

Amasando la caja

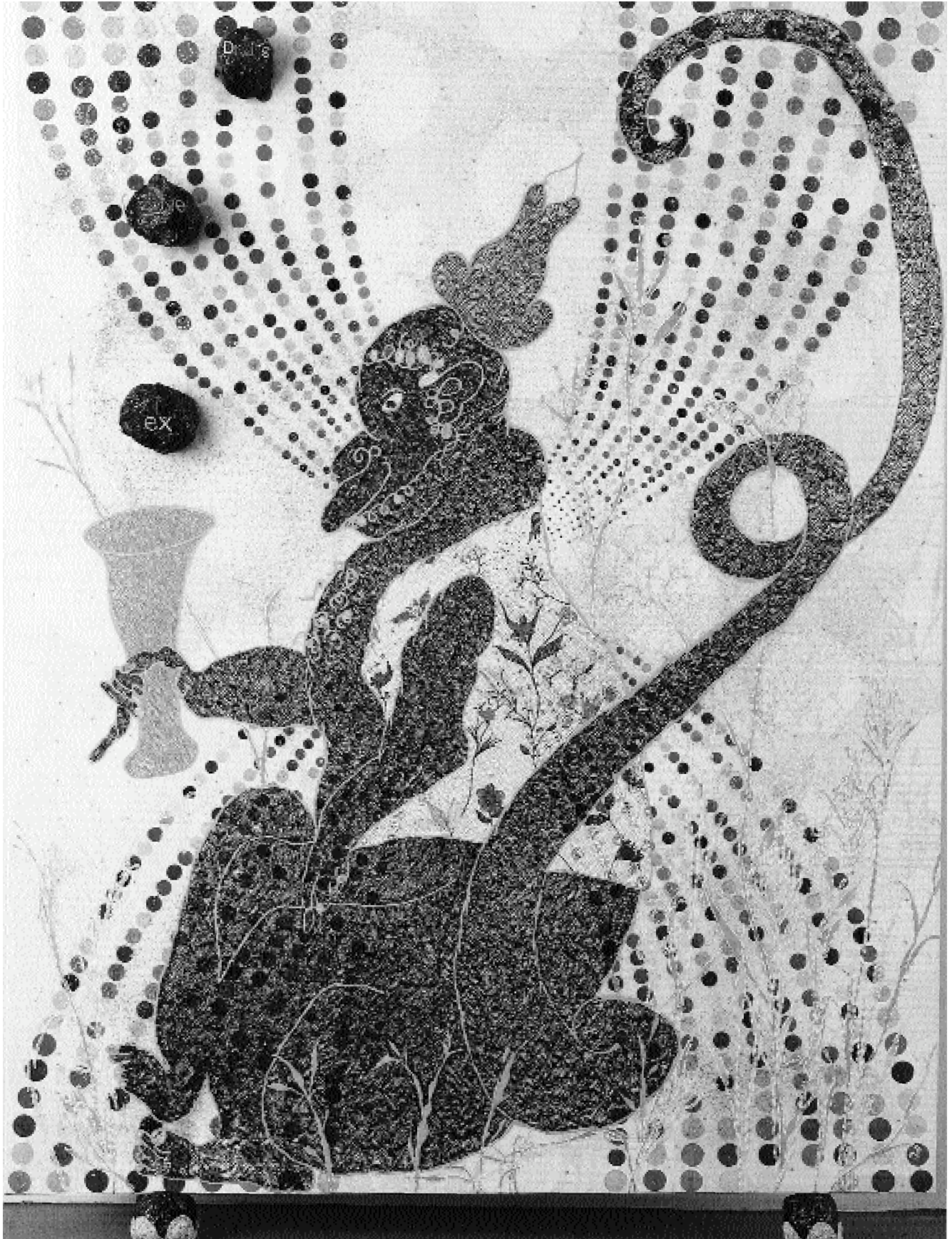
reflexiones sobre orientación y conducta

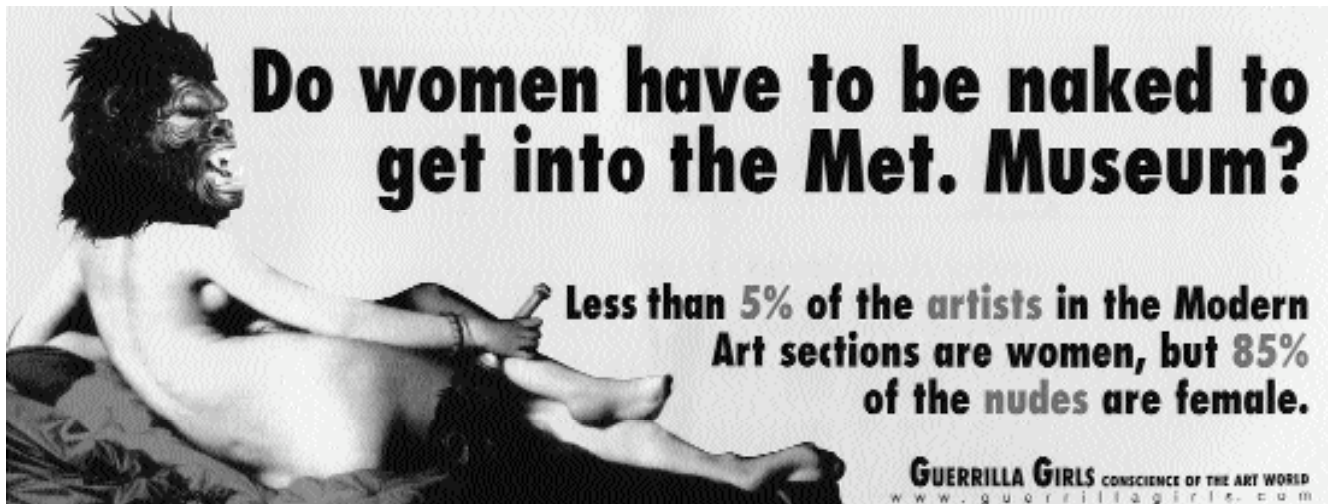
Muchos de los organismos que habitamos este planeta nos beneficiamos de la observación detallada de la conducta de otros. Los depredadores pueden estudiar atentamente los movimientos de sus posibles presas y detectar así el momento apropiado para atacar; por su parte, ellas están pendientes de los primeros para no convertirse en víctimas. El estudio biológico

de la conducta comprende un enorme campo de fenómenos con múltiples niveles de explicación. Sin embargo, las unidades básicas se encuentran en la ejecución espacio-temporal de movimientos. Por ejemplo, para entender por qué migran las mariposas monarca y de qué manera logran orientarse hacia un punto en particular, debemos analizar su conducta jun-

to con los estímulos ambientales que las rodean durante su migración.

En el tiempo, la conducta está compuesta por eventos de decisión que son de naturaleza discreta, un ciclo permanente donde el organismo siente, procesa y actúa; esta práctica le permite dirigir y ejecutar sus movimientos. A nivel sensomotor se busca definir las reglas que modulan los





eventos de decisión en la relación estímulo-respuesta ya que una unidad sensoriomotora representa el último producto de la interacción neural y el primero conductual.

El estudio de las relaciones entre estímulos y respuestas intenta asociar la probabilidad que tiene un comportamiento de ocurrir bajo determinadas condiciones, exteriores e interiores, percibidas por los sistemas sensoriales de los organismos. En protozoarios y esponjas la transmisión de la información es de tipo neuroide; en el resto de los animales es neural, a través de fibras nerviosas y sinapsis —uniones especializadas entre células nerviosas en donde las señales eléctricas o químicas se mueven de una célula a otra. Los que tienen sistema nervioso central presentan agregaciones de un gran número de neuronas y fibras nerviosas, por lo que la evaluación interna de información, proveniente de los receptores, puede conducirse por medio de un gran número de canales y la transmisión seguir por caminos intrincados y desconocidos. La dificultad de rastrear la información sensorial y motora, dentro de esa enorme red de conexiones llevó a la propuesta

de modelos simplificados de lo que ocurre en el sistema nervioso central, representados por una caja negra que sólo considera la conducta externa visible, mientras que el contenido puede representarse por varios mecanismos hipotéticos, sin revelar la ruta o el procesamiento que sigue la información, e ignorando la volubilidad del estado interno del organismo en el momento en que ésta recorre el camino entre la percepción y la acción.

Encender un cerillo en la caja negra

Después de muchos años de valiosos esfuerzos, permanece el reto de referir con detalle cómo se asocia el comportamiento observado a los mecanismos internos que lo producen. Al estudiar la conducta de un animal, captamos una propiedad emergente de la interacción de múltiples factores. El organismo recibe estímulos simultáneos y conduce esta información por distintos filtros o amplificadores para producir una respuesta altamente modulada. Y aunque es posible observar cierta consistencia en la conducta, ante condiciones ligeramente diferentes, los individuos de una mis-

ma especie se comportan de manera similar al cubrir determinada necesidad, y la expresión de la individualidad presenta aspectos rígidos —límites anatómicos, fisiológicos y psicológicos que definen el perfil de las conductas que pueden ejecutarse. Así, a medida que analizamos con mayor detalle un comportamiento, encontramos variaciones entre individuos o en un individuo, incluso cuando las condiciones ambientales parecen idénticas. Este tipo de análisis puede ayudarnos a contestar preguntas sobre cómo se integran los estímulos durante los procesos locomotores que componen la conducta. Por ejemplo, ¿existen estrategias individuales más ventajosas que otras?, o ¿podemos distinguir a un individuo sólo por las características de su conducta?

No es raro esperar que algunos individuos tengan más éxito que otros. La ejecución de determinada conducta puede resultar en una ventaja y en la supervivencia, y si además es adaptativa y puede ser heredada, el beneficio es mayor. La individualidad permite la variación en el tipo y la forma de conducta y la exploración de múltiples estrategias y soluciones para

un mismo problema promueve también la existencia de grupos más amplios, pues impulsa la especialización de los sujetos en papeles que les son más adecuados. Además, tanto el individuo como el ambiente son altamente dinámicos, lo que hace muy improbable que un mismo estímulo sea percibido en estados internos idénticos. Por ello, proponemos reemplazar el concepto de caja negra por el de masa negra (*Black Blob*), en el cual el procesamiento de la información ocurre dentro de una masa maleable que, influenciada por las condiciones internas y externas, cambia constantemente su configuración. Un estímulo que llegue a su superficie nunca encontrará la misma forma. Cada individuo tiene su masa particular con densidad, maleabilidad y límites propios. Estas propiedades son moldeadas por procesos genéticos, fisiológicos, evolutivos y ontogénicos. Las masas de una especie mantienen características comunes a pesar de su dinamismo, por ello se parecen más entre sí que con las de otras especies. Incluso podemos construir hipótesis acerca de cuál es la masa óptima para una especie ante determinadas situaciones o la masa que puede resultar adaptativa.

Los enormes avances en la tecnología de análisis y registro han facilitado el estudio de la conducta. La capacidad técnica supera nuestras expectativas, podemos registrar en video las trayectorias seguidas por los individuos durante su locomoción y con un programa de cómputo analizarlas casi automáticamente, calculando la velocidad instantánea y la posición del sujeto en el espacio. Por esto, creemos que el momento es propicio para retomar los trabajos de microconducta, disciplina cuya popularidad

disminuyó en las últimas décadas. El análisis detallado de la conducta permite elaborar algoritmos para describir cómo la información sensomotora es procesada por el sistema nervioso, con lo cual pueden generarse enormes bases de datos que son extremadamente útiles para modelar la conducta utilizando modelos artificiales. Con esto podemos incursionar en las reglas que rigen las interacciones den-

tro de la masa negra, no para indagar las causas, sino las consecuencias de las distintas combinaciones de estímulo, las vías que estos siguen y las diferentes respuestas que se producen.

Conducta robótica

La idea de utilizar sistemas artificiales como metáforas de los vivos tiene una larga historia. René Descartes sugi-





rió que un mecanismo artificial que simule la conducta de uno natural con suficiente exactitud sería imposible de diferenciar. Algunos de los primeros robots, como los creados por W. Walter Grey, demostraron este punto, ya que se manejaban con tal autonomía y resolución que lograban confundir al espectador sobre la realidad de sus intenciones y crear dudas acerca de su naturaleza artificial. Sin embargo, no eran más que motores y sensores ingeniosamente conectados por circuitos sencillos, suficientes para mostrar numerosas conductas emergentes. Pero para entender su expresión en los sistemas naturales se requiere estudiar la interacción de todas las partes involucradas.

La biorrobótica es una rama de la robótica cuyo fin es crear robots para estudiar la conducta de los animales. Con esta metodología, generada en la última década, se busca representar físicamente las hipótesis sensomotoras de conductas naturales. Constituida por una serie de reacciones mo-

toras autónomas que responden a características del medio, la conducta de los robots funciona a partir de la integración entre la entrada sensorial y la salida motora, unidades básicas necesarias para interactuar con el entorno. Las reglas que la controlan se hallan programadas dentro del biorobot, pero debido a la estrecha relación entre los cambios en el ambiente y las constantes decisiones sensomotoras tomadas por el robot, no es difícil que se logren observar aspectos conductuales que no se hayan programado.

A pesar de su alto contenido técnico, la biorrobótica mantiene sus principales intereses dentro de la biología y es una alternativa para estudiar cómo los organismos logran orientarse y resolver problemas en condiciones ambientales dinámicas. Para desarrollarla es fundamental contar con una descripción detallada de la secuencia de eventos motores del organismo vivo, con los posibles estímulos involucrados y, en caso de que exista,

algún conocimiento del sistema neural que regula la interacción. La relación entre estímulos y movimiento se puede ser planteada como un conjunto de reglas sencillas de interacción o algoritmo, que representa una hipótesis sobre la regulación sensomotora de una conducta. Su construcción no es tarea fácil, ya que esa conducta puede ser reproducida de distintas maneras. Aunado a ello, aunque el desempeño del modelo y del organismo modelado sea similar, es difícil concluir que los procesos son los mismos, porque no existen pruebas estándar que validen la similitud de ambos mecanismos. La conducta del robot debe someterse a distintas condiciones para obtener nuevas estimaciones de su semejanza con el sistema natural, y probar así el poder de explicación que tiene.

Por otro lado, los robots no sirven para simular el funcionamiento de organismos completos, únicamente procesos sensomotores aislados y bien definidos. Por ello es recomendable






intentar abordar la complejidad que caracteriza al comportamiento animal, buscando las reglas de interacción más sencillas posibles que logren explicar la mayor parte del fenómeno conductual. En los modelos bio-

bóticos podemos jugar con la entrada y salida de información; manipular los estímulos y las propiedades de los sensores, los caminos que sigue el procesamiento a través del algoritmo, las propiedades físicas y los lími-

tes de la conducta que produce. Modelando el proceso sensoriomotor mediante la modificación sistemática de las reglas de interacción, podemos crear un amplio espectro de variantes para una conducta. Con el conjunto universal de posibles respuestas pueden reproducirse algunos de los aspectos idiosincráticos de la conducta natural.

Arriesgar para ganar

La conducta es un fenómeno complejo que requiere métodos complejos para estudiarla. Con la observación detallada de la conducta individual podemos disectar uno a uno sus componentes y construir un sistema artificial que culmine en la retroalimentación del proceso de análisis. Aunque los hallazgos que puedan derivarse de esta metodología se obtendrán a largo plazo, la búsqueda de algoritmos controladores de la conducta puede contribuir a entender sus mecanismos fundamentales. En México, los estudios conductuales comienzan a tener una importante tradición de calidad y es esencial mantener el desarrollo de nuevas áreas para encontrar y contestar preguntas centrales para el estudio de la conducta. 

Marcos Rosetti, Luis Pacheco Cobos, Robyn Hudson
Instituto de Investigaciones Biomédicas,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Fraenkel G. y D. Gunn. 1961. *The Orientation of Ani-*

mals: Kineses, Taxes and Compass Reactions. Dover Publications, Nueva York.

Resnick M., F. Martin, R. Sargent y B. Silverman. 1996. "Programmable bricks: Toys to think with", en *IBM Systems Journal*, vol. 35, núm. 3 y 4, pp. 443-451.

Martin P. y P. Bateson. 1986. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge.

Webb B. 1996. "A cricket robot", en *Scientific American*, diciembre, pp. 94-99.

Descartes R. 1637. *Discurso del Método*. Porrúa, México, 1974.

IMÁGENES

P. 59: Chris Ofili. *Mono mágico - sexo, dinero y drogas*, 1999. P. 60: Guerrilla Girls. *Desnudarse*, 1989. P. 61: Laura Owens. *Sin título*, 2001. P. 62: Oleg Kulik. *Perro depósito*, 1995. P. 63: Pepin van Rooijen (ed.). *Orangután*, 2001. P. 64: Kara Walker. *Sin título*, 1996.