

Capítulo 13

Paradigmas de la compatibilidad estímulo-respuesta y sus implicaciones: extensión al desarrollo de las destrezas motoras

Felipe Cabrera e Idania Zepeda¹

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN CONDUCTA
Y COGNICIÓN COMPARADA, UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Resumen

El objetivo de este trabajo es mostrar los hallazgos más relevantes generados en los paradigmas conocidos como “Compatibilidad S-R”. Podemos identificar al menos tres paradigmas: la teoría de los *affordances*, la compatibilidad S-R y *object affordance*. Aunque se ha intentado conjuntar los hallazgos y ofrecer una explicación que los aglutine desde la psicología ecológica, existen claras diferencias teóricas que en ocasiones resultan incompatibles para generar una explicación unificadora. Sin embargo, los hallazgos conductuales han sido consistentes y resultan relevantes para escenarios de posibles aplicaciones como la educación,

¹ Correspondencia: Dirigirla a Felipe Cabrera (felipe.cabrera@academicos.udg.mx) o Idania Zepeda (idania.zepeda@academicos.udg.mx)

la educación especial, el desarrollo tecnológico, entre otros. Estos trabajos ponen de relieve las características ambientales que facilitan respuestas particulares, lo que nos permite mirar hacia el diseño de la disposición ambiental, espacial y de tareas que permitan el desarrollo de habilidades y destrezas en poblaciones con necesidades educativas especiales. Dos ejemplos se presentan en el texto: en las áreas de desarrollo de habilidades o destrezas, y en el estudio del comportamiento animal. En el primero se enfatiza la importancia de ir transitando de una alta compatibilidad estímulo respuesta a una baja, con el objetivo de ir moldeando nuevas habilidades. En el caso del comportamiento animal, se muestran datos que indican el sesgo a responder según dichas compatibilidades. Se concluye exponiendo que el campo de la Compatibilidad S-R es lo suficientemente amplio para ofrecer área de investigación en estudios conductuales.

Palabras clave: compatibilidad, estímulo, respuestas, *affordance*, destreza.

Abstract

Three theoretical paradigms are described in this paper concerning the findings in the Stimulus-response compatibility research: The theory of Affordances, Object affordances, and the cognitive account for stimulus-response compatibility. From an ecological approach, unfruitfully some attempts to integrate explanations about the stimulus-response compatibility effect have been made. Nevertheless, the behavioral findings are enough relevant to search for applications in educational research, technology, and other areas. Two examples are exposed: In the development of dexterity and animal research. In the first one, the transition from high stimulus-response compatibility to low compatibility is pointed out as the design of affordances and opportunities for skills development; in the last one, some experimental data show the effect of compatibility S-R in response bias towards a specific pattern of responding. It is concluded that the Stimulus-Response Compatibility paradigm offers a wide scope for research in behavioral studies.

Keywords: compatibility, stimulus, response, affordance, dexterity.

Introducción

Para toda disciplina científica es indiscutible la necesidad definir los conceptos que conforman su cuerpo de conocimientos y que tales conceptos posean la mayor precisión posible. No obstante, en el quehacer científico no es labor tan frecuente la búsqueda de definiciones de los conceptos, como sí lo es la búsqueda de los conceptos o términos que mejor describan y sean coherentes con un fenómeno observado. Esto es, a partir de observar, medir, demostrar, replicar, etc., algún hecho relevante, el científico tiene que “dar nombre” o “acuñar un término” para referir la serie de eventos observados. Ya sea que se empleen términos previamente usados en un lenguaje, o bien, creando nuevos nombres, el hecho es que se busca asignar “un nombre” a una serie de hechos observados. Así, algunos términos que pueden encontrarse en ciencias del comportamiento son Umwelt (Uexküll, 1934), Affordance (Gibson, 1979/2015), Manning (Barker, 1968), utilitanda, discriminanda y manipulanda (Tolman, 1932) entre muchos otros.

En este capítulo, nos centraremos en los términos compatibilidad, congruencia, correspondencia, o conformidad entre estímulo y respuesta, conceptos todos ellos que denotan la idea de “cosas que van juntas” o “ensamble de estímulo y respuesta” (ver Alluisi & Warm, 1990), en el sentido de que, frente a una cierta forma, posición, ubicación o alguna otra propiedad de un estímulo, es más probable, y quizá más veloz, ejecutar una determinada respuesta de entre un sinnúmero de otras posibles, según la extremidad, parte corporal, dirección, altura y fuerza del sujeto que realizaría tal respuesta.

El concepto *compatibilidad S-R* (CSR) originalmente acuñado por Fitts y Seeger (1953)², y consolidado por Simon (1968, 1990; Simon & Rudell, 1967) en la psicología cognitiva, según precisan Proctor y Vu (2006), se refiere al grado de correspondencia que puede conformarse entre un estímulo y una respuesta, misma que de ocurrir, tendría mayor probabilidad, rapidez y precisión ante ciertas propiedades del estímulo, tales como su posición, forma y movimiento. Por ejemplo, en una correspondencia de lateralidad, responder con la mano derecha a un estímulo que se ubica a la derecha, y con la mano izquierda cuan-

2 No obstante, se señala que el término fue sugerido por Arnold. M. Small en 1951 (ver Hommel y Prinz, 1997) y es mencionado por los mismos autores Fitts y Seeger (1953) en una nota al pie en su artículo, señalando que Small lo sugirió durante una presentación en la Sociedad de Investigación Ergonómica.

do se ubica a la izquierda, es más rápido y genera menos errores que cuando se responde de manera invertida (Wallace, 1971; ver Rosenbaum, 2010).

Distintas propuestas teóricas se han desarrollado para dar cuenta de esta posible “compatibilidad” o “correspondencia” de una repuesta respecto a un estímulo, y en las que se hace énfasis en las características de los estímulos como un posibilitador o guía para que una respuesta sea más adecuada para determinado organismo. Tres propuestas teóricas se describen: la teoría de los *affordances* (Gibson, 1979/2015), la teoría del *object affordance*, propuesta derivada de la teoría de Gibson, del área de las neurociencias cognitivas, y finalmente, la propuesta clásica de Simon y desarrollada por Proctor conocida como compatibilidad estímulo-respuesta (CSR). Para ampliar estas propuestas, se describirán brevemente sus principales hallazgos con el objetivo de resaltar posibles vínculos y aplicaciones.

Teoría de los *affordances*

Gibson (1979/2015) acuñó el término *affordance* para referirse a las acciones que puede realizar un organismo respecto de su ambiente. Un organismo percibe de manera directa las posibilidades que le ofrece su entorno, lo que le permite usar los recursos del ambiente y a su vez le permite desarrollar sus propias habilidades. Estas posibilidades de acción se perciben al conjuntarse dos condiciones, las características del organismo y las características del ambiente. Por características del organismo podríamos entender características morfológicas, fisiológicas y psicológicas; por características del ambiente podríamos considerar a todas aquellas propiedades físicas, como las superficies, el medio y las sustancias (Gibson, 1979/2015).

Para Gibson, la disposición del ambiente permitirá a un organismo percibir sus posibilidades, de tal manera que el ambiente será percibido de modo distinto por organismos distintos, incluso será distinto para organismos de la misma especie, dadas las características zoométricas o nivel de desarrollo de cada individuo de la especie (Gibson & Pick, 2000). De acuerdo con Michaels (1988), un estímulo aun teniendo una misma posición distal puede inducir distintos *affordances* debido a la característica perceptual a la que atienda el individuo. Estas condiciones permitirán movimientos específicos o, dicho de otra manera, una interacción particular con el ambiente.

Múltiples estudios han mostrado la correspondencia entre la estructura corporal y las características del ambiente. Uno de ellos es el trabajo seminal desarrollado por Warren (1984), en el que mostró que existe una correspondencia entre la métrica corporal (longitud de la pierna de un humano) y la métrica del ambiente (el tamaño de un escalón). Si la relación de la longitud de la pierna y la longitud del escalón no excede el límite crítico absoluto, es decir, que ejecutar la acción de subir no excede la capacidad física del sujeto, de manera que lo obligue a ejecutar otro modo de acción, entonces, el modo de acción de subir bípedamente se llevará a cabo, por lo que se entiende que el sujeto percibe el posibilitador de acción en función de su propia capacidad.

Otros estudios han reportado esta correspondencia al asir objetos (Cesari y Newell, 1999, 2000), alcanzar objetos (Jiménez *et al.*, 2014, 2015), al caminar por superficies con pendientes (Adolph *et al.*, 1993), incluso, se ha extendido en estudios experimentales con sujetos animales (Cabrera, *et al.*, 2013a) en los que se observa una facilitación para presionar la palanca si esta se encuentra ubicada por debajo del límite crítico absoluto, o bien, al alcanzar un trozo de alimento a través de un orificio se observan distintas morfologías de alcance que dependen del diámetro del orificio, altura y de la distancia a la que se encuentra el alimento (Cabrera y Ortega, 2017).

También se ha mostrado cómo el nivel de desarrollo y el tipo de locomoción en un infante le permiten distinguir características específicas del ambiente como precipicios visuales (Gibson & Walk, 1960), objetos dispersos (Gibson y Schmuckler, 1989), dureza de la superficie (Gibson *et al.*, 1987), entre otras. Se ha considerado que características biomecánicas como la fuerza, la flexibilidad, el peso corporal, la talla, etc., son condiciones que modulan la percepción de los posibilitadores de acción, como la capacidad biomecánica en adultos mayores en tareas de alcance con el brazo (Jiménez *et al.*, 2015). La propuesta de Michaels (1988) es que la teoría de los affordances al hacer énfasis en el acoplamiento entre el organismo y el ambiente, puede ser una teoría que integre e interprete los hallazgos de otras aproximaciones, particularmente de la CSR, pero sobre este punto regresaremos más adelante.

Object affordance

El concepto *object affordance* se ha usado para enfatizar la relación entre la percepción visual y la respuesta motora que se corresponde a un objeto. Ha sido un concepto usado en el área de las neurociencias para estudiar los programas motores bajo la pregunta de cómo es que las características de los objetos facilitan las respuestas y generan patrones de activación a nivel de la corteza motora u otras áreas corticales al visualizar herramientas o utensilios que pueden ser manipulados (Chao & Martin, 2000). Distintos trabajos han reportado la activación de zonas motoras cuando se presentan objetos que pueden ser manipulados por participantes humanos (Handy *et al.*, 2003, 2005, 2006, 2007), no así cuando las imágenes corresponden a otras categorías, por ejemplo, animales, de lo que se concluye que hay un procesamiento diferencial para categorías distintas. Este hallazgo se ha interpretado como un sesgo (Duncan *et al.*, 1997), pues la atención se centra en los objetos de uso cotidiano que tiene alguna función específica para los humanos.

Handy *et al.* (2003) llevaron a cabo un experimento en el que presentaron estímulos en la pantalla de la computadora de dos categorías: herramientas y no herramientas. Reportaron que la ubicación de los estímulos en la pantalla es relevante y afecta la respuesta, generando respuestas más rápidas (menor tiempo de reacción, TR) y de mayor amplitud en potenciales relacionados con eventos (ERP, por sus siglas en inglés) en la corteza occipital, cuando se presentan en el hemisferio visual derecho en comparación con el hemisferio izquierdo, lo que ha sido explicado por la lateralización motora dado que los participantes fueron diestros (Haaland & Harrington, 1996), mientras que la ubicación en el hemisferio visual abajo presenta una facilitación en la respuesta respecto de la presentación de estímulos en el hemisferio visual arriba (Danckert & Goodall, 2001).

Garrido-Vázquez y Schubbo (2014), siguiendo la línea de investigación de Handy y colaboradores, reportaron que si los objetos que se presentan en una tarea experimental son manipulables (i.e., agarrables) se responde rápidamente, registrándose tiempos de reacción menores en comparación con objetos no manipulables. Otro dato derivado de este trabajo es que la atención se dirige a los objetos agarrables y próximos al sujeto, es decir, se dirige a objetos a distancias cortas, en comparación con objetos alejados o no objetos, por lo que la activación de áreas motoras se encuentra en función del área de alcance

del organismo ante un estímulo que posibilita una acción (Cardellichio *et al.*, 2011; Constantini *et al.*, 2010).

Tucker y Ellis (1998), reportaron una facilitación para responder, si la orientación de una característica funcional de un objeto se corresponde con la mano habitual de uso o agarre, por ejemplo, la dirección del asa de una taza. Al manipular la tecla de respuesta programándola en dirección izquierda o derecha, encontraron que la correspondencia de la tecla de respuesta también influye en la rapidez con que se responde en esta tarea, por tanto, la respuesta es más rápida cuando se orienta hacia la dirección habitual de uso y a su vez es compatible con la mano para alcanzar o agarrar el objeto, por lo que la compatibilidad de agarre afecta los tiempos de respuesta. Estos datos también fueron replicados al usar estímulos reales (Ellis & Tucker, 2000).

Incluso, se ha reportado una facilitación de la percepción o identificación de objetos y la relación que existe entre ambos, en personas con extinción visual, que no son capaces de observar dos objetos cuando aparecen en ambos hemisferios visuales (Humphreys & Riddoch, 2001; Riddoch *et al.*, 2003). Cuando se presentan dos objetos juntos y en su posición habitual de uso combinado (una jarra sirviendo agua) se facilita el reconocimiento, mientras que al presentarse separados dificulta el reconocimiento en personas con historia de lesión cerebral. Laverick *et al.*, (2015) confirmaron que los TR son menores cuando los estímulos se relacionan funcionalmente (i.e., una cuchara y una taza de té) y Kumar y colaboradores (2021) reportaron que la respuesta es rápida cuando los objetos que se presentan en las tareas experimentales son congruentes con el agarre, en comparación con un agarre incongruente.

Los trabajos desarrollados en esta área han propuesto otros conceptos para hacer énfasis en características y condiciones espaciales del ambiente que son relevantes en la percepción de objetos, un ejemplo de ello es el término *microaffordance*, que hace énfasis en las características que conforman un objeto, como su forma, ubicación u orientación y que se encuentran dentro del periespacio personal (Ellis y Tucker, 2000), o *macroaffordance* que se refiere a los objetos que se encuentran en el espacio extrapersonal, fuera del alcance, y que implican la locomoción para llegar a estos (Tosoni *et al.*, 2023). Aunque el objetivo de esta línea de investigación está dirigido también a la descripción y funcionalidad neurofisiológica, ofrece datos conductuales relevantes que pueden ser considerados en el diseño y planeación de actividades en ambientes educativos y de educación especial.

Compatibilidad estímulo-respuesta (SRC)

Otras investigaciones han aportado evidencia de esta correspondencia o acoplamiento entre el tipo de respuesta requerido a un participante y el arreglo espacial. El conocido “efecto Simon” fue descrito a partir de la relación que observó el autor entre la compatibilidad espacial de la respuesta y la rapidez para responder al estímulo con la mano izquierda o derecha. Simon y Rudell (1967) realizaron una serie de experimentos en los que manipularon la posición de la tecla de respuesta de acuerdo con la correspondencia corporal derecha-izquierda. En la tarea se apareaba la palabra derecha escuchada en el oído derecho con una tecla de respuesta en posición derecha y la palabra izquierda escuchada en el oído izquierdo que era apareada a una tecla en posición izquierda. Los resultados confirmaron que el tiempo de reacción (TR) fue menor si había una correspondencia al escuchar la palabra “derecho” cuando se presentaba en el oído derecho y la respuesta estaba asociada a una tecla en posición derecha, sucedía lo mismo para la ubicación izquierda. En una variedad de procedimientos Simon, confirmó el efecto (Simon, 1969; Simon y Rudell, 1967; Simon *et al.*, 1970, 1971), es decir, la compatibilidad entre el estímulo y la respuesta respecto de la posición izquierda-derecha.

Un resultado similar al reportado por Simon lo podemos ver en el también conocido efecto Stroop, en el que se observa un TR corto cuando la palabra y el color de esta se corresponden (i.e., palabra “rojo” en tinta roja), mientras que al no haber correspondencia (i.e., palabra “rojo” en tinta azul) los TR aumentan (Proctor, 1978; Stroop, 1935).

Otra fuente de evidencia es el trabajo realizado por Proctor y colaboradores (Lu y Proctor, 1994; 1995; Proctor *et al.*, 2011). Estas investigaciones han abordado el fenómeno desde la teoría del procesamiento de información, por lo que su objetivo es la comprensión de la codificación de la información. Lu y Proctor (1994, 1995) señalaron que un dato relevante en los estudios sobre CSR es que, aunque la ubicación no es relevante para responder a la tarea experimental, esta tiene un efecto en el rendimiento sobre los TR, lo que puede tomarse como un indicador de la facilitación de la respuesta. Los autores reportaron que la modalidad de respuesta, la información relevante, la codificación espacial y la atención son variables que influyen en la relevancia que puede tener el espacio respecto de la relación con la respuesta compatible.

En términos de diseño, Kantowitz *et al.* (2009) propusieron que la compatibilidad S-R es relevante para facilitar los aciertos, pues un diseño de pantalla incompatible con la respuesta induce más errores, puede producir frustración, incrementar el tiempo para completar una tarea y en términos mercantiles, la apropiación del producto por parte del consumidor puede ser baja, además que pueden producirse conjeturas o suposiciones sobre la tarea que llevan a respuestas erróneas y que dificultan el aprendizaje de la misma, por lo que sugieren que en la investigación y en su área aplicada como el diseño de situaciones en computadora (i.e., juegos, ejercicios académicos) debería considerarse la compatibilidad S-R. Los autores proponen que un diseño compatible puede facilitar la extracción de la regla o instrucción que guía la respuesta.

Algunas condiciones que se han explorado en el paradigma CSR, son la compatibilidad de estímulos visuales y auditivos (Bussmakers & Haans, 2000, citado en Kantowitz & Nathan-Roberts, 2009), la orientación de las manos y el movimiento izquierda-derecha y su relación con la orientación arriba-abajo de los estímulos (Cho & Proctor, 2002), señales que indican dirección (Hommel *et al.*, 2001), pantallas circulares que funcionan con los puntos cardinales (Chan & Chan, 2003) y la dirección horizontal-vertical (Hoffman, 1997), entre otras. Para explicar la interacción de las diferentes características de los estímulos y las respuestas asociadas, se ha propuesto el modelo de superposición dimensional (Kornblum & Lee, 1995) que explica cómo una característica o dimensión activa automáticamente a otra, por lo que implica considerar las características relevantes e irrelevantes de los estímulos y de las respuestas (Shi y Wang, 2022).

Implicaciones de la compatibilidad S-R en diversos campos de la psicología

Los desarrollos empíricos sobre la compatibilidad S-R han estado muy vinculados con la ergonomía y diseño (Alluisi & Warm, 1990; Karwowski, 2010); sin embargo, en este escrito señalamos que su relevancia se extiende a diversas áreas, de las cuales describiremos dos: En el campo del desarrollo de destrezas, con vínculos en la educación especial, y en la investigación en comportamiento animal, particularmente procedimientos operantes e instrumentales.

Implicaciones para el desarrollo y educación especial

En el ámbito del desarrollo, la identificación de compatibilidades entre estímulos y respuestas es de capital relevancia, pues una manera de entender el desarrollo es la adquisición de destrezas o habilidades para ser apto en el entorno en el que vive (Bernstein, 1991/1996). En el entorno natural, no todos los objetos y eventos ocurren con una alta compatibilidad con las respuestas requeridas al individuo, por lo que se van adquiriendo conductas y modos de acción aptos para cada situación y durante cada etapa de la vida. Un objeto, un arreglo ambiental o un evento puede ser altamente compatible con una respuesta, pero cuando este no es el caso, y más bien la relación estímulo-respuesta es incompatible, es a través del entrenamiento que puede desempeñarse la acción esperada; a pesar de tal incompatibilidad el individuo que ha sido entrenado puede identificar las posibilidades de acción y las compatibilidades para realizar la respuesta implicada. Por ejemplo, para la mayoría de los seres humanos nos es muy natural la locomoción en una superficie plana, sólida y de amplitud considerable, la cual podemos llamar “el piso” de un área, precisamente por recibir la acción de pisar sobre tal superficie con los pies. No obstante, para solo unos pocos individuos es compatible y consideran realizable la locomoción sobre una cuerda que, al estar sujeta solo en sus extremos, se encuentra prácticamente suspendida en el aire. Caminar sobre la llamada “cuerda floja” es un posibilitador de acción para una persona dedicada a la actividad circense, que es excepcionalmente hábil para caminar sobre una superficie tan incompatible con la estructura de la locomoción humana.

Si consideramos situaciones intermedias entre el caminar sobre una cuerda floja y caminar sobre una superficie sólida, puede esbozarse la compatibilidad S-R como un continuo que va, en uno de sus extremos, desde una compatibilidad alta a una compatibilidad baja o nula (i.e., incompatibilidad), de manera que podemos identificar la estructura, diseño y otras características del estímulo como propiedades que lo ubican en un punto determinado dentro de este continuo de compatibilidad-incompatibilidad. Por otro lado, las acciones también pueden ir en un continuo de baja complejidad a una de muy alta complejidad para realizar la tarea requerida. Por ello, las características de la respuesta y sus modos de acción implicados nos permiten

determinar el grado de compatibilidad estímulo-respuesta: si requiere una baja complejidad propiciada por una alta compatibilidad del estímulo (caminar en superficie plana) o una alta complejidad por la escasa compatibilidad del estímulo (caminar sobre la cuerda floja).

Esta relación entre grados de compatibilidad y de complejidad conforma, según Karwowski (2010), un sistema al que denomina *sistema artefacto-humano*, y se representa en la Tabla 1 como un continuo de interacción entre compatibilidades del estímulo y la complejidad de la acción implicada en el sistema³. La relación entre compatibilidad y complejidad es de orden inverso, es decir, a mayor compatibilidad menor la complejidad, y viceversa. Esto lo muestran la casilla inferior derecha (– compatibilidad, + complejidad) y la casilla superior izquierda (+ compatibilidad, – complejidad), y son las que más nos conciernen en el presente escrito. No obstante, las dos casillas restantes indican que también hay estructuras con baja compatibilidad y requieren solo baja complejidad, o bien, objetos con alta compatibilidad coincidiendo con una alta complejidad: “aumentar la compatibilidad del sistema en algunas ocasiones solo puede ocurrir a expensas de incrementar la complejidad” (Karwowski, 2010, p. 82). Esto se da principalmente en el diseño de artefactos o dispositivos altamente especializados que difícilmente pueden simplificarse (lo que correspondería al cuadrante: alta complejidad, alta compatibilidad), o incluso casos en los que, a pesar de ser de alta compatibilidad, se requiere alta complejidad en el sistema, como es el caso del diseño de instrumentos musicales en los que la alta compatibilidad que tiene la ubicación de teclas, cuerdas u orificios respecto a la ubicación de los dedos en ambas manos del ejecutante, no disminuye la complejidad requerida para la generación de tonos, escalas y acordes, y en general una buena interpretación musical.

3 Karwowski denomina al estímulo como artefacto, dado que su propuesta nace desde la ergonomía, y considera principalmente los objetos diseñados y construidos por humanos para un fin particular.

Tabla 1

Paradigma de Compatibilidad-complejidad en sistema artefacto-humano

		Complejidad	
		-	+
Compatibilidad	+	Alta/baja	Alta/alta
	-	Baja/baja	Baja/alta

La relación de máxima compatibilidad con la mínima complejidad representa la situación óptima del sistema de interacción, dada la facilidad con la que puede realizarse una acción con poco entrenamiento⁴. Ahora bien, transitar de esta situación óptima (quizá escasamente natural), a una con la mínima compatibilidad, pero con una máxima complejidad (que quizá tampoco sea natural encontrar), requiere de un entrenamiento máximo. Esto quiere decir que, para afrontar la baja compatibilidad con una alta complejidad, debe generarse una destreza considerable para realizar la acción.

Aunque las medidas empleadas en los estudios de compatibilidad S-R se centran en los tiempos de reacción (RT), y en menor medida la proporción de errores (Proctor & Vu, 2006), diversos hallazgos experimentales permiten asumir que ciertas variables como la precisión, efectividad, rapidez en la adquisición y desempeño reflejarían el grado de compatibilidad o incompatibilidad entre estímulo y respuesta; una compatibilidad alta entre el estímulo y la respuesta permitirá la ejecución de respuestas que pueden adquirirse rápidamente (Hoffman & Koch, 1997; Koch, 2007), mientras que una compatibilidad baja entre E y R probablemente no genere las condiciones para que la respuesta se presente, o esta se presente con mayor dificultad.

4 Cuando se habla de esta situación óptima del sistema, se considera que el diseño del objeto genera una mínima incertidumbre dentro del sistema, por lo que la actividad entrópica es mínima y, por ende, las acciones son realizadas rápida y eficazmente. En diseños con una baja compatibilidad, por tanto, ofrecen una alta incertidumbre y, por ende, la complejidad es mayor, ocasionando más errores y lentitud en su desarrollo. Esta relación del diseño, información e incertidumbre ha sido presentada por varios autores en el ámbito de la ergonomía y diseño (Alluisi *et al.*, 1964; Fitts & Seeger, 1953; Karwowski, 2010; Proctor & Schneider, 2018).

La destreza surge cuando termina la compatibilidad S-R

Aunque históricamente ha sido complicado definir la destreza de una acción, fue a partir del trabajo científico y conceptual del fisiólogo ruso Nikolai Bernstein (1896-1966) que se propició un estudio científico del desarrollo motor y la destreza en los organismos (Feigenberg & Latash, 1996; Turvey *et al.*, 1982). El tema de la destreza es relevante en los estudios sobre compatibilidad S-R precisamente porque los requerimientos del sistema artefacto-humano que se especifican en el paradigma de compatibilidad-complejidad (ver Tabla 1) que describe Karwowski (2010), conllevan un componente de control motor de alguna(s) extremidad(es) para un desempeño apto. Uno de los principios que establece Karwowski (2010) considera que:

Al incrementar la complejidad del sistema artefacto-humano, disminuye la compatibilidad entre los elementos del sistema, expresados estos a partir de las interacciones ergonómicas en todos sus niveles, conduciendo a una mayor entropía ergonómica del sistema, y disminuyendo el potencial para una intervención ergonómica efectiva (p. 83, énfasis añadido).

Por ende, de manera correspondiente, al disminuir el potencial de intervención ergonómica (es decir, ante la imposibilidad de incrementar la compatibilidad por medio de un diseño simplificado del objeto), se puede compensar dicha dificultad del sistema con el entrenamiento de destrezas que generen un desempeño adecuado, a pesar de la alta complejidad implicada. Esto coincide con los principios del desarrollo de la destreza motora planteados por Bernstein (1991/1996):

Un incremento en la complejidad de tareas motoras conduce a un incremento en los requerimientos de precisión y complejidad de movimientos apropiados, a la especificación e individuación de efectores, y a un incremento en las dificultades del control motor. El progreso en el dominio del aparato motor, y por ello todos los movimientos y acciones, conduce aparentemente a un avanzado papel de la reina del control motor, la destreza. (p. 208).

Es importante en este momento definir en qué consiste la complejidad de una tarea motora. Según definió originalmente Bernstein, cuanto mayor es el número de grados de libertad que puede tener un movimiento, mayor es la complejidad implicada en su control. Los grados de libertad se pueden entender

como las posibles direcciones de movimiento que es capaz de realizar alguna parte del cuerpo por sus articulaciones y musculatura. Por tanto, acoplar y coordinar el conjunto de movimientos implicados en una tarea confiere un alto grado de complejidad, pero un objeto o dispositivo (i.e., estímulo) con un diseño adecuado puede restringir el rango de movimientos a un mínimo, incrementando su grado de compatibilidad S-R (ver Norman, 1988), y simplificando así el *sistema artefacto-humano* a un mínimo de complejidad (menor entropía) y, por ende, reduciendo posibilidades de variación en la respuesta. Al reducir la compatibilidad S-R, incrementa nuevamente la variabilidad y complejidad de respuesta dada la amplitud de posibles movimientos realizables, por lo que la precisión y rapidez de la tarea a realizar puede verse comprometida. No obstante, una vez que se ha entrenado a un individuo y ha adquirido la nueva destreza, la entropía del sistema disminuye para él, pues detecta los elementos relevantes (i.e., invariantes) en la estimulación y emite solo aquellos movimientos necesarios para realizar la acción (Bernstein, 1991/1996)⁵. En este tenor, la evidencia muestra que anticipadamente el individuo detecta los elementos y movimientos relevantes, constituyendo en tal estímulo un posibilitador de acción (*affordance*) por la destreza adquirida (Dag *et al.*, 2010; Gibson, 1988), mientras que, para un individuo no entrenado, tal situación o estímulo en lo absoluto representaría un posibilitador de acción. En otros términos, aun ante la persistencia de una incompatibilidad S-R, el repertorio conductual del sujeto, al ser incrementado por dicha habilidad, disminuiría los efectos de tal incompatibilidad S-R en virtud de las nuevas destrezas adquiridas.

La utilidad de esta propuesta para los ámbitos aplicados a desarrollo y educación especial radica en que, al poner sobre la mesa ciertos elementos relevantes del desarrollo de destrezas, pueden generarse programas para facilitar la evaluación y fortalecimiento de modos de acción específicos en programas de estimulación temprana, en desarrollo motriz y cognitivo, incluso habilidades de interacción social. En un trabajo previo (Cabrera & Zepeda, 2022) hemos propuesto que prácticamente todo elemento del ambiente

5 Bernstein describe que “una actividad desempeñada pobremente, sin habilidad y torpemente, siempre está acompañada de muchos movimientos innecesarios, que cuando es requerido hacer la actividad rápidamente, los movimientos innecesarios los trata de compactar en intervalos cortos de tiempo” (p. 217), cosa que no ocurre en un individuo diestro en la actividad, sino que “sus movimientos se unen suavemente uno a otro, los impulsos de los músculos no se oponen y tienen un balance con las fuerzas externas” (p. 218).

es funcional en algún sentido para cada individuo. En esta funcionalidad del ambiente juega un papel importante, sobre todo en etapas tempranas, el grado de compatibilidad entre el objeto y la parte del cuerpo con la que interactúa. Así, para asir un objeto con una sola mano, tal objeto debe tener una curvatura o angularidad tal que, en al menos una de sus partes, esté delimitada un área considerablemente menor a la longitud de la mano extendida del infante; de lo contrario, ambas manos tendrían que ser utilizadas, entre otros ejemplos (ver Cabrera & Zepeda, 2022).

Sin embargo, en el caso de la educación especial es particularmente importante diseñar los posibilitadores de acción (dado que contemplaría tanto las estructuras de objeto como el comportamiento compatible sobre él) con el fin de facilitar el desarrollo de habilidades específicas.

*Implicaciones en la psicología experimental y comparada:
contra la equipotencialidad de los estímulos*

En todas las disciplinas científicas es importante identificar la generalidad de los principios establecidos y los hallazgos de su actividad investigativa. En este caso, la investigación en comportamiento animal no humano también aporta evidencia para consideraciones e implicaciones de la compatibilidad S-R.

En el análisis experimental de la conducta (AEC), así como en otros acercamientos experimentales en psicología, gran parte de la investigación que se realiza ha empleado estímulos arbitrarios con el objetivo de que estos estén desprovistos de un efecto que nuble la explicación de los fenómenos de aprendizaje, y que con ello permitiría considerar a cualquier estímulo (antecedente o consecuente) equipotencial para entrenamiento de cualquier respuesta. Esta equipotencialidad no solo se asumió en el AEC, sino en procedimientos respondientes, en los que la naturaleza de los estímulos incondicionales y los condicionales se supuso que tenían poca relevancia para el condicionamiento. Aunado a esto, al no dar relevancia a la topografía de la respuesta por parte de procedimientos en el AEC, las variables vinculadas a la conducta motora quedaron al margen de los análisis en procedimientos de condicionamiento (ver Cabrera *et al.*, 2013b).

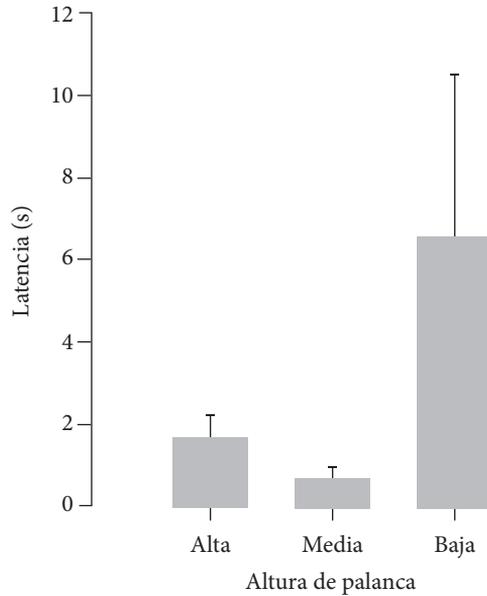
No obstante, a partir de las perspectivas ecológicas y etológicas se plantearon ciertas restricciones biológicas para el aprendizaje (Blanchard &

Blanchard, 1981; Humphrey, 1973; Seligman, 1970), por las que se identificaron predisposiciones de ciertas respuestas a ciertos estímulos (Revusky, 1984), conllevando la idea de que hay tendencias naturales que establecen mayor o menor compatibilidad entre estímulos, respuestas y consecuencias.

En estudios recientes, procedimientos operantes han mostrado que un roedor frente a una palanca a la cual responder, altera su patrón de respuestas en función de la altura a la cual se encuentre (Cabrera *et al.*, 2013a; Jiménez *et al.*, 2017). En un procedimiento de automoldeamiento, se ha encontrado que las latencias o tiempos de reacción a presionar la palanca son menores cuando la altura de la palanca es cercana a la altura de las patas delanteras de los sujetos, mientras estos se encuentran parados solo en sus patas traseras (alturas intermedias cercanas a los 11 centímetros en el caso de las ratas), y mayores latencias cuando la altura de la palanca se encuentran por debajo de la altura del hocico del roedor en una posición cuadrúpeda (altura de entre uno a tres centímetros). La Figura 1 representa este hallazgo en un estudio exploratorio no publicado, mostrando que la altura media (11 cm) tiene en promedio una menor latencia que alturas muy pequeñas (1.5 cm) o alta (18 cm) muy cercanas al límite crítico absoluto de la rata para sus patas delanteras.

Figura 1

Latencia a responder en operando



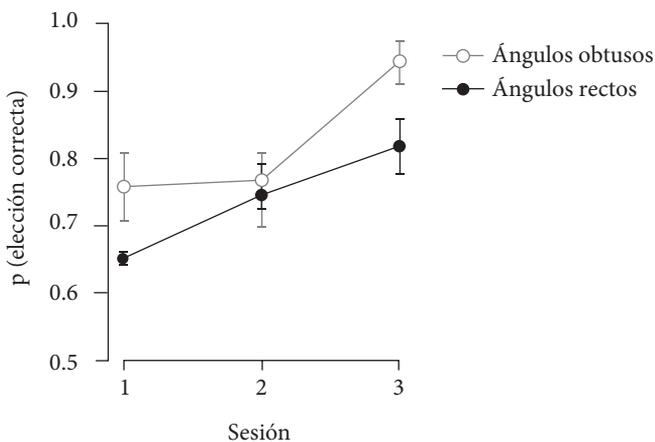
Nota. Latencia de presionar la palanca al ser introducidos los sujetos en la cámara experimental. Los datos muestran los promedios de cinco ratas por cada grupo y líneas de error muestran el error estándar de la media.

Esto muestra que, para los sujetos en una situación de condicionamiento operante, al menos la latencia de respuesta está relacionada con la altura de las palancas respecto con la altura de las extremidades de la rata. Es decir, en el contexto de los estudios de compatibilidad S-R, puede afirmarse que hay alturas de estímulo (palanca) que guardan mayor compatibilidad con la respuesta (palanquear) en una cámara de condicionamiento operante (ver también Jiménez *et al.*, 2021).

Otra situación experimental ampliamente utilizada con roedores es el empleo de laberintos. Aunque hay diversidad de laberintos en los cuales se han evaluado numerosos fenómenos, describimos un procedimiento con laberinto radial (datos no publicados) que ejemplifica la compatibilidad entre la disposición espacial de los corredores del laberinto y la respuesta de locomo-

ción. En este caso, la ubicación del alimento en el laberinto radial se dispuso en solo cuatro brazos de un laberinto radial de ocho brazos según dos condiciones; en una condición, el alimento se colocó en cuatro brazos separados por una distancia de 90° entre sí, a la que llamaremos Condición de ángulo recto. La otra condición dispuso el alimento también en cuatro brazos, pero que incluía ángulos de 135° (que necesariamente dos brazos mantuvieron una separación de 45°), que se llamó Condición de ángulo obtuso. Al medir la proporción de elecciones correctas en las primeras tres sesiones, los sujetos expuestos a los ángulos obtusos mostraron mejor desempeño que los expuestos a la condición de ángulos rectos (ver Figura 2).

Figura 2
Elección de brazos de laberinto radial



Nota. La probabilidad de elegir un brazo que disponía alimento en tres sesiones consecutivas. Los datos muestran los promedios de tres ratas para el Grupo Ángulos rectos y cuatro sujetos para el Grupo Ángulos obtusos. Líneas de error muestran el error estándar de la media.

Con ello puede afirmarse también que, durante las primeras exposiciones a tal disposición espacial del alimento en el laberinto, hay tendencias naturales a elegir caminos de cierta desviación angular durante la actividad del animal, o en otras palabras, mayor compatibilidad entre la disposición espacial del laberinto con la respuesta locomotora para la obtención del alimento.

Conclusión

Como hemos señalado en la primera parte del capítulo, al menos tres aproximaciones ponen de relieve la configuración del ambiente y establecen como tópico central su relación con una acción que implica cierta correspondencia, conformación o compatibilidad. Paradójicamente, todas ellas sin una compatibilidad teórica. Entre los intentos de cohesión teórica, desde los inicios de la investigación sistemática de la compatibilidad S-R se ha propuesto, desde la psicología cognitiva, la teoría de la información, basada en la teoría matemática de la comunicación de Shannon y Weaver (1949), que, a pesar de su importancia, no logró una generalidad en muchas de las áreas implicadas. Posteriormente, desde la psicología ecológica con la teoría de los affordances se ha intentado dar una explicación más integrada (Michaels, 1988); no obstante, consideramos que no ha sido suficiente la labor teórica y empírica para lograr tal cohesión desde la psicología ecológica, en donde las voces críticas muestran poca apertura a tales argumentos (Ambrosecchia *et al.*, 2015; Proctor & Miles, 2014). Por ello, convencidos de que ampliar la evidencia experimental en modelos animales no humanos y ampliar el espectro de sus implicaciones en otros ámbitos de la psicología, favorecen la discusión para la integración teórica, en este capítulo incluimos las implicaciones en ámbitos del comportamiento animal, particularmente con dos ejemplos en procedimientos operantes (compatibilidad con palanca) e instrumentales (compatibilidad con locomoción), además de implicaciones en el desarrollo de destrezas, muy deseables en el ámbito de la educación, particularmente en la educación especial, en la que se evidencia la necesidad de “ensamblar”, hacer compatible los objetos, espacios y tareas a los modos de acción de lo que es capaz algún infante con alguna disfunción, problemática motora, perceptual, etc. Todos estos aspectos escasamente han sido vinculados al desarrollo psicológico (Adolph & Hoch, 2019), dejando fuera condiciones que pueden resultar muy relevantes para el tratamiento y estructuración de programas aplicados en el área educativa y de educación especial, siendo que la actividad motora permite el conocimiento de las propiedades de los objetos, superficies, espacios, por lo que los modos de acción que se generan al percibir las oportunidades del ambiente (affordances) traen como consecuencia la exploración de nuevas oportunidades que permiten el desarrollo de otras habilidades cognitivas (i.e., Gibson, 1988).

Referencias

- Adolph, K.E., Eppler, M., & Gibson, E.J. (1993). Crawling versus walking infants' perception of affordances for locomotion over sloping surfaces. *Child Development*, 64, 1158-1174.
- Adolph, K., & Hoch, J.E. (2019). Motor Development: Embodied, Embedded, Enculturated, and Enabling. *Annual Review of Psychology*, 70(1), 141-164. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-010418-102836>
- Alluisi, E. A., Strain, G. S., & Thurmond, J. B. (1964). Stimulus-response compatibility and the rate of gain of information. *Psychonomic Science*, 1, 111-112.
- Alluisi, E. A., & Warm, J. S. (1990). Things that go together: A review of stimulus-response compatibility and related effects. En R.W. Proctor & T.G. Reeve (Eds.), *Stimulus-response compatibility* (pp. 3-30). Elsevier.
- Ambrosecchia, M., Marino, B.F.M., Gawryszewski, L.G., & Riggio, L. (2015). Spatial stimulus-response compatibility and affordance effects are not ruled by the same mechanisms. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 11. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00283>
- Barker, R. G. (1968). *Ecological psychology: Concepts and methods for studying the environment of human behavior*. Standard University Press.
- Bernstein, N. A. (1991/1996). Dexterity and its development. En M.L. Latash & M.T. Turvey (Eds.), *Dexterity and its development* (pp. 9-235). Lawrence Erlbaum, Publishers.
- Blanchard, R. J., & Blanchard, D. C. (1989). Attack and defense in rodents as ethoexperimental models for the study of emotion. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 13, S3-S14.
- Breland, K., & Breland, M. (1961). The misbehavior of organisms. *American Psychologist*, 16(11), 681-684.
- Cabrera, F., Covarrubias, P., & Jiménez, Á. A. (2013b). Topografía de la conducta en función de la configuración de las superficies: El caso del nivel operante. En J. J. Irigoyen, F. Cabrera, M. Y. Jiménez, H. Martínez, & K. F. Acuña (Eds.) *Estudios sobre comportamiento y aplicaciones: Vol. III* (pp. 48-65). Universidad de Sonora.
- Cabrera, F., & Ortega, S. (2017). Affordances for reaching behavior: Rats change limb preferences while reaching for food. En J.A. Weast-Knapp y G.J.

- Pepping (Eds.) *Studies in Perception and Action XIV* (69-72). New York: Routledge.
- Cabrera, F., Sanabria, F., Jiménez, Á.A., & Covarrubias, P. (2013a). An affordance analysis of unconditioned lever pressing in rats and hamsters. *Behavioural Processes*, 92, 36-46.
- Cabrera, F., & Zepeda, I. (2022). Desarrollo infantil desde una perspectiva funcional del ambiente. En: J., Camacho, A.D. Gómez, E. Meraz., E. Zepeta, & F. Cabrera (Eds.). *Planteamientos conceptuales y de atención psicológica dirigidos a la educación especial* (pp. 101-126). Universidad Autónoma de Tlaxcala.
- Cardellicchio, P., Sinigaglia, C., & Costantini, M. (2011). The space of affordances: A TMS study, *Neuropsychologia*, 49(5),1369-1372. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.01.021>.
- Cesari, P., & Newell, K. M. (1999). The scaling of human grip configurations. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 25(4), 927-935. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.25.4.927>
- Cesari, P., & Newell, K. M. (2000). Body scaling of grip configurations in children aged 6-12 years. *Developmental Psychobiology*, 36, 301-310.
- Chan, W.H. & Chan, A.H.S. (2003). Movement compatibility for rotary control and circular display computer simulated test and real hardware test. *Appl Ergonomics*,34(1), 61-71.
- Chao, L., & Martin, A. (2000). Representation of Manipulable Man-Made Objects in the Dorsal Stream, *NeuroImage*,12(4), 478-484. <https://doi.org/10.1006/nimg.2000.0635>
- Cho, Y., & Proctor R. (2002). Influences of hand posture and hand position on compatibility effects for up-down stimuli mapped to left-right responses: Evidence for a hand referent hypothesis. *Percept Psychophys*, 64(8), 1301-15.
- Costantini, M., Ambrosini, E., Tieri, G., Sinigaglia, C., & Comitteri, G. (2010). Where does an object trigger an action? An investigation about affordances in space. *Experimental Brain Research*, 207, 95-103. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2435-8>
- Dag, N., Atil, I., Kalkan, S., & Sahin, E. (2010). *20th International Conference on Pattern Recognition* (pp. 3089-3092). IEEE.
- Danckert, J., & Goodale, M. (2001). Superior performance for visually guided pointing in the lower visual field. *Exp Brain Res* 137, 303-308. <https://doi.org/10.1007/s002210000653>

- Duncan, J., Humphreys, G., & Ward, R. (1997). Competitive brain activity in visual attention. *Current Opinion in Neurobiology*, 7(2), 255-261. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(97\)80014-1](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(97)80014-1).
- Ellis, R., & Tucker, M. (2000). Micro-affordance: The potentiation of components of action by seen objects. *British Journal of Psychology*, 91, 451-471. <https://doi.org/10.1348/000712600161934>
- Feigenberg, I.M., & Latash, I. P (1996). N. A. Bernstein: The reformer of neuroscience. En L.P. Latash & M.T. Turvey (Eds.), *Dexterity and its development* (pp. 247-275). Lawrence Erlbaum Associates, Publisher.
- Fitts, P.M., & Seeger, C.M. (1953). SR Compatibility: spatial characteristics of stimulus and response codes. *Journal of Experimental Psychology*, 46, 199-210. <https://doi.org/10.1037/h0062827>
- Garrido-Vásquez, P., & Schubö, A., (2014). Modulation of visual attention by object affordance, *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00059>
- Gibson, E.J., (1988). Exploratory behavior in the development of perceiving, acting, and acquiring knowledge. *Annual Review of Psychology*, 39(1), 1-42.
- Gibson, E.J., y Pick, A.D. (2000). *An Ecological Approach to Perceptual Learning and Development*. Oxford University Press.
- Gibson, E. J., Riccio, G., Schmuckler, M.A., Stoffregen, T.A, Rosenberg, D. & Taormina, J. (1987). Detection of the traversability of surfaces by crawling and walking infants. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 13, 533-544.
- Gibson, E.J., & Schmuckler, M.A. (1989). Going somewhere: An ecological and experimental approach to development of mobility. *Ecological Psychology*, 1, 3-25.
- Gibson, E.J., & Walk, R.D. (1960). The “visual cliff”. *Scientific American*, 202, 64-71.
- Gibson, J. J. (1979/2015). *The ecological approach to visual perception*. Psychology Press.
- Haaland, K., & Harrington, D.L. (1996). Hemispheric asymmetry of movement, *Current Opinion in Neurobiology*, 6(6), 796-800. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(96\)80030-4](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80030-4).

- Handy, T., Grafton, S., Shroff, N., Ketay, S., & Gazzinaga, M. (2003). Graspable objects grab attention when the potential for action is recognized. *Nature Neuroscience*, 6, 421–427. <https://doi.org/10.1038/nn1031>
- Handy, T.C., Shaich Borg, J., Turk, D.J., Tipper, C., Grafton, S.T. & Gazzaniga, M.S. (2005). Placing a tool in the spotlight: spatial attention modulates visuomotor responses in cortex. *NeuroImage* 26, 266–276.
- Handy, T. C., & Tipper, C. M. (2007). Attentional orienting to graspable objects: what triggers the response? *NeuroReport* 18(9), 941-944. DOI:10.1097/WNR.0b013e3281332674
- Handy, T. C., Tipper, C. M., Schaich Borg, J., Grafton, S., & Gazzaniga, M.S. (2006). Motor experience with graspable objects reduces their implicit analysis in visual- and motor-related cortex, *Brain Research*, 1097(1), 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.04.059>.
- Hoffman, J., & Koch, I. (1997). Stimulus-response compatibility and sequential learning in the serial reaction time task. *Psychological Research*, 60, 87-97.
- Hoffmann, E.R. (1997). Strength component principles determining direction of turn stereotypes -linear displays with rotary controls. *Ergonomics*, 40(2), 199-222.
- Hommel, B., Pratt, J., Colzato, L., & Godijin, R. (2001). Symbolic control of visual attention. *Psychological Science*, 12(5), 360-365.
- Hommel, B., & Prinz, W. (1997). Theoretical issues in stimulus-response compatibility: Editor's introduction. En B. Hommel & W. Prinz (Eds.), *Theoretical issues in stimulus-response compatibility* (pp. 3-8). Elsevier.
- Humphrey, N. K. (1973). Predispositions to learn. In R. A. Hinde & J. Stevenson-Hinde (Eds.), *Constraints to learning. Limitations and predispositions* (pp. 301-304). Academic Press.
- Humphreys, G., & Riddoch, J. M. (2001). Detection by action: neuropsychological evidence for action-defined templates in search. *Nature Neuroscience*, 4, 84–88. <https://doi.org/10.1038/82940>
- Jiménez, Á.A., Cabrera, F., & Covarrubias, P. (2014). Elección de modos de acción y métrica intrínseca en una tarea de alcance con el brazo. *Revista Mexicana de Análisis de la Conducta*, 40, 1-24.
- Jiménez, A.A., Covarrubias, P., & Cabrera, F. (2015). Análisis ecológico de una tarea de alcance con el brazo con adultos mayores. *Journal of Behavior, Health, & Social Issues*, 7, 41-53.

- Jiménez, Á. A., Sanabria, F., & Cabrera, F. (2017). The effect of lever height on the microstructure of operant behavior. *Behavioural Processes*, *140*, 181-189.
- Jiménez, Á. A., Romero, K.D., Salas, M., y Covarrubias P. (2021). Adquisición de la conducta operante: no todas las alturas funcionan igual. *Conductual*, *9*(1), 30-44.
- Kantowitz, B., & Nathan-Roberts, D. (2009). Sources of Stimulus-Response Compatibility: Frames, Rules, and Response Tendencies. *The Ergonomics Open Journal*, *2*, 163-169.
- Karwowski, W. (2010). Symvatology: The science of an artifact-human compatibility. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, *1*(1), 76-91. <https://doi.org/10.1080/146392200308480>
- Koch, I. (2007). Anticipatory response control in motor sequence learning: Evidence for stimulus-response compatibility. *Human Movement Science*, *26*(2), 257-274.
- Kornblum, S., & Lee, J.W. (1995). Stimulus-response compatibility with relevant and irrelevant stimulus dimensions that do and do not overlap with the response. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*(4), 855-875. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.4.855>
- Kumar S., Riddoch M. J., & Humphreys G. W., (2021). Handgrip Based Action Information Modulates Attentional Selection: An ERP Study. *Frontiers in Human Neuroscience*, *15*, <https://doi.org/10.3389/fnhum.2021.634359>
- Laverick, R., Wulff, M., Honisch, J.J., Cua., W.L., Wing, A. & Rotshtein P. (2015). Selecting object pairs for action: Is the active object always first? *Experimental Brain Research*, *233*, 2269-228. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4296-7>
- Lu, C.H., & Proctor, R. W. (1994). Processing of an irrelevant location dimension as a function of the relevant stimulus dimension. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*(2), 286-298. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.20.2.286>
- Lu, C.H., & Proctor, R. W. (1995). The influence of irrelevant location information on performance: A review of the Simon and spatial Stroop effects. *Psychonomic Bulletin & Review*, *2*(2), 174-207. <https://doi.org/10.3758/BF03210959>
- Michaels, C. F. (1988). S-R compatibility between response position and destination of apparent motion: Evidence of the detection of affordances. *Journal*

- of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 14(2), 231–240. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.14.2.231>
- Norman, D. A. (1988). *The design of everyday things*. Basic Books.
- Proctor, R.W. (1978). Sources of color-word interference in the Stroop color-naming task. *Perception & Psychophysics* 23, 413–419. <https://doi.org/10.3758/BF03204145>
- Proctor, R.W., & Miles, J.D. (2014). Does the concept of affordance add anything to explanations of stimulus-response compatibility effects? *Psychology of Learning and Motivation*, 60, 227-266. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800090-8.00006-8>
- Proctor, R.W., Miles, J.D. & Baroni, G. (2011). Reaction time distribution analysis of spatial correspondence effects. *Psychonomic Bulletin Review*, 18, 242–266. <https://doi.org/10.3758/s13423-011-0053-5>
- Proctor, R. W., & Schneider, D. W. (2018). Hick’s law for choice reaction time: A review. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 71(6), 1281-1299.
- Proctor, R.W., & Vu, K.P.L. (2006). *Stimulus-response compatibility principles. Data, theory, and applications*. Taylor & Francis.
- Proctor, R.W., & Vu, K.P.L. (2009). Determinants of benefit for consistent stimulus-response mappings in dual-task performance of four choice tasks. *Atten Percept Psychophysics*, 71(4), 734-56.
- Revusky, S. (1984). Associative predispositions. In P. Marler & H. S. Terrace (Eds.), *The biology of learning* (pp. 447-460). Springer-Verlag.
- Riddoch, M., Humphreys, G., Edwards, S., Barker, T., & Willson, K. (2003). Seeing the action: neuropsychological evidence for action-based effects on object selection. *Nature Neuroscience*, 6, 82–89. <https://doi.org/10.1038/nn984>
- Rosenbaum, D. A. (2010). *Human motor control*. Academic Press.
- Seligman, M. E. (1970). On the generality of the laws of learning. *Psychological Review*, 77(5), 406.
- Shannon, C.E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. The University of Illinois, Press.
- Shi, K., & Wang, L. (2022). The effect of irrelevant response dimension on stimulus response compatibility, *Acta Psychologica*, 223, 103495, <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2022.103495>.

- Simon, J. R. (1968). Effect of ear stimulated on reaction time and movement time. *Journal of Experimental Psychology*, 78, 344-346
- Simon, J. R. (1969). Reactions toward the source of stimulation. *Journal of Experimental Psychology*, 81(1), 174–176. <https://doi.org/10.1037/h0027448>
- Simon, J. R. (1990). The effects of an irrelevant directional cue on human information processing. In R.W. Proctor & T. G. Reeve (Eds.), *Stimulus-response compatibility: An integrated perspective* (pp. 31-86). North-Holland.
- Simon, J. R., Craft, J. L., & Small, A. M. (1971). Reactions toward the apparent source of an auditory stimulus. *Journal of Experimental Psychology*, 89(1), 203–206. <https://doi.org/10.1037/h0031164>
- Simon, J. R., Hinrichs, J. V., & Craft, J. L. (1970). Auditory S-R compatibility: Reaction time as a function of ear-hand correspondence and ear-response-location correspondence. *Journal of Experimental Psychology*, 86(1), 97-102. <https://doi.org/10.1037/h0029783>
- Simon, J. R., & Rudell, A. P. (1967). Auditory S-R compatibility: The effect of an irrelevant cue on information processing. *Journal of Applied Psychology*, 51(3), 300–304. <https://doi.org/10.1037/h0020586>
- Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18(6), 643–662. <https://doi.org/10.1037/h0054651>
- Tolman, E. C. (1932). *Purposive behavior in animals and men*. The Century CO.
- Tosoni, A., Altomare, E.C., Perrucci, M.G., Committeri, G., & Di Matteo, R. (2023). Foot-related/walking macro-affordances are implicitly activated and preferentially guided by the framing distance of the environmental layout. *Psychological Research*, 87, 787–799. <https://doi.org/10.1007/s00426-022-01692-w>
- Tucker, M., & Ellis, R. (1998). On the relations between seen objects and components of potential actions. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(3), 830–846. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.24.3.830>
- Turvey, M. T., Fitch, H. L., & Tuller, B. (1982). The Bernstein perspective: I. The problems of degrees of freedom and context-conditioned variability. En J.A.S. Kelso (Ed.), *Human motor behavior* (pp. 239-252). Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- Uexküll, J. (1934). A stroll through the worlds of animals and men. En C. H. Schiller (Ed.), *Instinctive behavior. The development of a modern concept* (pp. 5-80). International University Press.
- Wallace, R. J. (1971). S-R compatibility and the idea of a response code. *Journal of Experimental Psychology*, 88(3), 354-360.
- Warren, W. H. (1984). Perceiving affordances: Visual guidance of stair climbing. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10(5), 683–703. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.10.5.683>

