

# RECALIBRACIÓN PERCEPTIVA Y EPISTEMOLOGÍA PROSTÉTICA

Juan C. González\*

## SUMMARY

In this article I analyze the concept of *perceptual recalibration* in the context of prosthetic epistemology. The text has two main goals. The first one is to clarify said concept and to understand, in the light of two well-studied cases of perceptual adaptation, the role that recalibration plays in the sensorimotor dynamics of cognitive systems and in the constitution of perceptual spaces in general. The alluded cases involve a human-machine interface wherein prosthetic mediation and its effects on perception are evident. The first case concerns a sensory-substitution system, whereas the second one concerns perceptual modification lenses.

The second goal of the text is to address three implications that perceptual recalibration has for prosthetic epistemology and, more generally, for theory of perception. The first implication concerns the all-pervasive dynamic aspect of spatial cognition; the second one relates to the plastic character of the sensory modalities and, hence, to the malleable character of their typology; the third implication addresses the constitutive vagueness of the cognitive boundary between the agent and its environment. These implications present conceptual and empirical challenges for perception theory and for theory of knowledge in general.

I introduce the discussion by sketching a conceptual framework belonging to the theory of artifacts, according to which we can distinguish three types of instruments: *prostheses*, *tools* and *special extensions*. This framework is useful to classify those instruments according to their intended goals or functions, but it also proves useful to pinpoint common traits among them, such as the relevance of active learning for their operation. And by applying the previous distinctions to the domain of perceptive instruments we can gain insight as to the nature of aided perception, all the while highlighting the importance of the feed-back loop ‘perception-goal-action’ involved in the mastery and subsequent operation of instruments in general.

The discussion then moves on to the domain of sensory substitution. This is approached through a system, called TVSS<sup>1</sup>, designed to substitute sight through touch. After briefly describing said system, together with the theoretical context in which it was conceived, emphasis is given to the role of the brain as an interface and to the sensory plasticity that underlies the successful operation of the TVSS system. It is then posited that plasticity

and adaptation are concepts that necessarily solicit each other. From here there is only one short step towards showing that perceptual recalibration is at work in the demonstrated cognitive performance of the agents using the TVSS system.

Then the case of perceptual-modification lenses is addressed through the classical experiments of visual-modification prisms worn by humans, which turns out to be useful to illustrate the nature of perceptual adaptation. These experiments are relevant to the extent that, as Kohler put it, “modification casts light on development”. To this I add that development is to be understood both at the ontogenetic and the phylogenetic levels. With this in mind, it is shown that –just as it is the case in the context of sensory substitution– the concept of perceptual recalibration in this other context elegantly captures and weaves together the ideas of *cognitive aptitude*, *adjusting sensorimotor activity* and *adequate responses to functional demands*, which simultaneously translate as a necessary condition for a satisfactory interaction between the agent and its environment. And, again, it is claimed that plasticity and adaptation appear at work together in the process of recalibration.

Indeed, both sensory substitution and perceptual modification clearly illustrate the process of perceptual recalibration, since in both cases there is an adaptation achieved, there is learning involved (cognitive aptitude and sensorimotor activity being fundamental for learning), reaffection or feed-back in the loop ‘perception-goal-action’ allows the adjustment of the system, the sensory modalities involved –though phylogenetically determined and empirically ‘initialized’– do change their functions and/or organization in the course of time, and, finally, recalibration in both cases is made possible due to an underlying brain and sensory plasticity.

The interest and putative strength of the concept of perceptual recalibration here introduced come mainly from: A) the way in which I critically relate such concept with its actual conditions of implementation in a perceptual context, highlighting among those conditions the active learning involved, the underlying brain and sensory plasticity and the functional demands being satisfied within a constraining environment; B) the implications that such concept has for prosthetic epistemology and, more generally, for theory of perception. The rest of the article is dedicated to expounding three of those implications.

<sup>1</sup> This stands for *Tactile Visual Sensory Substitution*

\*Departamento de Filosofía. Facultad de Humanidades. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62210 Cuernavaca, Mor. jgonzalez@buzon.uaem.mx  
Recibido: 22 de octubre de 2003. Aceptado: 4 de febrero de 2004.

### *Implication 1: Spatial cognition is fundamentally and pervasively dynamic*

This claim, substantiated in the preceding discussion, is to be understood in a more radical fashion than the mere idea that cognition is accompanied by bodily movement. Indeed, this claim goes beyond the uncontroversial idea that information pick-up is done through an orderly motion of the sensory receptors, and relates to the very constituency of perceptual spaces. And it applies to both the phylogenetic and the ontogenetic levels of perceptual development. In this perspective, there is movement constantly involved all throughout the perceptual process – whether it be information pick-up, perceptual experience, perceptual learning, or even the neurobiological formation of the perceptual system itself. Hence, the perception of objects in space and of spatial relations, among other things, is made possible by the fundamentally dynamic character of our cognitive systems, whether this character be implicit in their genealogical history or explicit in their actual operation. To conclude this section, two plausible objections are raised and discussed.

### *Implication 2: The number and type of sensory modalities are revisable*

This claim derives from the fact that, with the aid of appropriate instruments and a corresponding perceptual recalibration, it is in fact possible to modify/augment the capabilities of, and even inaugurate, sensory modalities. Although some would claim that these novel modalities (or capabilities) are not on equal epistemic footing with the classical modalities, the novel modalities, it is argued, do comply with functional and phenomenal criteria that establish them as new senses in their own right. If these criteria are accepted, then we must revise the traditional Aristotelian credo regarding the number of specialized perceptual senses humans are endowed with (presumably five), for there are assuredly more than five ways we can get particular information and experience about the world. Moreover, if the number of sensory modalities is revisable, then it seems to follow that the typology of our senses must be revisable as well –including the revision of intramodal and intermodal boundaries within the typology—making the issue about the number and type of specialized modalities there are an open, and perhaps indeterminate, matter.

### *Implication 3: The cognitive boundary between the agent and the world is negotiable*

Cognition is not confined to the limits of our body. Occidental and industrialized common sense has it, in spite, that our skin is the definitive boundary between us and the rest of the world, and that the cognitive agent and the perceived environment are two clearly distinct things. But, again, through the use of appropriate instruments and a corresponding perceptual recalibration, it is in fact possible to extend our cognition to what *prima facie* is an arbitrarily complex and unlimited range of phenomena. In this way, the cognitive boundary between a perceiving agent and its surrounding environment can be displaced, depending on the purposes at hand. The limits of our cognition and, therefore, of our cognitive selfhood, are negotiable. Several examples in the text illustrate this claim. Although this epistemological negotiation should have ontological repercussions, these, however, are not addressed in the text.

**Key words:** Perception, prosthetic epistemology, recalibration, perceptual adaptation, sensory substitution.

## RESUMEN

El presente texto analiza el concepto de *recalibración perceptiva* en el contexto de la epistemología prostética. Primeramente, se trata de clarificar dicho concepto y de entender, a partir de dos casos de adaptación cognitiva bien estudiados, el papel que la recalibración juega en la dinámica sensorio-motora y en la constitución de los espacios perceptivos en general. Estos son casos de interfaz humano-máquina en los que la mediación prostética y sus efectos sobre la percepción son patentes. El primer caso es presentado a través de un dispositivo de substitución sensorial, mientras que el segundo trata sobre modificación perceptiva. Posteriormente, se presentan tres implicaciones que la recalibración perceptiva tiene para la epistemología prostética y la teoría de la percepción, y que corresponden al aspecto fundamentalmente dinámico de la cognición del espacio, al aspecto indeterminado de la tipología de las modalidades sensoriales y al aspecto difuso de la frontera entre el agente cognitivo y su medioambiente.

Sin embargo, para introducir la discusión y facilitar el análisis, primeramente esbozo un marco conceptual perteneciente a la teoría de artefactos donde distingo tres tipos de instrumentos: *las prótesis*, *las herramientas* y *las extensiones especiales*. Dicho marco permite clasificar tales instrumentos según sus distintos objetivos o funciones, pero también permite destacar factores comunes en ellos, como la relevancia del aprendizaje activo en su operación. Al aplicar las precisiones anteriores al ámbito de los instrumentos perceptivos, surgen ciertos rasgos que resultan relevantes para comprender tanto la naturaleza del instrumento como la importancia del circuito ‘percepción-objetivo-acción’ en la operación del mismo.

Pasando ahora a la substitución sensorial, ésta se ilustra a través de un sistema diseñado para suplir la vista a través del tacto (TVSS<sup>1</sup>).

Después de describir brevemente dicho sistema, así como el contexto teórico de su concepción, la discusión se enfoca sobre la plasticidad cerebral y sensorial subyacentes a la operación del TVSS, haciendo resaltar que plasticidad y adaptación son conceptos que se solicitan mutuamente. El desempeño cognitivo que el TVSS facilita —demostrado en la adaptación exitosa del agente que lo utiliza— anuncia ya al concepto de *recalibración perceptiva*.

Enseguida se aborda la modificación perceptiva, que es otro caso útil para ilustrar la recalibración en cuestión. Se presenta un ejemplo clásico, que consiste en la utilización de lentes de modificación visual por seres humanos. Como en el caso de la substitución sensorial, para lograr una adaptación exitosa debe realizarse un aprendizaje previo que involucra tanto una aptitud cognitiva como una actividad sensorio-motriz. Y una condición *sine qua non* para dicha adaptación es el ajuste o *recalibración* del sistema perceptivo en respuesta a exigencias funcionales cuya satisfacción permite la correcta interacción entre el agente y su medioambiente.

Los casos de substitución sensorial y de modificación perceptiva son ilustraciones patentes de *recalibración perceptiva*. en ambos casos existe una adaptación, se requiere un aprendizaje para ello, la aptitud cognitiva y la actividad sensorio-motriz son fundamentales en dicho aprendizaje, la retroalimentación (o reaferencia) en el circuito ‘percepción-objetivo-acción’ permite el ajuste, están involucradas modalidades sensoriales filogenéticamente determinadas y empíricamente ‘inicializadas’ y, finalmente, la recalibración parece ser posible gracias a una plasticidad cerebral y sensorial subyacente.

<sup>1</sup> Iniciales en inglés para *Tactile-Visual Sensory Substitution* (cf. Sección III.a)

La fuerza del concepto de recalibración aquí propuesto radica principalmente en: A) la manera en que críticamente relaciono dicho concepto con sus condiciones efectivas de implementación en un contexto perceptivo, destacando entre ellas el proceso de aprendizaje activo, la plasticidad nerviosa subyacente y las exigencias funcionales correspondientes; B) el señalamiento de algunas implicaciones que dicho concepto tiene para la epistemología prostética y la teoría de la percepción.

En relación al punto 'B', y sustentadas en la discusión precedente, tres consecuencias parecen imponerse naturalmente para la epistemología prostética y la teoría de la percepción (con esta discusión concluye el artículo):

- 1) *La cognición espacial es fundamentalmente dinámica.* Esto concierne tanto al nivel filogenético como al ontogenético y obliga a analizar la percepción como una capacidad cognitiva inextricablemente ligada a la acción;
- 2) *El número y el tipo de las modalidades sensoriales es revisable.* En efecto, a través de instrumentos apropiados y mediante una recalibración perceptiva se pueden inaugurar modalidades sensoriales inéditas;
- 3) *La frontera entre el agente cognitivo y el mundo es negociable.* La cognición no está confinada a los límites del cuerpo, sino que es extensible, a través de instrumentos, a un espectro de fenómenos arbitrariamente amplio y complejo.

**Palabras clave:** Percepción, epistemología prostética, recalibración, adaptación perceptiva, substitución sensorial.

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando aprendía a conducir automóviles me solía preguntar: ¿por qué los coches no tienen el volante en el centro, en lugar del lado izquierdo? Aparte de evitar raspones en los costados, pensaba yo, poner el volante en el centro facilitaría el aprendizaje de manejo, pues la apreciación de las relaciones espaciales por parte del chofer permitiría calcular distancias de manera simétrica, lo cual no sólo es más simple sino también más natural. Llegué finalmente a la doble conclusión de que los coches tienen el volante en un lado porque así caben más personas y porque a fin de cuentas no importa –para todo propósito práctico– que el volante esté en el lado izquierdo, en el centro o en el lado derecho, como se acostumbra entre los británicos. Ni siquiera importa, como fue el caso de Suecia en 1967, que un país entero invierta repentinamente el lado de la circulación vial sin cambiar los volantes de los coches\*.

La clave para entender esta segunda conclusión se resume en un solo concepto: *recalibración perceptiva*. La elucidación de este concepto bajo la doble luz de la epistemología prostética y la teoría de la percepción constituye el objetivo de este texto.

Para lograr dicho objetivo, abordaré dos casos bien

\*Ver información sobre el lado de la vialidad en diferentes países del mundo, incluyendo datos históricos interesantes sobre el tema, en: [http://www.travel-library.com/general/driving/drive\\_which\\_side.html](http://www.travel-library.com/general/driving/drive_which_side.html)

estudiados de interfaz humano-máquina en los que la mediación prostética y sus efectos sobre la percepción son patentes: la substitución sensorial y la modificación perceptiva. El primer caso es presentado a través de un dispositivo de substitución tactovisual (TVSS\*), mientras que el segundo trata sobre lentes de modificación visual. Pero primero esbozaré un marco teórico donde distingo tres tipos de instrumentos, destacando la relevancia del aprendizaje activo en su operación. Después presentaré el concepto de *recalibración perceptiva*, poniendo énfasis en el papel que juegan la práctica y la plasticidad del sistema nervioso en el proceso de recalibración. Finalmente abordaré algunas implicaciones que la recalibración perceptiva puede tener para la epistemología prostética y la teoría de la percepción.

## II. INSTRUMENTOS

Una definición proveniente de la teoría de artefactos estipula que, para que algo sea un instrumento, requiere "...tener al menos una propiedad que haya sido concebida por alguien como medio para lograr un fin y haber sido utilizado intencionalmente en esa capacidad." (Dipert, 1995 : 121). Por otro lado, según el diccionario Larousse (1994), un instrumento es (una) "Máquina, herramienta que sirve para producir cierto trabajo: *instrumentos de labranza...*". Estas dos definiciones capturan aspectos conceptuales útiles, por lo que las consideraré como punto de partida en este trabajo.

**IIa. Prótesis, herramientas y extensiones especiales**  
Podemos clasificar diferentes tipos de instrumentos según los objetivos para los que estén diseñados o las funciones que de hecho realicen. Así, podemos distinguir entre una prótesis, cuya propiedad esencial es la de sustituir o auxiliar un órgano corporal (una pata de palo, por ejemplo), y una herramienta, cuyo rasgo básico es ser un instrumento que extiende las capacidades naturales de trabajo (unas pinzas, por ejemplo). Mientras que las prótesis son instrumentos de compensación o de remedio, las herramientas permiten aumentar la capacidad natural de trabajo. Ambos tipos de instrumento requieren manipularse a través de una técnica cuyo aprendizaje varía según su complejidad.

Es posible distinguir un tercer tipo de instrumentos, las extensiones especiales, que serían aparatos o aditamentos que permiten realizar funciones inéditas, o sea,

\*Iniciales en inglés para *Tactile-Visual Sensory Substitution* (cf. sección III.a)

CUADRO 1

Tres tipos de instrumentos y ejemplos que presumiblemente los ilustran, ordenados verticalmente según el grado relativo de complejidad (y esfuerzo correspondiente) del aprendizaje de su técnica de control.

Tipo de Instrumento	Prótesis	Herramientas	Extensiones especiales
Grado de complejidad			
Menor	Gafas comunes	Martillo	Grabadora de audio
	Muletas	Estetoscopio	Lentes infrarrojos
	Silla de ruedas	Binoculares	Equipo de buceo
	Bastón blanco	Motocicleta	Sonda marina
	TVSS	Traxcavo	Equipo de microcirugía
	Lenguaje de signos	Corta-diamantes	Jet Jumbo
Mayor	Sistema Braille	Grúa gigante	Radiotelescopio

que no son una extensión 'lineal' de la capacidad natural del organismo, sino que posibilitan una novedosa facultad (trabajar bajo el agua gracias a un equipo de buceo, por ejemplo). Este tipo de instrumento también requiere manipularse por medio de una técnica cuyo aprendizaje varía según su complejidad.

Estos tipos de instrumentos se empalman en cuanto a sus propiedades o las funciones que cumplen, de manera que sería difícil o hasta vano querer encontrar el conjunto de características necesarias y suficientes para designar únicamente a cada uno. Esto no tiene importancia mientras entendamos que por 'instrumento' nos referimos a un objeto que responda a la descripción de cualquiera de los tres tipos mencionados, o a combinaciones de ellos.

Si aplicamos las precisiones anteriores al ámbito de la percepción sensorial humana, podemos distinguir instrumentos que constituyen los medios de un sistema cognitivo natural para corregir sus defectos (*p.ej.*, las gafas graduadas), para aumentar su capacidad perceptiva (*p.ej.*, el microscopio), o para realizar funciones inéditas (*p.ej.*, lentes infrarrojos de visión nocturna). Como veremos más adelante, el primer tipo de instrumentos puede ser ilustrado por medio de la substitución sensorial, que es un caso de prótesis perceptiva.

### **IIb. Aprendizaje y acción**

Una persona puede llegar a manipular con destreza instrumentos tan diversos como grúas, telescopios, bisturíes, paracaídas, tijeras, equipos de radiografía y bicicletas. A pesar de su diversidad, todos ellos tienen un rasgo en común: el dominio del instrumento exige un aprendizaje. El aprendizaje puede evaluarse, en términos del esfuerzo requerido para controlarlo, con un parámetro cuyos polos son la *simplicidad*, como el caso de un martillo con el que se percute algo y la *complejidad*, como el caso de un robot submarino de exploración y manipulación. Habría múltiples casos intermedios, como el manejo de un tractor, un helicóptero, un portaviones, el control de instrumentos de microcirugía, la operación de una fresadora o la utilización de bino-

culares. A mayor complejidad del instrumento, mayor será el esfuerzo requerido para controlarlo\*.

Esta distinción suplementaria se aplica a los tres tipos de instrumentos mencionados, de manera que en cada categoría encontramos instrumentos cuya complejidad varía según el grado de aprendizaje necesario para manejarlos diestramente. Podemos apreciar estas distinciones en el cuadro 1.

Otro rasgo que comparten los casos mencionados es que la pericia necesaria para manejar el instrumento óptimamente se adquiere a través de una actividad sensorio-motriz y una aptitud cognitiva que típicamente satisfacen exigencias prácticas. La actividad sensorio-motriz permite que el sistema perceptivo guíe al sistema motor y que éste ajuste los movimientos al fin deseado u objetivo. En términos de la teoría de control, dicha actividad se desarrolla y retroalimenta en el circuito 'percepción-objetivo-acción' en tiempo real.

Los experimentos que perturban el flujo de retroalimentación han demostrado que se puede dislocar *espacialmente* el sistema de entradas y salidas sensorio-motrices sin que se comprometa el desempeño cognitivo del agente, mientras que si la perturbación corresponde a un desfase *temporal* en la señal de retroalimentación, el desempeño primero se entorpece y, al aumentar el desfase, se torna caótico; ni aun la práctica permite superar esta perturbación, haciendo la adaptación imposible (Gregory, 1997:145-7).

La aptitud cognitiva es necesaria para fijar el objetivo que persigue la acción del sistema, así como para concebir y evaluar diversas estrategias de acción. El aprendizaje permite de este modo combinar aptitud cognitiva y operación sensorio-motriz dentro de una acción dirigida a la satisfacción de exigencias prácticas.

\* Cabe subrayar aquí que la complejidad del instrumento (tal como se muestra en la figura 1) está definida en función del esfuerzo necesario para dominar la técnica de operación correspondiente y **no** en función del grado de sofisticación técnica del instrumento mismo. Así, por ejemplo, en calidad de instrumentos de escritura, un pincel japonés es presumiblemente más complejo que una computadora, independientemente del hecho que técnicamente un ordenador sea más complejo que un pincel.

### III. LA SUBSTITUCIÓN SENSORIAL

El término ‘substitución sensorial’ se refiere a una habilidad basada en un instrumento y a una técnica cuyo objetivo es auxiliar o reemplazar una o varias funciones de un órgano sensorial a través de otro órgano sensorial. La percepción facilitada por el bastón blanco de los ciegos es un ejemplo típico de esta habilidad.

En el contexto de la epistemología prostética, los dispositivos de substitución sensorial se pueden concebir como *prótesis perceptivas*. Una prótesis perceptiva se puede definir como un aparato diseñado para auxiliar o reemplazar un órgano sensorial o bien para restablecer o modificar una función perceptiva. Los sistemas de substitución sensorial se presentan como prótesis perceptivas intermodales, pues buscan el restablecimiento de funciones perdidas o dañadas e involucran por lo menos dos modalidades sensoriales. Entre la variedad de técnicas y dispositivos de substitución sensorial, nos concentraremos en un sistema particular diseñado para suplir la vista a través del tacto.

#### IIIa. El TVSS

Un sistema de substitución sensorial llamado ‘TVSS’ (*Tactile Visual Substitution System*) fue desarrollado por Bach-y-Rita y colaboradores hace más de treinta y cinco años (Bach-y-Rita, 1967; Bach-y-Rita y cols., 1969; Bach-y-Rita, 1971). El sistema consta de una cámara de vídeo, un convertidor de señal, una unidad central de control y monitoreo, y una matriz de ‘tactores’ o estimuladores cutáneos, usualmente 400 (20 x 20), que se activan en tiempo real. La energía luminosa captada por la cámara es convertida en patrones de estimulación táctil que conservan la estructura bi-dimensional de la señal óptica. Estos patrones actúan sobre la piel por medio de la matriz de tactores, la cual es colocada en diversas partes del cuerpo, como el abdomen, la espalda, la frente, los muslos y aun la lengua (Sampaio y cols. 2001). La estimulación que brinda el TVSS es eléctrica aunque también puede ser vibratoria. La analogía estructural entre la señal captada por la cámara y la señal táctil en forma de patrones permite hablar de una conversión de imágenes visuales en imágenes táctiles. El usuario del sistema puede obtener información sobre su entorno por vía cutánea. Aunque se puede decir que las prótesis perceptivas son algo muy antiguo, lo revolucionario del TVSS consiste en el hecho de que éste permite una substitución muy completa y elaborada.

#### IIIb. Plasticidad cerebral y el TVSS

El TVSS fue concebido a raíz de una investigación teórica sobre la plasticidad sensorial en el contexto de la fisiología del Sistema Nervioso Central (Bach-y-Rita, 1967, 1976). De hecho, el TVSS fue inicialmente de-

sarrollado como una demostración concreta de la plasticidad cerebral (White y cols., 1970; Bach-y-Rita, 1976). Bach-y-Rita (1987:67) define la plasticidad cerebral como “la capacidad de adaptación del sistema nervioso central, su habilidad para modificar su propia organización estructural y su propio funcionamiento... permitiendo así una respuesta adaptada (o mal adaptada) a las exigencias funcionales”. Este autor define la plasticidad sensorial como “la capacidad de un sistema sensorial (receptores, vías aferentes y representación del Sistema Nervioso Central) para asumir las funciones de otro sistema (sensorial)” (Bach-y-Rita, 1967:417).

La plasticidad sensorial es una consecuencia de la plasticidad cerebral, la cual ha sido demostrada en contextos de rehabilitación terapéutica (Bach-y-Rita, 1976, 1981, 1988, 1995) y de substitución sensorial (Bach-y-Rita, 1967, 1971, 1987). Un criterio fundamental para hablar de plasticidad, cerebral o sensorial, es la capacidad de reorganización (funcional y/o anatómica) del sistema cognitivo de acuerdo a las necesidades del organismo en un medioambiente que lo construye. Y bajo dicho criterio, como veremos enseguida, el TVSS responde de manera satisfactoria a diversas exigencias funcionales, ilustrando de modo patente que plasticidad y adaptación son conceptos concretizados simultáneamente en el proceso de *recalibración perceptiva* que discutiremos más tarde.

#### IIIc. Desempeño cognitivo con el TVSS

Los sujetos invidentes que han utilizado el TVSS señalan, después de un entrenamiento adecuado, que las imágenes percibidas corresponden a objetos en el espacio y no a sensaciones sobre la piel.\*

Estos sujetos han demostrado que poseen conceptos y habilidades cognitivas que dependen del sentido de la vista, como son la perspectiva, el paralaje, el *looming*, el *zooming*, y la percepción de la profundidad. Quizás más dramática aún sea su fehaciente capacidad de reconocer rostros y de realizar operaciones que exigen una coordinación psicomotora precisa, como interceptar una bola que se desliza sobre un plano inclinado o insertar pequeños componentes en tableros eléctricos en una línea de ensamble (Bach-y-Rita, 1995; Jansson, 1983; Jansson & Brabyn, 1981).

El TVSS facilita un desempeño cognitivo cuyo éxito depende de un periodo decisivo de aprendizaje activo que consiste en correlacionar entradas sensoriales con respuestas corporales a través de un proceso que establece invariantes sensorio-motrices. Es precisamente este proceso de aprendizaje perceptivo tardío el que puede ser interpretado en términos de una *recalibración*

\*Sin embargo, un filósofo invidente que se entrenó con el TVSS ha expresado escepticismo respecto al carácter genuinamente espacial de la percepción tactovisual (ver Guarniero, 1977).

del sistema perceptivo. El proceso de aprendizaje, para ser efectivo, duradero y generalizable, tiene que responder a exigencias funcionales reales, esto es, las habilidades perceptivas adquiridas deben tener alguna aplicación útil en el comportamiento y/o desempeño cognitivo del agente (González, 1998). Las invariantes sensorio-motrices que establece el agente con su entorno están críticamente estructuradas de modo egocéntrico, es decir, a partir de una perspectiva dinámica centrada en el agente y habilitada por sus entradas sensoriales y sus movimientos (Lenay, 1997).

La robustez de la adaptación cognitiva lograda con el instrumento se manifiesta en el hecho de que se puede cambiar la localización del dispositivo de entrada (la cámara) o de la matriz de estimuladores, sin comprometer el desempeño. Mientras el agente mantenga el control del dispositivo de entrada, se puede cambiar la ubicación de éste (por ejemplo, de la cabeza a la mano o montarla sobre una varilla) o de la matriz de estimuladores (por ejemplo, de la espalda a la pierna o al abdomen) sin afectar su capacidad perceptiva (Bach-y-Rita, 1972, 1995). Esto es una dramática demostración de la importancia que tienen el movimiento endógeno y el establecimiento de invariantes sensorio-motrices en el proceso de recalibración y, más generalmente, en la constitución de los espacios perceptivos.

#### IV. LA MODIFICACIÓN PERCEPTIVA

La modificación perceptiva representa otro caso interesante para comprender el concepto de recalibración perceptiva. Ambos cuentan con un sólido historial empírico en el área de la psicología cognitiva y del desarrollo. La manera más clara y concisa de explicar por qué estos casos son atractivos es citando a Köhler, cuando dice que "la modificación ilumina el desarrollo" (Dolezal, 1982:14). Cabría agregar que el interés por entender el desarrollo en este contexto se sitúa no sólo a nivel ontogenético, sino también filogenético.

Aunque hay muchos experimentos de modificación perceptiva, abordaremos un ejemplo clásico de ella que consiste en la utilización de lentes de modificación visual por seres humanos. Experimentos de este tipo han sido realizados desde el siglo XIX y sus bases teóricas se remontan a varios siglos atrás (Dolezal, 1982 : I). Empezando con Helmholtz (1962), y siguiendo con Stratton (1897), Gibson (1966), Köhler (1964), Harris (1965), Held (1965), Rock (1966), Rock & Harris (1967) y Dolezal (1982), entre otros, numerosos estudios han analizado la capacidad de recalibración perceptiva que tenemos los seres humanos a partir de la modificación visual.

Los lentes de modificación afectan el trayecto de la luz que llega al ojo, para desplazar, invertir, fragmen-

tar, inclinar, voltear, reducir, aumentar o distorsionar la imagen retiniana. El objetivo es perturbar la relación cognitiva que existe naturalmente entre el agente perceptivo y su medioambiente alterando las invariantes sensorio-motrices, lo que repercute en la cognición y la conducta del agente.\*

Las modificaciones controladas de dichas relaciones pueden servir para evaluar el grado de adaptación cognitiva por parte del agente. Los criterios de adaptación se aplican a tres niveles: a) la experiencia fenoménica (la manera en que las cosas aparecen); b) la descripción verbal; c) la conducta de interacción con el medioambiente. Antes de hablar de adaptación cognitiva exitosa o fracasada, debemos distinguir el nivel o los niveles a los cuales estamos aplicando los criterios de evaluación.\*\*

Un común denominador en los estudios mencionados anteriormente es que la adaptación cognitiva (evidenciada en términos de lo que llamo una *recalibración perceptiva*) es un hecho (Ewert, 1930; Snyder y Pronko, 1952; Köhler, 1951, Kottenhoff, 1957).\*\*\*

Aunque hay una gran cantidad de variables en juego (tipo de modificación, tiempo de exposición, tipo de tarea a realizar, entorno de la experimentación, etc.), queda claro que los seres humanos podemos adaptarnos a condiciones cognitivas anormales, específicamente a modificaciones del proceso natural de la percepción.

De lo anterior se sigue una modesta conclusión, a saber, que (como en el caso de la substitución sensorial) para lograr una adaptación exitosa usando lentes de modificación visual, debe ocurrir un aprendizaje previo que involucra tanto una aptitud cognitiva como una actividad sensorio-motriz. Aquí aparece nuevamente el concepto de recalibración perceptiva —no sólo como concepto que se refiere simultáneamente a la aptitud cognitiva, a la actividad sensorio-motriz de ajuste y a la respuesta medioambiental adecuada del sistema—, sino como condición *sine qua non* para permitir la correcta interacción entre el agente y su medioambiente.

#### V. RECALIBRACIÓN PERCEPTIVA

Dretske (1995) se refiere a 'recalibración perceptiva' como el ajuste o adaptación de un sistema sensorial ante una nueva condición para la que no está normalmente habilitado. Los antecedentes conceptuales del término se remontan por lo menos al siglo XIX y se

\*Incluyendo la experiencia fenoménica de éste.

\*\*Para una estimulante discusión que relaciona estímulos, áreas cerebrales y cualidades fenoménicas, y aclara cuestiones clave para entender dicha relación, ver [Hurley & Noe, 2003].

\*\*\*Ver, además, las referencias bibliográficas ya mencionadas en esta misma sección.

originan en investigadores como Hering, Helmholtz, James y Stratton. Una serie de experimentos fueron diseñados a lo largo de varias décadas del siglo XX inspirados en los experimentos de Stratton (1897) con lentes de modificación visual (cf. sección IV), dando lugar a diversas hipótesis y teorías explicativas sobre la adaptación perceptiva. Cabe destacar como antecedente la *teoría del campo sensori-tónico* de Werner y Wapner (1952 y 1957) que, al explotar conceptos como ‘relación sujeto-objeto’, ‘equilibrio relacional’, ‘perturbación asimétrica’, ‘tendencia estabilizadora’ y ‘transmisión vicariante’, prefigura las ideas directrices que sustentan al concepto de recalibración perceptiva.

Para entender plenamente la posición de Dretske sobre la recalibración perceptiva debemos primamente entender su concepción sobre la naturaleza de las representaciones. Dretske (1995 : 20 ss) hace referencia explícita al uso de ciertos lentes de modificación visual que desplazan la imagen retiniana 30° hacia la izquierda. Después de cierto tiempo e interacción entre los sistemas visual, táctil y motor, el sistema visuotáctil se recalibra exitosamente. Si la **recalibración** consiste en la adaptación exitosa del sistema perceptivo ante nuevas condiciones, parece legítimo postular que la **calibración** de un sistema perceptivo consiste en el establecimiento de correlaciones sensorio-motrices estables y duraderas (*i.e.*, invariantes sensorio-motrices) a través de la experiencia temprana. Tal proceso haría las veces de una ‘inicialización’ del sistema perceptivo con valores sensori-motores que se hacen cada vez más complejos y refinados. La adaptación que representa la recalibración perceptiva se realiza por medio de un aprendizaje ontogenético que permite modificar, hasta cierto punto, los determinantes establecidos en un plano filogenético.\* Tal capacidad de adaptación es algo que la gran mayoría de las especies animales parece no tener (Vurpillot, 1963; Gregory, 1981: 209 ss).

Los casos de substitución sensorial y de modificación perceptiva son ilustraciones patentes de recalibración perceptiva: en ambos casos existe una adaptación, se requiere un aprendizaje para ello, la aptitud cognitiva y la actividad sensorio-motriz son fundamentales en dicho aprendizaje, la retroalimentación (o reaferencia) en el circuito percepción-objetivo-acción permite el ajuste, están involucradas modalidades sensoriales filogenéticamente determinadas y empíricamente ‘inicializadas’ y, finalmente, la recalibración parece ser posible gracias a una plasticidad cerebral y sensorial subyacente.

\*Los determinantes filogenéticos pueden ser concebidos como el conjunto de factores innatos gracias a los cuales individuos de una misma especie pueden experimentar el mismo mundo fenoménico (y que explicaría por qué los individuos normales de una misma especie tienen de entrada experiencias cualitativamente similares ante el mismo estímulo).

El poder adaptativo que se observa en la compensación del sistema perceptivo después de la modificación es prueba de plasticidad. Gibson nos ofrece una pista para relacionar la recalibración perceptiva con la plasticidad concomitante del cerebro:

“Saber cómo se efectúa tal calibración en el cerebro es un problema. Pero hay experimentos que sugieren que una *recalibración* se efectúa cuando una información anormal es impuesta de modo prolongado a un sistema perceptivo, y esto podría ciertamente servirnos para entender el proceso” (1966:122).

El ‘cableado’ final del cerebro se realiza después del nacimiento y es gobernado por la experiencia perceptiva precoz, lo cual nos permite pensar que “...las capacidades de percepción y de movimiento en el adulto humano no son innatas, sino al contrario, deben desarrollarse a través del tiempo por medio de su ejercicio” (Aoki & Siekevitz, 1988 : 56). La recalibración perceptiva emerge como un fenómeno que demuestra el papel fundamental que juegan en la percepción tanto el aprendizaje activo como la plasticidad del Sistema Nervioso.

La fuerza del concepto de recalibración aquí propuesto radica principalmente en: **A)** la manera en que críticamente relaciono dicho concepto con sus condiciones efectivas de implementación en un contexto perceptivo, destacando entre ellas el proceso de aprendizaje activo, la plasticidad nerviosa subyacente y las exigencias funcionales correspondientes; **B)** el señalamiento de algunas implicaciones que dicho concepto tiene para la epistemología prostética y la teoría de la percepción. Habiendo ya expuesto lo relativo al punto **A**, me dedicaré ahora a la exposición del punto **B**.

## VI. EPISTEMOLOGÍA PROSTÉTICA Y TEORÍA DE LA PERCEPCIÓN

El estudio empírico de la recalibración perceptiva a través de los casos discutidos en las secciones precedentes tiene tres consecuencias para la epistemología prostética y la teoría de la percepción:

### VIA. La cognición espacial es fundamentalmente dinámica

La percepción del espacio exige una actividad corporal, como autores clásicos lo han ya señalado (por ej., Berkeley, 1965; Piaget, 1950, 1960). La experimentación con el TVSS y con los lentes de modificación visual demuestran que la organización espacial requiere un movimiento corporal estructurado a través de una práctica sensorio-motriz. En efecto,

“El establecimiento de coordinaciones visuo-

motoras resulta ser uno de los factores esenciales de la organización del espacio. Piaget...ha demostrado esto en la evolución genética de las relaciones espaciales. Los estudios con lentes de modificación perceptiva han demostrado que entre más intensa y variada sea la actividad física del sujeto, más rápido se produce la adaptación a los nuevos datos sensoriales" (Vurpillot, 1963: 169).

Aun la más simple de las funciones perceptivas como la mera detección de un objeto en el entorno del individuo no se puede efectuar, en el caso del TVSS, sin una exploración o 'escaneo' activo con el ojo artificial.\*

Este factor dinámico es una condición indispensable para poder diferenciar entre el estímulo proximal y el estímulo distal y poder alcanzar así el estadio de transparencia prostética.\*\*

Dicho de otro modo, el concepto de objeto externo no puede ser adquirido sin tomar en cuenta el carácter fundamentalmente dinámico de la percepción. Lo anterior se refiere a la esfera ontogenética del desarrollo perceptivo y se aplica a diferentes aspectos del movimiento corporal: desde los movimientos oculares hasta la locomoción.

Se podría objetar que 1) la percepción atañe a objetos y no al espacio en sí (por lo que no se podría mantener que la percepción *del espacio* es esencialmente dinámica), y 2) que sólo se está analizando el aspecto ontogenético del desarrollo, siendo que claramente hay factores filogenéticos que determinan *a priori* nuestra capacidad perceptiva y que no solicitan o implican factores dinámicos.

A la primera objeción se puede contestar con una postura inspirada en Leibniz y su metafísica del espacio, complementada con una actitud naturalizante. Se puede sostener que la naturaleza del espacio es relacional (contrariamente a la postura absolutista sobre el espacio defendida por Newton y Clarke) (Alexander, 1956) y que, por lo tanto, el espacio físico se percibe solamente a través de las relaciones percibidas *en* y *entre* los objetos del mundo. Por ejemplo, ver un objeto en tres dimensiones (o sea, con volumen) significa estar consciente de que ciertas partes que lo constituyen están más atrás, o más adelante, que otras.\*\*\*

Asimismo, ver un objeto *x* a cierta distancia de nosotros, o verlo ubicado en cierto lugar, equivale a darse cuenta de que *x* está entre otro objeto (típicamente un objeto del trasfondo visual) y nosotros, o que *x*

está a la izquierda de *y* o a la derecha de *z* (relativamente a nosotros). El espacio físico se percibe al detectar y localizar objetos —funciones para las cuales *sí* estamos evolutivamente capacitados— sin necesidad de postular un espacio trascendental de corte newtoniano que sería el recipiente *a priori* de los objetos de nuestra experiencia. De este modo podemos seguir sosteniendo que la cognición espacial es fundamentalmente dinámica.

Para responder a la segunda objeción debemos considerar la percepción desde un punto de vista evolutivo y funcional. Así, es posible relacionar las funciones perceptivas con la movilidad del organismo a través de la evolución del Sistema Nervioso. Es útil tener en cuenta que dos rasgos esenciales de todo animal superior son tener locomoción y Sistema Nervioso, rasgos que parecen solicitarse mutuamente en una escala evolutiva. Bergson (1939) decía que la percepción debe ser estudiada a partir de, o en conjunto con, la acción. Varios neurobiólogos y teóricos de la percepción (p.ej., Berthoz, 1997; Varela y cols., 1997; Llinás, 1987; Clark, 1997; Edelman, 1992) han vuelto a dar énfasis a la percepción dentro de un marco teórico y experimental dinámico, lo que se opone al tradicional marco estático del análisis cartesiano y del laboratorio conductista.

Cuando estudiamos la evolución natural de los organismos, constatamos que el desarrollo filogenético del Sistema Nervioso está íntimamente ligado a la necesidad de moverse. De hecho, el desarrollo del sistema nervioso parece explicarse por la movilidad misma de los organismos: "Al considerar la evolución del cerebro, la propiedad fundamental implementada (por éste) consiste en la habilidad para transformar respuestas sensoriales dadas en eventos motores organizados" (Llinás, 1987:340).

Este autor argumenta que el desarrollo filogenético del Sistema Nervioso obedece a la necesidad fundamental que tienen los organismos de predecir cambios en su entorno, anticiparlos de acuerdo con las entradas sensoriales y actuar de manera que se asegure la supervivencia. Esto ha conducido a la evolución de una capacidad de acción basada en el movimiento propio. Llinás ofrece un sorprendente ejemplo. Se trata de un organismo marino fijo, una especie de *tunicado*, y de sus larvas que se desplazan en el agua libremente. Mientras que en su forma adulta este organismo se encuentra fijado a un objeto marino y se reproduce en ese estado, sus retoños nadan libremente y poseen un ganglio cerebroide que puede procesar información del medioambiente por medio de entradas sensoriales periféricas provenientes de un órgano de equilibrio, un ojo primitivo y una médula espinal primitiva. Estas estructuras nerviosas permiten a la larva funcionar satisfactoriamente dentro de un entorno en constante

\*El movimiento de exploración, basado en coordenadas egocéntricas, permite el establecimiento de invariantes sensorio-motrices, lo cual a su vez permite percibir el objeto en el espacio, a una cierta distancia del agente.

\*\*O sea, el estadio en que la conciencia perceptiva naturalmente atiende al estímulo distal, volviéndose así el estímulo proximal 'transparente'.

\*\*\*Esto es, en relación al punto de vista de un observador dado.

cambio. Ahora bien, cuando la larva encuentra un objeto adecuado para implantarse, clava su cabeza y comienza a desarrollarse en organismo fijo. Durante su desarrollo el organismo reabsorbe la mayoría de su Sistema Nervioso y se torna en un organismo adulto estático de estructura más bien primitiva. Hay circunstancias en las que la larva se reproduce antes de inmovilizarse —fenómeno que se cree ha dado origen a una clase de organismos con cerebro, los cuales serían nuestros lejanos ancestros. La lección es inequívoca: sólo desarrollan un Sistema Nervioso aquellos organismos multicelulares que se mueven activamente. Así, parece claro que en la evolución de los Sistemas Nerviosos la organización neuronal está determinada por las exigencias funcionales en un medioambiente dado, lo cual relaciona críticamente percepción y acción.

Volviendo a la objeción, se puede ahora responder que a nivel filogenético la cognición espacial *también está determinada dinámicamente*, a pesar de que, desde una perspectiva ontogenética, parezca que los determinantes innatos son fijos y atemporales.

#### **VIb. El número y el tipo de las modalidades sensoriales es revisable**

La crítica del credo aristotélico en relación al número de sentidos externos tradicionalmente reconocidos en los humanos (cinco) no descansa en la posibilidad metafísica de que pudiéramos, como especie, haber evolucionado de otra manera y haber desarrollado un sentido que captara, por ejemplo, magnetismo y otro que captara humedad —para así llegar a tener siete sentidos externos. Aunque este podía en efecto haber sido el caso, la crítica proviene del hecho de que a través de instrumentos apropiados y mediante una recalibración perceptiva, se pueden inaugurar modalidades sensoriales inéditas. El caso de la substitución sensorial es elocuente en este sentido.

Sí bien la modalidad tactovisual posibilitada por el TVSS, al ser híbrida, no está en igualdad anatómica, fisiológica y evolutiva con respecto a la visión y al tacto, desde el punto de vista funcional sí es equiparable a las modalidades naturalmente establecidas. Es decir, la modalidad tactovisual compite con las modalidades naturales si atendemos a las funciones cognitivas que se realizan una vez bien implantada. Podemos ciertamente detectar, localizar, reconocer e identificar objetos a través de la *tactovisión*; estas son las funciones cognitivas esenciales que comparten todos los sentidos tradicionalmente admitidos. Además, el espacio perceptivo que dicha modalidad inaugura también brinda información y experiencia sobre el mundo. ¿Qué otra característica necesita una modalidad perceptiva —más allá de su función cognitiva, su capacidad informativa y su carácter fenoménico— para constituirse como tal?

El hecho de que, gracias a la recalibración perceptiva, la etapa de transparencia prostética sea alcanzada a nivel intramodal (modificación perceptiva) y a nivel intermodal (substitución sensorial) manifiesta una conducta exitosa frente a diversas exigencias funcionales. Así, si el criterio es funcional, se vuelve inoperante o irrelevante la distinción ontológica tradicional entre los tipos de modalidad sensorial que Aristóteles estableció a partir del tipo de objeto sensible que le era particular a cada sentido (*cf. De Anima*, II, 6). Aquí se manifiesta la ventaja de edificar teorías de la percepción sobre un análisis funcional y no sobre un análisis de contenidos mentales (*cf.*, Fodor, 1992, 1999).

Si admitimos que es posible inaugurar modalidades sensoriales inéditas o modificar estructuralmente modalidades sensoriales filogenéticamente determinadas, podemos concluir que el número y el tipo de modalidades sensoriales no están establecidos de modo definitivo sino que están abiertos a una negociación ontológica\*.

#### **VIc. La frontera cognitiva entre el agente y el mundo es negociable**

Es común creer que el agente y el mundo son dos cosas claramente distintas y que la piel corresponde al lindero que separa el 'yo' del 'no-yo'. Si imaginamos al 'yo' cognosciente cubierto por una membrana de contacto cognitivo externo, todo lo que estuviera más allá de esa membrana sería el mundo cognoscible y haría de frontera entre 'lo interno' y 'lo externo'. De aquí

---

\*Para los escépticos que duden sobre la posibilidad o viabilidad de modalidades sensoriales nuevas/modificadas, ofrezco las siguientes consideraciones: 1) Desde un punto de vista filogenético e interespecie, el desarrollo de las modalidades sensoriales individuales se concibe óptimamente a partir de una capacidad primitiva de base que sería propiamente amodal. La amodalidad perceptiva, a su vez, sólo tiene sentido bajo una lectura funcional: son las funciones cognitivas que desempeña el organismo —y que no están supeditadas a ninguna modalidad sensorial particular— las que explican el carácter contingente del número y tipo de canales sensoriales en los organismos perceptivos [González, 1999]; 2) Como ya se discutió, la plasticidad nerviosa posibilita la satisfacción de exigencias funcionales en caso de daño, pérdida o ausencia de una modalidad sensorial particular. Pero la plasticidad nerviosa también se manifiesta en la redundancia funcional que se observa a nivel intermodal —redundancia que permite proveer refuerzo epistémico intermodal (*i.e.*, permite corroborar con dos o más sentidos la exactitud de la información externa captada) y auxiliar una modalidad incapacitada a través de otra intacta. De aquí que queda fundamentar la posibilidad de creación y de modificación de modalidades sensoriales en el potencial plástico, evolutivamente adquirido y puntualmente solicitado, del Sistema Nervioso; 3) Como podíamos esperar, la aparición de una nueva modalidad sensorial está subordinada al previo entrenamiento dinámico del agente, lo cual permite establecer correlaciones constantes y fiables (*i.e.*, invariantes sensorio-motrices estables) entre el agente y su medioambiente. Esto, a su vez, solicita el potencial plástico del sistema nervioso y modifica a largo plazo la organización neuronal, permitiendo de esta forma el anclaje biológico de la nueva modalidad. Comportamiento y organización cerebral expresan así, sobre dos planos distintos, el funcionamiento de la nueva modalidad sensorial.

que la interfaz de la cognición externa, al depender de órganos sensoriales periféricos cuyos receptores están localizados en la superficie del cuerpo, se sitúa *gross modo* a nivel de la piel.

Aunque estas creencias no son del todo infundadas o falsas, parecen ser tributarias de una idea cuya falsedad pone de manifiesto la recalibración perceptiva, a saber, que la frontera cognitiva entre el agente y el mundo está definitivamente establecida. La distinción metafísica entre 'agente' y 'mundo' es tributaria parcialmente de esta idea porque, a menos que asumamos un dualismo de tipo cartesiano, parece imposible prescindir de la distinción *sujeto que conoce/objeto conocido* para caracterizar en un marco naturalista aquello que distingue esencialmente agente y mundo. Bateson ilustra este punto con el siguiente ejemplo:

"Supongamos que soy un invidente haciendo uso de un bastón, con el cual exploro mi entorno. ¿Dónde empieza mi 'yo'? ¿Está mi sistema mental circunscrito por el bastón? ¿O lo está por mi piel? ¿Empiezo 'yo' de la mitad para arriba del bastón? Estas preguntas son sinsentidos. El bastón es una vía a lo largo de la cual transformadas de diferencias son transmitidas." (citado por Hutchins [1996 : 291-2], traducción libre).

Más allá del problema sobre las diferencias esenciales entre agente y mundo, a continuación expondré por qué no podemos considerar la frontera cognitiva entre el agente y el mundo establecida de modo definitivo.

Es evidente que el desplazamiento espacial nos permite trasladar nuestra capacidad cognitiva a diversos lugares del mundo y tener así información y experiencias variadas. Es menos evidente que hay otras formas de desplazar nuestra capacidad cognitiva sin moverse de lugar: a través del uso de instrumentos. Una sonda espacial, por ejemplo, extiende dramáticamente las capacidades cognitivas del agente al operar en ambientes inhóspitos y naturalmente inalcanzables para el ser humano, mientras que el estetoscopio extiende la capacidad cognitiva del oído. En ambos casos, se podría decir que la interfaz cognitiva que relaciona epistémicamente al agente con el mundo (o al 'yo' con el 'no-yo') no se localiza estrictamente a nivel cutáneo donde el cuerpo y el instrumento hacen contacto. Se puede afirmar que la interfaz realmente se ubica donde el instrumento y el mundo hacen contacto. Si consideramos que los instrumentos cognitivos son extensiones de los receptores corporales superficiales, entonces se puede argumentar que su uso desplaza *de facto* la interfaz cognitiva al punto de contacto entre el instrumento y el mundo. Sin embargo, se puede también argumentar que si bien los instrumentos requieren un aprendizaje/entrenamiento para su manejo óptimo (*i.e.*,

para lograr el estado de transparencia prostética), una vez lograda la transparencia, dónde se sitúe la interfaz cognitiva será una cuestión arbitraria.

Consideremos ahora el caso de la microcirugía: el cirujano opera con instrumentos que controlan sus manos, cuyos movimientos son guiados por las imágenes proyectadas en una pantalla de televisión gracias a una microcámara que se inserta y se desplaza en el cuerpo del paciente. El circuito reaferente 'percepción → objetivo → acción' relaciona las capacidades kinestésicas, hápticas y propioceptivas del cirujano que le permiten manipular los instrumentos adecuadamente con su percepción visual de las imágenes de la pantalla. ¿Dónde ubicaríamos la interfaz cognitiva en este circuito percepción-acción?

Podemos extender el mismo caso al robot que desarma explosivos o explora lugares inaccesibles guiado por un operador a control remoto. Hay una interfaz evidente a nivel dérmico entre el operador y el instrumento, pero la relación cognitiva entre el agente y el mundo está mediada por otros factores (incluyendo subsecuentes interfaces) y ciertamente no se puede ubicar en la sola zona de contacto dérmico.

Consideremos ahora el caso de un coche nuevo que cuidamos con esmero: sentimos que el coche es parte nuestra y no sólo en un frío sentido metafórico pues realmente gesticulamos cuando hay una amenaza de daño al vehículo y realmente nos enfadamos cuando se le infinge un golpe al automóvil, como si el golpe lo recibiéramos nosotros mismos. La interfaz agente/mundo no se sitúa entre nuestras manos y el volante o entre nuestra espalda y el asiento, pues las amenazas y los golpes no se sienten ni las ubicaríamos ahí. Sería más fiel a la experiencia decir que la interfaz está en el punto de contacto entre el auto y el entorno. Los conductores experimentados pueden percibir la textura o las condiciones físicas de la calle con mucho detalle y modificar consecuentemente su conducta vial por medio del tipo de 'agarre' de las llantas. Los conductores llegan a formar una unidad, a 'ser uno' con su auto y a desplazar así la frontera cognitiva que los une con el mundo. Quizás no sea difícil entender de la misma forma, que un capitán de un buque petrolero o un piloto de un jet comercial pueden identificarse con sus vehículos y llegar a formar con ellos una unidad sensorio-motriz global. Una vez que el operador alcanza el estadio de 'transparencia' y llega así a formar un todo con el instrumento, resulta arbitrario situar la interfaz agente/mundo entre la piel y el instrumento.\*

\*Tampoco hay que olvidar que el medioambiente mismo tiene un efecto de resistencia y determinación sobre el instrumento de interfaz. Pensar en los esquies de nieve: el entorno físico sobre el cual operan (y no sólo la destreza del agente con el cual operan) determina en cierta medida la conducta del esquiador. Por ejemplo,

Un último ejemplo de interfaz cognitiva que va más allá de la percepción del mundo real y que relaciona al agente con un mundo artificial es el de las películas de cine, la realidad virtual y los video-juegos. Es común ver a los usuarios de estos últimos en patentes estados emotivos de ansiedad, alegría, miedo, orgullo, etc. Para llegar a experimentar estos estados, el usuario tiene que llegar al estadio de transparencia instrumental, el cual, como muchos padres de familia saben, sólo se logra a través de mucha práctica. Una vez alcanzado este estadio, no sólo el usuario se siente representado en el personaje del video-juego, sino que se siente identificado vicariamente con el actor virtual.\*

¿Quién es el protagonista del juego? ¿Cómo debemos describir la conducta del usuario que es sorprendido por el agresivo monstruo de tres cabezas que aparece repentinamente en la pantalla: a) como 'huida', o b) como 'una serie de rápidas presiones sobre los botones del control del juego'? ¿Dónde se sitúa la interfaz entre el agente y su entorno virtual? Ninguna de estas preguntas tiene clara respuesta. No parece haber un criterio definitivo para determinar dónde comienza y dónde termina la cognición del agente. Quizás sea más exacto decir que el instrumento en sí (y su técnica de operación) constituye la interfaz que relaciona cognitivamente al agente y al mundo. En cualquier caso, es posible desplazar la frontera cognitiva entre el agente y su entorno de maneras y en grados muy diversos. Refiriéndose a las herramientas como un peculiar tipo de objeto y (más generalmente) a la estructura del medioambiente, Gibson refuerza lo anterior cuando dice:

"[La] *capacidad de sujetar algo al cuerpo* (como en el caso de unas tijeras) sugiere que la frontera entre el animal y el medioambiente no está afianzada en la superficie de la piel y puede desplazarse. Más generalmente sugiere que la absoluta dualidad entre 'objetivo' y 'subjetivo' es falsa. Cuando consideramos las posibilidades de uso [*affordances*] de las cosas, podemos escapar de esa dicotomía filosófica." (1979:41).

Por su lado, Hutchins, refiriéndose a la estructura socio-cultural en la cual toma lugar nuestra actividad cognitiva nos dice:

"Los seres humanos son sistemas adaptables en continua producción y explotación de un variado mundo culturalmente estructurado ... (La) importante

(el surco trazado en) la nieve blanda limita el grado de libertad en el viraje del esquiador.

\*Esto se aplica aún más fehacientemente cuando se trata de juegos multi-usuarios.

\*Ver, en este sentido, los recientes artículos sobre control remoto de extensiones artificiales con la sola actividad cerebral o 'pensamiento': Nicolelis & Chapin, 2002; Carmena y cols., 2003.

interacción de la estructura interna y externa sugiere que la frontera entre lo interior y lo exterior, o entre el individuo y el contexto, debería ser desvanecida. La aparente necesidad de trazar dicha frontera es parcialmente un efecto secundario del esfuerzo hecho por considerar al individuo como una unidad aislada de análisis cognitivo, sin antes ubicar al individuo en un mundo culturalmente construido... La unidad apropiada de análisis para hablar de cambio cognitivo incluye el entorno socio-material del pensamiento... (si bien) es difícil resistir a la tentación de identificar dicha unidad con la visión occidental del individuo delimitado por su piel..." [1996:288-9].

Las interfaces que nuestros sentidos perceptivos establecen naturalmente con el medioambiente pueden ser desplazadas y modificadas a través de la alteración de la correlación entre entradas y salidas sensoriomotrices. La cognición no está confinada a los límites del cuerpo, sino que es extensible a un espectro de fenómenos arbitrariamente amplio y complejo. La frontera cognitiva entre el agente y el mundo es así negociable en un plano epistémico, lo cual conlleva también a una negociación ontológica. En vista de lo anterior, resulta factible pensar que algún día podríamos tener automóviles con el volante en el techo, en la carátula de nuestro reloj de pulsera, o aun... ¡sin volante!\*\*

## Reconocimientos

Agradezco a María Teresa Fernández por sus útiles comentarios y a Sergio Martínez por sus referencias bibliográficas. Un especial agradecimiento a José Luis Díaz por ayudarme a mejorar este texto con sus atinadas sugerencias. Este trabajo fue producido bajo el auspicio del Conacyt, dentro del proyecto 33403-H.

## REFERENCIAS

1. AOKI CH, SIEKEVITZ PH: Plasticity in brain development. *Scientific American*, 56-64, diciembre, 1988.
2. ARISTOTLE: De anima. En: *The Basic Works of Aristotle*. McKeon R (ed.). Random House, Nueva York, 1941.
3. BACH-Y-RITA P: Sensory plasticity: Applications to a vision substitution system. *Acta Neurologica Scandinavica*, 43:417-26, 1967.
4. BACH-Y-RITA P, COLLINS CC, SAUNDERS FA, WHITE B, SCADDEN L: Vision substitution by tactile image projection. *Nature*, 221(5184):963-4, 1969.
5. BACH-Y-RITA P: A tactile vision substitution system based on sensory plasticity. En: *Visual Prosthesis*. Academic Press, Nueva York, Londres, 1971.
6. BACH-Y-RITA P: Tactile vision substitution system. En: Jastrzembska Zofja S (ed.). *The Effects of Blindness and Other Impairments on Early Development*. American Foundation for the Blind 122-9, Nueva York, 1976.
7. BACH-Y-RITA P: La plasticité cérébrale: son apport dans la conception de la rééducation de l'hémiplégie. *Rev Réadapt*

- Fonct Prof Soc*, 7:24-30, 1981.
8. BACH-Y-RITA P: Brain plasticity as a basis of sensory substitution. *J Neurological Rehabilitation*, 1(2):67-71, 1987.
  9. BACH-Y-RITA P: Brain plasticity. En: Goodgold J (ed.). *Rehabilitation Medicine*. Mosby 113-8, St. Louis, 1988.
  10. BACH-Y-RITA P: *Nonsynaptic Diffusion Neurotransmission and Late Brain Reorganization*. Demos, Nueva York, 1995.
  11. BERGSON H: *Matière et mémoire*. Quadrige/PUF, 1939. París, 1997.
  12. BERTHOZ A : *Le Sens du Mouvement*. Editions Odile Jacob. París, 1997.
  13. BERKELEY G: Essay towards a new theory of vision. En: *Berkeley's Philosophical Writings*. Armstrong D (ed.). Collier Books. Nueva York, 1965.
  14. CARMENA J, LEBEDEEN MA, CRIST RE, O'DOHERTY JE y cols.: Learning to control a brain-machine interface for reaching and grasping by primates. *PLoS Biology*, 1(2):1-16, 2003.
  15. CLARK A: *Being There: Putting Brain, Body, and World Together Again*. A Bradford Book. The MIT Press. Cambridge, 1997.
  16. DIPERT R: Some issues in the theory of artifacts: defining 'artifact' and related notions. *Monist*, 2(78):119-35, 1995.
  17. DOLEZAL H: *Living in a World Transformed: Perceptual and Performatory Adaptation to Visual Distortion*. Series in Cognition and Perception. Academic Press. Nueva York, 1982.
  18. DRETSKE F: *Naturalizing the Mind*. A Bradford Book. MIT/ CNRS. Cambridge, 1995.
  19. EDELMAN G: *Bright Air, Brilliant Fire: On the Matter of the Mind*. Basic Books. Nueva York, 1992.
  20. EWERT PH: The effect of inverted retinal stimulation upon spatially coordinated behavior. *Genet Psychol Monog*, 7:177-363, 1930.
  21. FODOR J: *Conceptos: Donde la Ciencia Cognitiva se Equivocó*. Gedisa. Barcelona, 1998.
  22. FODOR J: *A Theory of Content and Other Essays*. The MIT Press. Cambridge, 1990.
  23. GIBSON JJ: *The Senses Considered as Perceptual Systems*. George Allen & Unwin LTD. Londres, 1966.
  24. GONZALEZ JC : La constitution de l'espace visuel: enquête épistémologique autour d'un système de suppléance sensorielle. Thèse doctorale de l'École Polytechnique. Francia, 1998.
  25. GONZALEZ JC: *Sensus communis*, percepción amodal y substitución sensorial. En: *Actas del XIV Congreso Internacional de Filosofía*. BUAP/AFM. Puebla, 1999.
  26. GREGORY R: *Eye and Brain: the Psychology of Seeing*. Tercera edición. World University Library. Nueva York. 1966.
  27. GREGORY R: *Eye and Brain: The Psychology of Seeing*. Quinta edición. PUP. Princeton, 1966.
  28. GUARNIERO G: The senses and the perception of space. PhD Thesis. New York University, 1977.
  29. HARRIS CS: Perceptual adaptation to inverted, reversed, and displaced vision. *Psychological Review*, 72:419-44, 1965.
  30. HELD R: Plasticity in sensorimotor systems. *Scientific American*, 213(5):84-94, 1965.
  31. HELMHOLTZ H VON: *Treatise on Physiological Optics*. Vol. 1-3. Southall JPC (ed). Dover Publications, Nueva York, 1962.
  32. HURLEY S, NOE A: Neural plasticity and consciousness. *Biology Philosophy*, 18:131-168, 2003.
  33. JANSSON G: Tactile guidance of movement. *Intern J Neuroscience*, 19:37-46, 1983.
  34. JANSSON G, BRABYN L: *Tactually Guided Baiting Upsala University Psychological Reports*, 304, Upsala, 1981.
  35. KOHLER I: Ueber aufbau und wandlungen der wahrnehmungswelt. *Österreichische Akademie der Wissenschaften*, 227:1-118, 1951.
  36. KOHLER I: The formation and transformation of the perceptual world. *Psychological Issues*, 3:1-173, (monograph) 1964.
  37. KOTTENHOFF H: Situational and personal influences on space perception with experimental spectacles. *Acta Psychol*, 15:79-97, 151-61, 1957.
  38. LENAY CH : Invariants sensorimoteurs et perception. En: *Invariance, Interaction, Référence: L'identité en question*. Actes de Rochebrune. 135-43. Ed. Enst. Francia, 1997.
  39. LLINAS R: 'Mindness' as a Functional State of the Brain. En: Greenfield C, Blakemore S (eds.). *Mindwaves*, 1989, Basil Blackwell, 338-58, Oxford, 1987/89.
  40. LAROUSSE: *Pequeño Diccionario*. Ed. Larousse. París, 1993.
  41. NICOLELIS M, CHAPIN K: Controlling robots with the mind. En: *Scientific American*, 17/09/02. <http://www.sciam.com>
  42. PIAGET J : *La Construction du Réel Chez l'enfant*. Delachaux & Niestlé. Neuchâtel, París, 1950.
  43. PIAGET J : *Les Mécanismes Perceptifs*. PUF. París. 1960.
  44. ROCK I: *The Nature of Perceptual Adaptation*. Basic Books. Nueva York, 1966.
  45. ROCK I, HARRIS CHS: Vision and touch, 141-9. En: Atkinson RC (ed.). *Contemporary Psychology*. WH Freeman and Co. San Francisco, 1971.
  46. SAMPAIO E, MARIS S, BACH-Y-RITA P: Brain plasticity: "visual" acuity of blind persons via the tongue. *Brain Research*, 908:204-207, 2001.
  47. SNYDER FW, PRONKO NH: *Vision with Spatial Inversion*. University of Wichita Press, Kansas, 1952.
  48. STRATTON GM: Vision without inversion of the retinal image. *Psychological Review*, 4:341-60 (a), 463-81 (b) 1897.
  49. VARELA FJ, THOMPSON E, ROSCH E: *De Cuerpo Presente: Las Ciencias Cognitivas y la Experiencia Humana*. Gedisa, Barcelona, 1997.
  50. VURPILLOT E: La perception de l'espace. En : *Traité de Psychologie Expérimentale*. Piaget J y cols.(eds.). PUF. Francia, 1963.
  51. WAPNERS, WERNER H: *Perceptual Development. An Investigation Within the Framework of Sensori-tonic Field Theory*. Clark University Press. Worcester, 1957.
  52. WERNER H, WAPNER S. Toward a general theory of perception. *Psychol Rev*, 59:324-338, 1952.
  53. WHITE BW, SAUNDERS FA, SCADDEN L, BACH-Y-RITA P, COLLINS CC: Seeing with the skin. *Perception Psychophysics*, 7(1):23-27, 1970.