinada. De este modo, al aplicar una prueba, por ejemplo de memorización, a los niños de un salón de clases, se observaba que cada niño lograba un número distinto de aciertos.

Si se representan los puntajes obtenidos en la prueba como una distribución de frecuencias, dichos puntajes deberían distribuirse como una curva normal, en la forma de una campana, con la mayor cantidad de individuos representados en el centro de la campana, y el menor número en cada uno de los extremos (figura 8-1). Los individuos de un extremo (el izquierdo) serían los menos dotados (los de menor CI), mientras que los del otro extremo serían los superdotados (los de mayor CI). El concepto de inteligencia, como se desarrolló a partir de la medición de diferencias individuales ante distintas pruebas, se fundamentó en la comparación de los puntajes alcanzados por un individuo respecto de los demás miembros de la población de la que formaba parte.

La ubicación de un individuo particular en una distribución de puntajes de rendimiento normalizada en una población, constituía el diagnóstico de cuanta inteligencia «tenía», dependiendo obviamente de la naturaleza de las pruebas empleadas y de las suposiciones respecto del tipo de capacidades o facultades que se medían. Partiendo del hecho de que las pruebas de inteligencia constituyen instrumentos que obtienen puntajes

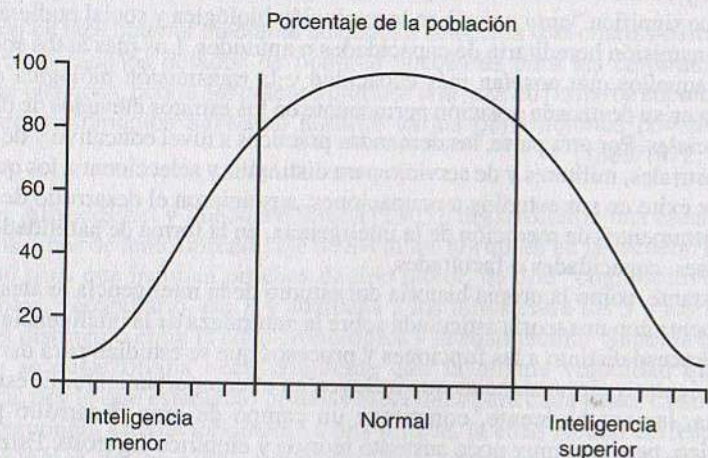


Figura 8-1. Representación gráfica de los niveles de inteligencia en una población dada.

derivados de los aciertos y errores que cometen los individuos, el CI que se obtiene es una representación de los logros o resultados acumulados durante el total o en las distintas secciones de las pruebas. El total de logros (o aciertos) acumulados se convierte, a través de su transformación en un CI, en una medida de la cantidad y tipo de inteligencia que se posee, lo que ubica al individuo en una escala de distribución de la inteligencia en la que se es más inteligente que el promedio, tan inteligente como el promedio, o menos inteligente que el promedio.

De acuerdo con la lógica de la medición de la inteligencia, se considera que cuando se ha mostrado un desempeño con altos o bajos logros, las conductas involucradas en dicho desempeño son más o menos inteligentes porque constituyen indicios de la gran o poca capacidad poseídas. Desde esta perspectiva, la inteligencia constituye un continuo, en donde algunos tienen mucho (los superdotados), otros regular (los normales) y algunos poco (los subdotados o no inteligentes). Todo individuo se ubicará en algún punto de este continuo.

Los investigadores dedicados al estudio de la inteligencia se han planteado el problema de si existe un solo tipo de inteligencia, general y universal, o si, por el contrario, existen varios tipos de inteligencia, independientes entre sí. Estos planteamientos no se han derivado de la investigación experimental ni de la reflexión teórica sobre el concepto de inteligencia y su necesidad lógica, sino que provienen de las estrategias y metodologías adoptadas para desarrollar sus instrumentos de medición. De existir una inteligencia general o universal (el factor *G* propuesto por Spearman) las diversas pruebas deberían mostrar una alta correlación entre ellas (la llamada validez de construcción). De ser la inteligencia una serie de capacidades independientes (los factores *S*, también propuestos por Spearman), habría baja correlación entre los desempeños en las distintas pruebas.

Desde los primeros trabajos realizados por Binet, la evidencia empírica no parece apoyar la existencia de una inteligencia general, sino más bien la ocurrencia de comportamientos de solución de problemas independientes entre sí. A pesar de ello, los instrumentos que miden la inteligencia siguen calculando CI con lo que sugieren, contradictoriamente, la existencia de una inteligencia unitaria. El único factor que parece ser común a todas las formas de medir la inteligencia es que, en última instancia, el desempeño evaluado consiste en resolver problemas.

El uso del término *inteligencia* está ligado siempre a la demostración o posibilidad de resolver un problema. Se dice que alguien es inteligente o tiene inteligencia cuando demuestra ser capaz, o ha demostrado capacidad previamente, para resolver problemas en una o varias situaciones. Cuando se usa el término *inteligencia* hablando de su posesión o atribución, la inteligencia no corresponde a una entidad o cualidad visible de una entidad, como ocurre cuando se habla de la estatura de una persona. Cuando se dice que alguien es alto o tiene una determinada estatura, la cualidad de ser alto es directamente observable como una atribución o cualidad de la persona. La estatura de una persona puede señalarse, ejemplificarse y verificarse con una cinta métrica o comparándola con la de otra persona o la de algún objeto con una altura determinada. En cambio, cuando se habla de que alguien es o posee inteligencia, la expresión no se interpreta de la misma manera.

Se dice que alguien es inteligente cuando se cumplen una de dos condiciones. Una, tiene que ver con que en el pasado la persona haya resuelto de manera efectiva diversidad de problemas. Otra, es que al enfrentar la solución de un problema, la persona no sólo sea efectiva, sino que además lo haga de manera variada y diversa. En el primer caso, la inteligencia se refiere a una capacidad, categorización que se examinó de mane-

ra detallada en el capítulo 1. En el segundo caso, la inteligencia tiene que ver con la *manera* en que se realiza un comportamiento o desempeño, es decir, se habla de la inteligencia en la medida en que la persona se comporta de manera inteligente o *inteligentemente*. La inteligencia constituye, en este uso, un concepto de tipo *adverbial*, dado que se refiere a una característica de las acciones de la persona, características que satisfacen el criterio de solución de un problema de manera variada. El término *inteligente* califica a la conducta en su ejercicio (Ribes, 1981).

Poseer inteligencia implica comportarse de manera inteligente, y comportarse de manera inteligente significa resolver un problema de manera efectiva y variada. Al subrayar el carácter adverbial del concepto de inteligencia, Ryle (1949) lo ejemplificó comparando la conducta inteligente y la conducta de viajar. Ser inteligente no es equivalente a conocer un camino. Ser inteligente es equivalente a conocer el destino a donde se va y poder optar de entre diversos caminos para llegar a él. De este modo, ser inteligente significa llegar a un destino, pero también poder llegar a él a través de distintas rutas. Si se concibe a la conducta inteligente como conducta efectiva y variada respecto de la solución de un problema (o la satisfacción de un criterio), entonces se le puede comparar con aquellas otras conductas que satisfacen sólo parcialmente o no satisfacen en lo absoluto ambas características: efectividad y variedad (Ribes, 1989).

Cualquier conducta podría ser ubicada en una matriz (figura 8-2), en la que cada una de las celdillas correspondería a uno de los dos posibles valores de las características de efectividad y variedad. De este modo se tendrían cuatro celdillas posibles y cuatro tipos diferentes de conducta. En una se ubica la conducta variada y efectiva, que corresponde a la conducta *inteligente*. En otra, está la conducta efectiva pero no variada, lo que se conoce como *destrezas, rutinas o hábitos*. En una tercera, se halla la conducta no efectiva pero variada, es decir, lo que se describe como conducta *creativa*. Finalmente, en una última celdilla, se ubica la conducta no variada y no efectiva, a la que se podría llamar conducta *deficiente*.

Debe destacarse que, de acuerdo con esta forma de examinar al comportamiento inteligente, las conductas que no satisfacen el doble criterio que define a la conducta

	Variación	Sin variación
Efectividad	Conducta inteligente	Conducta diestra y rutinaria
Inefectividad	Conducta creativa	Conducta deficiente

Figura 8-2. Relación entre la efectividad y la variación de la conducta.

inteligente no son consideradas necesariamente deficientes, como ocurre en las concepciones psicométricas de la inteligencia. De acuerdo con este criterio, las conductas deficientes son aquellas que no cumplen ninguno de los dos criterios que definen a la conducta inteligente: efectividad y variedad. Cuando los desempeños cumplen cualquiera de los dos criterios, aunque no se les considera como comportamientos inteligentes, tampoco son categorizados como comportamientos deficientes. Se ajustan a las características del comportamiento creativo (conducta variada solamente) o del comportamiento rutinario o diestro (conducta efectiva solamente).

Lo siguiente puede ayudar a aclarar esta manera de distinguir al comportamiento inteligente de otro tipo de comportamientos:

- En el comportamiento inteligente, el desempeño es efectivo y variado. Se cumple un criterio de eficacia, pero se puede hacerlo y se hace de maneras distintas, dependiendo de las circunstancias. Por ejemplo, si se enseña a un niño en la escuela primaria a dibujar un círculo con un compás, el niño muestra comportamiento inteligente cuando, al carecer del compás, emplea una moneda o un objeto circular para trazar el círculo.
- El comportamiento diestro muestra un desempeño efectivo, pero no variado. Un ejemplo de este tipo de comportamiento es el del técnico automotriz experimentado que cada vez que identifica o se le reporta una falla en un motor aplica siempre la misma solución, a saber, cambiar o limpiar bujías, cambiar empaques, etc. No es un comportamiento inteligente, aunque sí diestro, cuando ocurre una de dos circunstancias: que ante la misma falla aparente se use la misma solución sin fortuna o que, bien diagnosticada la falla, ésta no se puede reparar porque no hay bujías o no se sabe cómo limpiar las bujías del automóvil en cuestión.
- En el comportamiento creativo el desempeño es variado pero no efectivo. Un ejemplo de este caso es el de un pintor, que cambia continuamente la temática y el estilo de sus obras, pero que no logra dar la composición adecuada a la pintura. Aunque no logra resolver satisfactoriamente la composición del cuadro, su comportamiento es creativo en la medida en que varía las formas con las que intenta lograr ese efecto.
- El comportamiento deficiente conlleva un desempeño repetitivo e inefectivo. Un ejemplo de este tipo de conducta es el de la persona que quiere apagar un fuego y, para hacerlo, sopla de manera repetida.

INTELIGENCIA, HABILIDAD Y COMPETENCIA

Cuando se identifica al comportamiento inteligente con el desempeño efectivo y variado, se habla de ser competente. El concepto de *competencia* se vuelve esencial para examinar el comportamiento inteligente.

Tradicionalmente, los estudiosos de la inteligencia, en la medida en que han supuesto que se trata de una función, capacidad o proceso esencial para el conocimiento y la adaptación, han especulado respecto de como identificar desempeños que puedan permitir inferencias sobre las distintas funciones cognoscitivas y los diversos comportamientos adaptativos que constituyen o se manifiestan "a través" de la inteligencia. Así, ha surgido una gran diversidad de pruebas o *tests* de inteligencia diseñadas para medir, mediante el

desempeño visomotor o verbal requerido, el desarrollo o grado cuantitativo de una o varias funciones cognoscitivas supuestamente vinculadas con la inteligencia como capacidad o conjunto de capacidades para solucionar problemas o para aprender.

Esta estrategia ha llevado a la formulación y validación de múltiples funciones intelectuales, vinculadas todas a las características y supuestos de cada uno de los *tests* o instrumentos diseñados y empleados. Al mismo tiempo, la "existencia" de una diversidad casi infinita de factores o funcionales intelectuales, ha auspiciado el desarrollo de clasificaciones paralelas, sin fundamento empírico y experimental independiente al de las pruebas e instrumentos que las validan.

Lo anterior ha dado lugar a dos maneras de proceder poco fructíferas. Por una parte, se ha dado una enumeración exhaustiva de capacidades, funciones y factores de inteligencia, de difícil integración teórica. Por otra, se han propuesto modelos teóricos que tratan de fundamentar y validar *a posteriori* como dichas funciones o factores pueden "integrar" las casi infinitas formas de medición supuestamente "correlacionadas" con ellas.

Una forma alternativa de examinar el comportamiento inteligente es analizando los elementos o factores que participan en el ejercicio de la conducta efectiva y variada. Se examinarán cinco factores principales que describen características y propiedades del comportamiento inteligente en distintos niveles. Estos factores son la morfología de la conducta, la morfología de los objetos y acontecimientos de estímulo, las habilidades, las competencias y los criterios de eficacia.

El comportamiento de un individuo se puede describir con base en su morfología, es decir, de acuerdo con la forma de sus distintas acciones o respuestas en una situación. Así, la morfología de la conducta abarca las formas de movimientos limitados y sutiles como puede ser la posición de un dedo, movimientos generales como cuando se salta o se corre, expresiones y gestos faciales y corporales, y también la articulación de sonidos. Aunque el humano, como cualquier otro organismo, tiene un número limitado de movimientos y sonidos articulados posibles, su combinación y organización en tiempo y en espacio pueden ser prácticamente infinitas. La diversidad de las lenguas basadas en un número reducido de fonemas, y la plasticidad inagotable de expresiones artísticas como la danza, son ejemplos notables de como las morfologías del comportamiento motor y verbal pueden constituir patrones y secuencias coordinadas de gran variedad.

Dada la gran variedad posible de morfologías del comportamiento, tendría poco sentido hacer un listado de aquellas conductas motoras y verbales que "reflejan" o "manifiestan" un tipo u otro de inteligencia. El listado sería interminable y de difícil clasificación, así que se debe buscar una estrategia opcional. En la medida en que el comportamiento no ocurre en el vacío, sino que lo hace siempre en un medio y en relación con objetos y acontecimientos de estímulo, la identificación del comportamiento inteligente no puede realizarse sin identificar simultáneamente las circunstancias en las que tiene lugar. Por ello, al describir el comportamiento inteligente, no solo se identifican las morfologías de conducta que tienen lugar, sino que también se hace lo propio respecto de la situación en que la conducta ocurre. Al describir la situación, se identifican los objetos y acontecimientos con los que se interrelaciona la ocurrencia de un conjunto de morfologías de comportamiento.

Los objetos y los acontecimientos de estímulo también pueden ser descritos con base en sus propiedades morfológicas, por ejemplo, la intensidad, tono y duración del chirriar de una puerta, o bien las características del mecanismo para abrirla (ya sea una perilla

redonda o rectangular, una llave que se acciona, una fotocelda, o una aldaba o campana que deben tocarse). El comportamiento inteligente siempre es comportamiento ante algo o respecto de algo. Por consiguiente, al describir al comportamiento como inteligente se tiene que especificar ante qué es inteligente. De otro modo, se supondría que las morfologías de la conducta por sí solas son indicadores del ser inteligente, al margen de sus resultados en relación a objetos y acontecimientos en una situación determinada.

Cuando la morfología del comportamiento se ajusta o corresponde a las propiedades y/o morfologías de los objetos y acontecimientos de estímulo, se describe lo que se han llamado *habilidades* y *destrezas*. Se dice que alguien es hábil o diestro cuando su comportamiento se ajusta o amolda a las características del objeto o acontecimiento con el que se relaciona. Así, por ejemplo, decir que alguien es hábil con los naipes de una baraja significa que los movimientos de sus dedos se realizan de tal manera que mezcla con rapidez los naipes o los distribuye con precisión sobre la mesa, etc. No se es hábil o diestro con los naipes cuando los movimientos son lentos y torpes y la forma en que se realizan provoca que los naipes se atoren unos contra otros, y así por el estilo.

La habilidad para "dominar" o "controlar" una pelota de fútbol depende también de que el golpe, el balanceo, la elevación, la flexión y la rapidez del movimiento de la pierna y el pie coincidan con el tamaño y peso de la pelota, entre otras cosas. De igual manera, la habilidad para bailar no se identifica sólo a partir de que la persona pueda ejercitar los movimientos típicos de un ritmo o danza, sino que tiene que hacerlo bailando con su pareja, y en la situación en que, por lo regular, ese baile se realiza. Del mismo modo, tocar el piano implica múltiples movimientos de los dedos, muñecas y antebrazos, entre otras cosas, pero no se afirma la habilidad de tocar el piano solamente porque una persona pueda hacer esos movimientos en cualquier superficie. Tiene que hacerlos sobre un teclado y siguiendo e interpretando una partitura determinada.

Queda claro, entonces, que una habilidad o destreza no consiste solo en ejercitar un patrón de movimientos determinados, sino que ese ejercicio debe hacerse en correspondencia con los objetos y acontecimientos de estímulo que establecen la pertinencia y correspondencia *funcional* de las morfologías de conducta implicadas.

Una habilidad, por consiguiente, consiste en un conjunto de morfologías de conducta (o respuestas) pertinentes y funcionales a las morfologías y propiedades de determinados objetos y acontecimientos de estímulo en una situación específica. En este sentido, es posible afirmar que una habilidad constituye una correspondencia funcional de morfologías de estímulo y respuesta.

¿Cuántas o qué tipo de habilidades se pueden identificar? En la medida en que la situación de estímulo determina la pertinencia y funcionalidad de diversas formas de organización de morfologías de comportamiento, se puede afirmar que hay tantas habilidades como demandas situacionales posibles para que el comportamiento se ajuste o adecue a las propiedades y características de los objetos y acontecimientos de estímulo. Por esta razón carece de sentido intentar una clasificación de las habilidades intelectuales. Son infinitas como lo son las situaciones en que las personas deben ajustar las morfologías de su comportamiento a los requerimientos o demandas de una situación, ya sea natural o social.

Para concluir el examen del comportamiento inteligente es necesario considerar dos conceptos adicionales: los *criterios* y las *competencias*.

Un criterio es una norma para juzgar o una regla para determinar si algo cumple o no con determinada propiedad. En este caso, el criterio se refiere a si un conjunto variado de

actos o comportamientos cumplen o no con un requerimiento específico de efectividad o eficacia. El criterio establece las características que debe cumplir un comportamiento para ser efectivo en una circunstancia determinada. En algunas ocasiones, como ocurre en los problemas matemáticos o en problemas presentados a través de textos, el criterio de eficacia o efectividad a ser cumplido es explícito. Sin embargo, en muchas otras ocasiones, el criterio de eficacia es implícito a diversos factores cambiantes en la situación, especialmente cuando las opciones de solución pueden ser varias y no una sola. El criterio no solo establece el requerimiento de efectividad a ser satisfecho, sino que también permite identificar la manera en que el comportamiento cumple con dicho requerimiento.

De este modo, el criterio prescribe necesariamente un resultado o logro de la conducta. En ocasiones, el criterio prescribe también la manera en que dicho logro debe producirse. En otras, el criterio debe identificarse una vez que ha ocurrido la conducta que produce el logro, específicamente en aquellas circunstancias en que el logro es *indiferenciado*, pues puede ser resultado del cumplimiento de distintos criterios. Los criterios diferenciados establecen un logro o resultado y las posibles maneras de producirlo. Los criterios indiferenciados sólo establecen un logro, sin distinguir las maneras distintas de obtenerlo. En el primer caso, el criterio especifica el resultado y el tipo o variedad de comportamientos requeridos para producirlo; en el segundo, sólo se especifica el resultado, de modo que el tipo o variedad de comportamiento efectivo debe identificarse una vez que se cumple el requerimiento.

Un ejemplo puede ayudar a comprender esta distinción y el papel del criterio en la identificación del comportamiento inteligente. Se puede pedir que se resuelva una multiplicación entre dos cantidades con dos números por dos números (p. ej., 23×45). El resultado es 1035, pero puede ser obtenido de maneras *cualitativamente* distintas. La manera más sencilla es mediante una calculadora, marcando las dos cifras y el operador de multiplicación. Alguien puede resolver la multiplicación porque ha memorizado las tablas correspondientes. Otra persona puede resolverla de la manera más frecuente que es sumando en un papel dos multiplicaciones, la de 3×45 con la de 2×45 . También se puede resolver sumando 23 veces 45. O bien, alguien puede resolverlo multiplicando verbalmente (en «silencio» o en voz alta) 20×45 y 3×34 y sumando los dos productos.

En todos estos casos, el producto de la multiplicación siempre es el mismo, pero las maneras de obtenerlo pueden ser diferentes. Cuando el criterio es indiferenciado, sólo requiere del resultado de la multiplicación (como suele ocurrir en la escuela), pero para conocer *cómo* se obtuvo ese resultado y la manera de lograrlo, sería necesario observar lo que hace la persona al obtener el resultado. Un criterio diferenciado, por el contrario, exigiría a la persona que dijera el resultado de una multiplicación, calculándolo como un conjunto de sumas e, incluso, se podría especificar todavía más si se distinguiera entre hacer el cálculo sólo verbalmente o hacerlo con ayuda de papel y lápiz.

El concepto de *competencia* se aplica cuando, además de estipular un requerimiento de logro, se especifica la manera o maneras de obtenerlo. Una competencia, desde este punto de vista, consiste en comportamiento inteligente que satisface un criterio diferenciado, criterio que incluye el logro a producirse y la(s) manera(s) de hacerlo.

¿En qué se distingue una habilidad de una competencia? Las habilidades siempre forman parte de una competencia, pero lo que define a la competencia no son las habilidades que la componen sino el criterio diferenciado que determina qué habilidades son pertinentes y funcionales para el logro estipulado. Podría decirse que una competencia consiste en las

habilidades que son funcionales y pertinentes para el cumplimiento de un criterio diferenciado, es decir, aquellas morfologías de conducta que permiten cumplir un logro de cierta(s) manera(s) respecto de objetos y acontecimientos específicos en una situación.

Planteado de esta manera, el comportamiento inteligente se identifica como comportamiento definido por criterios situacionales. La inteligencia no es una propiedad del comportamiento, sino una demanda de la situación. El comportamiento inteligente se estructura a partir de las habilidades que son pertinentes dado un criterio situacional. No hay habilidades que sean constituyentes necesarios de una competencia determinada. Por el contrario, las habilidades son contingentes al criterio que establece las características del comportamiento inteligente. De este modo, las habilidades conforman una competencia en la medida en que son efectivas para obtener un logro bajo un criterio diferenciado particular, y pueden ser reemplazadas por otras habilidades cuando la competencia prescribe un logro semejante pero bajo un criterio diferenciado distinto.

Una competencia es un conjunto de habilidades que se ajustan a un criterio de efectividad, tanto en lo que se refiere al logro o resultado como en lo que toca a la manera de obtenerlo o producirlo. Retomando el ejemplo de la multiplicación de dos números de dos cifras, se puede entender claramente por qué la competencia se identifica con base en el criterio y, dependiendo de este último, uno u otro conjunto de habilidades constituyen una competencia determinada.

Si la multiplicación se resuelve mediante una calculadora, la competencia se define no sólo por el resultado de la multiplicación sino por el conocimiento y precisión en el manejo de la computadora, por ejemplo, saber oprimir las teclas con la fuerza apropiada, hacerlo con cierta velocidad, no presionar la tecla de otra operación, cotejar la pantalla con lo que se teclea, etc. En cambio, cuando la competencia se define en términos de operaciones verbales (silentes o audibles) que indiquen que se conoce la naturaleza conmutativa y aditiva de la multiplicación, las habilidades vinculadas al manejo de una calculadora son irrelevantes, e incluso pueden obstaculizar el aprendizaje y desempeño de esta segunda competencia.

En el segundo caso, se tiene que saber descomponer cada cifra en componentes con cero de fácil multiplicación (agregar un cero a la cifra que no acaba en cero), multiplicar verbalmente las diferencias, sumar verbalmente los productos parciales, ya sea en cifras componentes o los totales, etc. En ambos casos, el resultado del desempeño es el producto de una multiplicación. Sin embargo, las maneras en que se cumple este criterio son diferentes.

Las habilidades comprendidas en cierto tipo de competencia son totalmente distintas a las que constituyen algún otro. La diferencia de habilidades entre ambas competencias no refleja ninguna facultad o función cognoscitiva distinta entre las personas que resuelven la operación (de hecho, una misma persona puede realizar ambos tipos de operaciones). Lo que reflejan ambas competencias es la diferencia de criterio en la situación en que plantea el problema.

El comportamiento inteligente, como competencia, es comportamiento evaluado como tal con base en los criterios que establece una situación. La inteligencia no es una función del individuo que se refleja en su conducta. La inteligencia es una atribución que se predica de la conducta cuando se ajusta a una norma o criterio que estructura las circunstancias. El grado de ajuste del comportamiento, desde esta perspectiva, indica cuán inteligente es el desempeño con relación a un criterio de eficacia.

LA ENSEÑANZA DEL COMPORTAMIENTO INTELIGENTE Y LA EDUCACIÓN ESCOLARIZADA

El comportamiento inteligente es la consecuencia de un ambiente inteligente. Un ambiente inteligente es aquel que está estructurado de manera que establece con precisión los criterios de eficacia del comportamiento esperado en las diversas situaciones. Como ya se ha mencionado, dichos criterios de eficacia no sólo especifican los logros o resultados que se esperan como conducta o de la conducta, sino también las maneras en que dichos logros, productos o desempeños deben obtenerse. La escuela constituye el ambiente especializado para educar de manera programada, y educar, consiste básicamente en promover, a través del aprendizaje dirigido y estructurado, el desarrollo del comportamiento inteligente.

Desde esta perspectiva, la educación puede concebirse como el diseño de un ambiente inteligente (la escuela) cuyo proceso de operación promueva, mediante el aprendizaje estructurado (programado e incidental), el desarrollo del comportamiento inteligente. El comportamiento inteligente sólo puede tener lugar en un ambiente inteligente.

El comportamiento inteligente se enseña, primordialmente, a través del *discurso didáctico* (Ryle, 1949). El principio fundamental en el que se basa el discurso didáctico es que solo aquel que domina una competencia puede enseñarla. Aun cuando se enseña primordialmente con base en la demostración y el ejemplo, se requiere de máximas, instrucciones y descripciones que expliciten los criterios bajo los cuales dichos ejemplos y demostraciones son efectivos, las diversas maneras en que otros ejemplos y ejercicios de una competencia pueden también serlo. Por esta razón, el comportamiento inteligente, sean sus desempeños verbales o no verbales, se aprende siempre a través del discurso didáctico del que lo enseña.

El discurso didáctico no consiste únicamente en lecciones verbales sobre lo que se debe hacer y no hacer y en cómo hacerlo, sino que consiste en la lección aunada a la práctica como demostración, ejemplificación y ejercicio del desempeño a ser aprendido. El que domina una competencia enseña no sólo cómo realizar un desempeño, sino también las equivocaciones más frecuentes en su ejercicio. Además, muestra las diversas maneras en que puede obtenerse un logro, resultado o desempeño, así como las ventajas y desventajas entre un tipo de desempeño y otro, y sus correspondientes logros.

El discurso didáctico consiste no sólo en enseñar a otro cómo hacer, conocer y saber algo, sino también en cómo aprender a enseñarlo. El discurso didáctico surge como consecuencia de la autoenseñanza del que enseña. Únicamente el que ha aprendido de otro y de su propia experiencia, puede enseñar un desempeño a otra persona. Sólo es posible aprender de otro y de uno mismo cuando se habla y se escribe de lo que el otro y uno mismo hace. Se aprende mediante la propia palabra y, por ello, también se enseña mediante ella y el ejemplo de lo que se practica reflexionando con la palabra. La palabra otorga generalidad a lo que se aprende, en la medida en que la palabra siempre es parte integrante del ejercicio de un desempeño.

El discurso didáctico requiere de la ocurrencia de varios episodios entre el que enseña y el que aprende:

- La preparación, demostración y ejercicio variado del desempeño por aprender, y de los logros o resultados relativos de cada una de las variantes de ese desempeño.

- La identificación de los diversos elementos o componentes de una situación en la que se está aprendiendo, incluyendo los aspectos referidos al propio desempeño esperado en el aprendiz.
- La descripción del propio desempeño, que incluye poder referirse a los diversos comportamientos realizados, las circunstancias en que se realizaron, y los resultados erróneos o correctos de cada uno de las conductas. Aprender a describir el propio desempeño es un paso necesario, no sólo para poder repetirlo con éxito, sino también para aprender del propio comportamiento. Poder describir el desempeño efectivo o inefectivo representa que la persona sabe lo que se hace y cómo se hace.
- Identificar o formular la regla, máxima, criterio o principio que define lo que se está aprendiendo. La formulación de una regla o criterio implica abstraer lo que comparan todos los desempeños efectivos e inefectivos ya descritos, de tal modo que los diversos ejercicios puedan ser reconocidos e identificados como variantes de un solo desempeño general.
- Aplicar la regla, criterio o máxima en nuevas situaciones o con desempeños diferentes a los ejercitados previamente. Ejercitar la conducta de manera variada y efectiva requiere que, una vez que se sabe “por qué” y en que circunstancias es eficaz el comportamiento, la persona pueda aplicar ese “saber cómo” en condiciones distintas. Siguiendo la metáfora empleada por Ryle, aplicar una regla significa seleccionar nuevos destinos a los cuales llegar, una vez que se sabe cómo identificar las diversas rutas opcionales que conducen a ellos.
- Enseñar a otros lo aprendido, lo cual no es más que ser capaz de transformar el desempeño aprendido en discurso didáctico, respecto de ese desempeño o de otros semejantes. Enseñar lo aprendido es la mejor manera de comprobar que se aprendió de manera inteligente.

El comportamiento inteligente, en la medida en que se concibe como comportamiento efectivo y variado, está íntimamente vinculado con la *transferencia* del aprendizaje. El término transferencia se usa de dos maneras. En una, se habla de transferencia del aprendizaje cuando el tiempo o el número de repeticiones requeridas para aprender algo nuevo se reduce como efecto de haber aprendido algo antes. En la otra, se habla de transferencia cuando el aprendizaje de un desempeño bajo entrenamiento permite que se “aprenda” un nuevo desempeño sin necesidad de entrenamiento.

Los tres primeros episodios abarcados en el proceso del discurso didáctico ilustran el primer uso del concepto de transferencia; los tres últimos ilustran el segundo. En ambos, sin embargo, la transferencia sólo subraya la facilitación de un nuevo desempeño por el aprendizaje previo. Queda claro en este análisis que la transferencia del aprendizaje no ocurre como resultado de una función intelectual desconocida, sino que es consecuencia de los procedimientos estructurados a través del discurso didáctico.

La transferencia, como metáfora, sugiere que el aprendizaje de algo se pasara o trasladara al aprendizaje de otra cosa. Pero ya se ha aclarado que el aprendizaje no constituye un tipo de resultado permanente en el organismo o una actividad especial subyacente que permite que otros desempeños se adquieran. El aprendizaje tan sólo significa que se ha logrado un cambio, ya sea en la forma de producto, resultado o desempeño.

El término *transferencia* sólo describe que el desempeño aprendido en una situación es *aplicable* en otra, ya sea porque se requieren desempeños semejantes, ya sea

porque el desempeño de una situación puede facilitar que la persona identifique los criterios de ejecución en la otra. Se podría decir que la transferencia del aprendizaje es evidencia de que el comportamiento aprendido es comportamiento inteligente y que, por consiguiente, la enseñanza estructurada como discurso didáctico es reflejo, a su vez, de un ambiente inteligente.

La escuela —como institución encargada de la educación— debería, idealmente, ser el ambiente inteligente por excelencia. La función de educar contempla dos objetivos fundamentales: 1) auspiciar, promover y asegurar el aprendizaje, programado e incidental, de las diversas formas de saber y conocer que una sociedad considera necesarias y valiosas; 2) que este aprendizaje ocurra de manera inteligente, es decir, que se manifieste como comportamientos efectivos y variados para la solución de problemas de la vida cotidiana y de trabajos especializados, a la vez que se promueve su transferencia para el aprendizaje permanente y continuo. A fin de cumplir con estos objetivos, el proceso educativo debería satisfacer los siguientes requerimientos:

- Tendrían que formularse los criterios de aprendizaje de manera explícita para cada uno de los objetivos o metas de conocimiento y saber hacer. Dichos criterios estipularían las competencias a ser aprendidas, como conjuntos de habilidades relacionadas a la obtención de un logro, resultado o tipo especial de desempeño. La especificación de competencias reemplazaría a la enumeración de conocimientos como "información" por adquirir.
- La enseñanza debería estructurarse en la forma de discurso didáctico, de modo que los procedimientos educativos consistieran en la ejemplificación, demostración y ejercicio de los criterios de desempeño requeridos y su aplicación.
- Los medios y modalidades de la enseñanza tendrían que supeditarse a los requerimientos de las competencias a ser aprendidas, así como a la naturaleza del discurso didáctico pertinente. Las ilustraciones, demostraciones, textos, proyecciones audiovisuales, prácticas directas, ejercicios, tutorías, conferencias, y otras modalidades y medios adicionales, no promueven o facilitan el aprendizaje por sí mismos. Estos medios y modalidades son funcionales sólo cuando son pertinentes a los criterios de aprendizaje y a las características de los desempeños a promover.
- La conducta de estudio debe concebirse como los comportamientos que desarrolla el aprendiz o estudiante para cumplir con los criterios de aprendizaje. El aprendizaje de competencias, en la forma de desempeños variados y los logros o resultados correlativos, requiere de conductas *auxiliares* que permitan al aprendiz interactuar con el discurso didáctico y los medios y modalidades de enseñanza empleados. La conducta de estudio comprende a los comportamientos que se aprenden y a aquellos mediante los cuales se aprende. Para que la conducta de estudio cumpla con los criterios de aprendizaje es necesario especificar y establecer previamente, si es necesario, 1) aquellos desempeños pertinentes a la identificación de criterios, 2) la interacción adecuada con los medios de enseñanza-aprendizaje (incluidas las habilidades lingüísticas vinculadas a escuchar, observar, leer, escribir, indicar y hablar) y 3) el seguimiento riguroso de los diversos episodios que constituyen el proceso del discurso didáctico. La conducta de estudio, al contrario de lo que se plantea tradicionalmente, no es asunto de dedicación y esfuerzo temporal. Es un asunto de pertinencia funcional de lo que el estudiante hace respecto de lo que debe aprender.

Referencias

- Ainsworth, M. D. S. "The development of infant-mother attachment". En: Caldwell, B. M. y Ricciuti, H. N. (Eds.) *Review of child development research*. Vol. 3. Chicago: University of Chicago Press, pp. 216-232. 1973.
- Ainsworth, M. D. S. y Bell, S. M. "Some contemporary patterns in the attachment situation". En: Ambrose, A. (Ed.) *Stimulation in early infancy*. London: Academic Press, pp. 267-280. 1969.
- Alcaraz, V. M. La función de síntesis del lenguaje. Trillas, México. 1980.
- Alcaraz, V. M. Una mirada múltiple sobre el lenguaje. Universidad de Guadalajara, México. 2000.
- Alcaraz, V. M. y Martínez-Casas, R. Algunos elementos para la formulación de una teoría del lenguaje. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2 (1), 57-104. 1994.
- Austin, J. L. Cómo hacer cosas con palabras. Buenos Aires, Paidós. 1988.
- Bates, E., Benignini, L., Bretherton, I., Camaioni, L. y Volterra, V. The emergence of symbols: cognition and communication in infancy. *Academic Press*. New York. 1979.
- Berko, G. J. The development of language. Allyn and Bacon, New York. 5a. ed. 2000.
- Bijou, S. W. y Baer, D. M. Behavior analysis of child development. Englewood Cliffs, Prentice Hall. 1978.
- Binet, A. y Simon, Th. Methodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *Année Psychologique*, 11, 191-244. 1905.
- Bloom, L. Language development. Form and function in emerging grammars. Cambridge, Ma., MIT Press. 1970.
- Boakes, R. From Darwin to behaviorism. Cambridge: Cambridge University Press. 1984.
- Bornstein, M. H. Perceptual anisotropies in infancy: Ontogenetic origins and implications of inequalities in spatial vision. En: Reese, H. W. y Lipsitt, L. P. (Eds.) *Advances in child development and behavior*, 16. pp. 77-123 Academic Press, New York. 1982.
- Bornstein, M. H. y Arterberry, M. E. Perceptual Development. En: Bornstein, M. H. y Lamb, M. E. (Eds.) *Developmental psychology: An advanced textbook*. New Jersey: Lawrence Erlbaum, pp. 231-274. 1999.

- Bower, T. G. R.** Object perception in infants. *Perception* 1, pp. 15-30. 1972.
- Bower, T. G. R.** Stimulus variables determining space perception in infants. *Science*, 149, pp. 88-89. 1965a.
- Bower, T. G. R.** The determinants of perceptual unity in infancy. *Psychonomic Science* 3, 323-324. 1965b.
- Bowerman, M. y Levinson, S.** Language acquisition and conceptual development (Language, culture and cognition 3). Cambridge, Cambridge University Press. 2001.
- Bowlby, J.** Separation anxiety. *International Journal of psychoanalysis*, 41, pp. 89-113. 1960.
- Braine, M. D.** Children's first word combinations. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 41. 1976.
- Bruner, J. S.** "Early social interaction and language acquisition". En: Schaffer, H. R. (Ed.) *Studies in mother-infant interaction*. New York: Academic Press, pp. 271-289. 1977.
- Bruner, J. S.** Child's talk: Learning to use language. New York, Norton. 1983.
- Canfield, R. L. y Haith, M. M.** Young infant's visual expectations for symmetrical and asymmetric stimulus sequences. *Developmental Psychology*, 27, pp. 198-208. 1991.
- Cohen, L. B.** Attention-getting and attention-holding processes of infant visual preferences. *Child Development*, 43, pp. 869-879. 1972.
- Crook, C. K.** Taste stimulation and the temporal organization of neonatal sucking. En: Weifenbach, J. (Ed.) *Taste and development: The ontogeny of sweet preference*. Washington: Government Printing Office, pp. 146-158. 1977.
- Dodwell, P. C., Humphrey, G. K. y Muir, D. K.** Shape and pattern perception. En: Salapatek, P. y Cohen, L. (Eds.) *Handbook of infant perception*. New York: Academic Press, pp. 1-77. 1987.
- Dore, J.** Holophrases, speech acts and language universals. *Journal of Child Language*, 2, 21-40. 1975.
- Fantz, R. L.** Pattern vision in young infants. *Psychological Record*, 8, pp. 43-47. 1958.
- Fantz, R. L.** Visual experience in infants: Decreased attention to familiar patterns relative to novel ones. *Science*, 146, pp. 668-670. 1964.
- Fantz, R. L. y Nevis, S.** Pattern preferences and perceptual-cognitive development in early infancy. *Merrill Palmer Quarterly*, 13, pp. 77-108. 1967.
- Fletcher, M. y Garman, M.** Language Acquisition. Cambridge University Press, New York. 1986.
- Forgus, R. H. y Melamed, L. E.** Percepción: estudio del desarrollo cognoscitivo. Trillas, México. 1972.
- Francis, P. L., Self, P. A. y Horowitz, F. D.** The behavioral assessment of the neonate: An overview. En: Osofsky, J. D. (Ed.) *Handbook of infant development*. Second edition. New York: John Wiley & Sons, pp. 723-779. 1987.
- Galton, F.** Hereditary genius: an inquiry into its laws and consequences. MacMillan, New York. 1869.
- Galton, F.** Inteligencia hereditaria. En: Sahakian, W. S. (comp.) *Historia de la psicología* (pp. 304-310). Trillas, México. 1869/1982.
- Gibson, E. J.** Principles of perceptual learning and development. New York: Appleton-Century Crofts. 1969.
- Grenier, A.** La motricité libérée par fixation manuelle de la nuque au cours des premières années de la vie. *Archives Françaises de Pédiatrie*, 38, pp. 557-561. 1981.

- Guilford, J. P.** La naturaleza de la inteligencia humana. Barcelona: Paidós. 1986.
- Haith, M. M.** Gratitude, perception-action interaction and future orientation in infant vision. En: Kessel, F., Bornstein, M. y Sameroff, A. (Eds.) *Contemporary constructions of the child*. pp. 23-43. Hillsdale: Lawrence Erlbaum. 1991.
- Haith, M. M., Hazen, C. y Goodman, G. S.** Expectation and anticipation of dynamic visual events by 3.5 month-old babies. *Child Development*, 59, pp. 467-479. 1988.
- Harlow, H.** The heterosexual affectional system in monkeys. *Psychologist*, 16, pp. 1-9. 1962.
- Harlow, H.** The nature of love. *American Psychologist*, 13, pp. 673-685. 1958.
- Helms, D. B. y Turner, J. S.** Exploring child behavior. New London: Saunders. 1975.
- Hilgard, E. y Bower, G.** Teorías del aprendizaje. Trillas, México. 1973.
- Hofsten, C. V.** Eye-hand coordination in the newborn. *Developmental Psychology*, 18, pp. 450-461. 1982.
- Illingworth, R. S.** Développement psychomoteur de l'enfant. Paris: Masson. 1990.
- Jeannerod, M.** The timing of natural apprehension movements. *Journal of Motor Behavior*, 16, pp. 235-254. 1984.
- Jusczyk, P.** The discovery of spoken language. Cambridge, Ma., MIT Press. 1997.
- Kail, M. y Fayol, M.** L'acquisition du langage. Paris, Presses Universitaires de France. 2000.
- Kantor, J. R.** La evolución científica de la psicología. Trillas, México. 1990.
- Kantor, J. R.** Principles of Psychology. Chicago: Principia Press. 1924.
- Kaye, K.** Milk pressure as a determinant of the burst-pause pattern in neonatal sucking. *Proceedings, 80th Annual Convention. APA*, 83-84. 1972.
- Kaye, K.** Toward the origin of dialogue. En: Schaffer, H. R. (Ed.) *Studies in mother-infant interaction*. pp. 89-117. New York: Academic Press. 1977.
- Kessen, W., Haith, M. M. y Salapatek, P. H.** Human infancy: A bibliography and guide. En: Mussen, P. (Ed.) *Carmichael's manual of child psychology*. pp. 287-445. New York: Wiley, 1970.
- Kimble, G.** Hilgard y Marquis. Condicionamiento y aprendizaje. Trillas, México. 1985.
- Kuo, Z.** The dynamics of behavior development. New York, Random House. 1967.
- Lécuyer, R.** Bébés astronomes, bébés psychologues. L'intelligence de la première année. Bruxelles: Mardaga. 1989.
- Lécuyer, R.** Habituation visuelle, réaction à la nouveauté et intelligence chez le nourrisson. pp. 815-831. *Bulletin de Psychologie*, 40. 1987.
- Lécuyer, R.** Les mécanismes d'acquisition des connaissances. En: Lécuyer, R., Pêcheux M. G. y Streri, A. *Le développement cognitif du nourrisson*. Tome 1, pp. 149-169. Paris: Nathan. 1994.
- Lorenz, K.** King Solomon's ring. New York: Crowell. 1952.
- McNeill, D.** Language and gesture (Language, culture and cognition 2). Cambridge, Cambridge University Press. 2000.
- Mellier, D.** La motilité du bébé prématuré. En: Jouen, F. y Henocq, A. (Eds.) *Du nouveau né au nourrisson: Recherche fondamentale et pédiatrie*. pp. 33-41. Paris: PUF. 1991.
- Mowrer, O.** Learning Theory and Symbolic Processes. New York, John Wiley and Sons. 1960.
- Mussen, P. H., Conger, J. J. y Kagan, J.** Desarrollo de la personalidad en el niño. 2a. Edición. Trillas, México. 1982.
- Nelson, K., Hampson, J. y Kessler-Shaw, L.** Nouns in early lexicons: Evidence, explanations and implications. *Journal of Child Language*, 20-61-84. 1993.
- Pavlov, I. P.** Reflejos condicionados e inhibiciones. Barcelona, Planeta-Agostini. 1993.

- Pêcheux, M. G.** Le nourrisson comme émetteur et comme récepteur. En: Lécuyer, R., Pêcheux, M. G. y Streri, A. *Le développement cognitif du nourrisson*. Tome 1, pp. 15-35. Paris: Nathan. 1994.
- Pêcheux, M. G. y Lécuyer, R.** Les méthodes d'étude du nourrisson. En: Rossi, J. P., Crombe, P., Lécuyer, R., Pêcheux, M. G. y Tourrette, C. (Eds.) *La méthode expérimentale en psychologie*. pp. 107-176. Paris: Dunod. 1989.
- Piaget, J.** La formación del símbolo en el niño. Fondo de Cultura Económica, México. 1961.
- Previc, F. H.** A general theory concerning the prenatal origins of cerebral lateralization in humans. *Psychological Review*, 98, 299-334. 1991.
- Ramsey, A. C. y Hess, E. H.** A laboratory approach to the study of imprinting. *Biological Bulletin*, 66, pp. 196-206. 1954.
- Reese, H. W. y Lipsitt, L. P.** Psicología experimental infantil. Trillas, México. 1976.
- Ribes, E.** La inteligencia como comportamiento: un análisis conceptual. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 15, número monográfico, 51-67. 1989.
- Ribes, E.** Psicología general. Trillas, México. 1990.
- Ribes, E.** Reflexiones sobre el concepto de inteligencia y su desarrollo. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 7, 107-116. 1981.
- Robertson, S. S.** Intrinsic temporal patterning in the spontaneous movements of awake neonates. *Child Development*, 53, pp. 1016-1021. 1982.
- Rochat, P.** Oral touch in young infants: response to variation of nipple characteristics in the first months of life. *International Journal of Behavioral Development*, 6, pp. 123-133. 1983.
- Rochat, P.** Self-sitting and reaching in 5- to 8-month-old infants: the impact of posture and its development on early eye-hand coordination. *Journal of Motor Behavior*, 2, pp. 210-220. 1992.
- Rosch, E. y Lloyd, B.** Cognition and categorization. Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum Associates. 1978.
- Rovee-Collier, C.** Learning and memory in infancy. En: Osofsky, J. D. (Ed.) *Handbook of infant development*. Second edition, pp. 98-148. New York: John Wiley & Sons. 1987.
- Ruff, H. A.** Infants manipulative exploration of objects: effects of age and object characteristics. *Developmental Psychology*, 20, pp. 9-20. 1984.
- Ruff, H. A. y Rothbart, M. K.** Attention in early development: Themes and variations. New York: Oxford University Press. 1996.
- Ryle, G.** The concept of mind. New York, Barnes & Noble. 1949.
- Sackett, G. P.** Some persistent effects of different rearing conditions on preadult social behavior of monkeys. *Journal of Physiological Psychology*, 64, pp. 363-365. 1965.
- Siqueland, E. R. y DeLucia, C. A.** Visual reinforcement of non-nutritive sucking in human infants. *Science*, 165, pp. 1144-1146. 1969.
- Skinner, B. F.** Verbal Behavior. New York, Appleton Century Crofts. 1957.
- Spitz, R. A.** Hospitalism. En: Fenichel, O. (Ed.) *Psychoanalytic study of child*. New York: International Universities Press, pp. 105-139. 1945.
- Sternberg, R.** Inteligencia humana. Barcelona: Paidós. 1987.
- Streri, A.** Motricité et sensori-motricité oculaire. En: Lécuyer, R., Pêcheux, M. G. y Streri, A. *Le développement cognitif du nourrisson*. Tome 1, pp. 121-134. Paris: Nathan. 1994.
- Streri, A. y Pêcheux, M. G.** Tactual habituation and discrimination of form in infancy: A comparison with vision. *Child Development*, 57, pp. 298-301. 1986.

- Teller, D. Y. y Bornstein, M. H.** Infant color vision and color perception. En: Salapatek, P. y Cohen, L. (Eds.) *Handbook of infant perception*. New York: Academic Press, pp. 185-236. 1987.
- Terman, L. M.** Genius and stupidity: A study of some of the intellectual processes of seven "brighter" and seven "stupid" boys. *Pedagogical Seminar*, 13, 307-373. 1916.
- Thelen, E.** Rythmical stereotypies in normal human infants. *Animal Behavior*, 27, pp. 696-715. 1979.
- Thorndike, E. L.** Animal intelligence. New York: MacMillan. 1911.
- Tomasello, M.** First verbs: A case study of early grammatical development. Cambridge, Cambridge University Press. 1992.
- Tomasello, M.** The role of joint attentional processes in early language development. *Language Sciences*, 10, 69-88. 1988.
- Van Wagoner, G.** The monkey. En: Farris, E. J. (Ed.) *The care and breeding of lab animals*. Chap. 6, pp. 57-68. New York: John Wiley. 1950.