

## Índice

<i>Aviso al lector .....</i>	11
<i>Prefacio .....</i>	13
 <i>I. Una mujer que se cae constantemente...</i> salvada por el hombre que descubrió la plasticidad de nuestros sentidos .....	 17
 <i>II. Fabricarse un cerebro mejor</i> Una mujer calificada de «retrasada» descubre cómo curarse a sí misma.....	 41
 <i>III. Rediseñar el cerebro</i> Un científico cambia un cerebro para agudizar la percepción y la memoria, incrementar la velocidad de pensamiento y solucionar problemas de aprendizaje....	 59
 <i>IV. La adquisición de gustos y preferencias</i> Lo que la neuroplasticidad nos enseña sobre el amor y la atracción sexual.....	 105
 <i>V. Salir de la oscuridad</i> Víctimas de derrames cerebrales aprenden a moverse y hablar de nuevo .....	 141
 <i>VI. Abrir las puertas del cerebro</i> Usos de la plasticidad para curar preocupaciones, obsesiones, comportamientos compulsivos y malos hábitos .....	 171

VII. <i>El dolor</i>	
El lado oscuro de la neuroplasticidad .....	183
VIII. <i>La imaginación</i>	
Cuando nuestros pensamientos cambian la estructura de nuestro cerebro.....	201
IX. <i>Reconocer nuestros fantasmas</i>	
El psicoanálisis como terapia neuroplástica.....	219
X. <i>Rejuvenecer</i>	
El descubrimiento de la célula madre neuronal y lecciones sobre cómo conservar un cerebro joven.....	247
XI. <i>Más que la suma de sus partes</i>	
Una mujer nos demuestra hasta qué punto puede ser plástico el cerebro .....	259
Apéndice 1. El cerebro modificado culturalmente .....	285
Apéndice 2. La plasticidad cerebral y la idea del progreso....	309
<i>Agradecimientos</i> .....	315
<i>Notas y bibliografía</i> .....	319
<i>Índice analítico</i> .....	391

## **Aviso al lector**

Todos los nombres de las personas que han experimentado transformaciones neuroplásticas son reales, excepto cuando se indica lo contrario y en los casos de niños y sus familiares.

El apartado de notas y referencias bibliográficas incluye comentarios sobre los capítulos y los apéndices.



## Prefacio

Este libro trata sobre el descubrimiento revolucionario de que el cerebro humano es capaz de curarse a sí mismo a través de las experiencias de científicos, médicos y pacientes que juntos han hecho posible estas asombrosas transformaciones. Sin operaciones ni fármacos han usado la capacidad —hasta hace poco desconocida— que posee el cerebro de cambiar. Algunos de estos individuos eran pacientes a los que se habían diagnosticado enfermedades neurológicas incurables; otros, personas sin problemas específicos que simplemente querían mejorar el funcionamiento de su cerebro o mantenerlo joven. En los últimos cuatrocientos años esta empresa habría sido inconcebible, ya que la ciencia y la medicina tradicionales estaban convencidas de que la anatomía del cerebro era inmutable. La idea extendida era que, superada la infancia, el cerebro cambiaba únicamente para iniciar un lento proceso de declive; que cuando las células neuronales dejaban de funcionar correctamente, resultaban dañadas o incluso morían, no podían reemplazarse. Tampoco el cerebro tenía capacidad de alterar su estructura ni de encontrar una nueva manera de funcionar si una parte de él resultaba dañada. La teoría del cerebro inmutable decretaba que las personas nacidas con limitaciones mentales o con daño cerebral seguirían así de por vida. A aquellos científicos que se preguntaron alguna vez si un cerebro sano podía mejorar su rendimiento o conservarlo mediante el ejercicio mental se les decía que no perdieran el tiempo. Un nihilismo neurológico —la sensación de que cualquier tratamiento para muchos problemas mentales era ineficaz e incluso injustificado— prevaleció y se extendió en nuestra cultura, llegando a afectar a nuestra visión global de la naturaleza humana. Puesto que el cerebro era incapaz de cambiar, la natura-

leza humana, que es el resultado directo de él, parecía ser también por fuerza fija e inalterable.

La creencia en que el cerebro era incapaz de cambiar se basaba en tres fuentes: el hecho de que los pacientes con daño cerebral rara vez se recuperaban por completo; nuestra incapacidad para observar la actividad microscópica del cerebro *vivo*, y la idea —que se remonta a los inicios de la ciencia moderna— de que el cerebro es una especie de máquina maravillosa. Y aunque las máquinas hacen muchas cosas extraordinarias, éstas no incluyen la capacidad de cambiar y crecer.

Me interesé por la idea de un cerebro cambiante a partir de mi trabajo como investigador en los campos de la psiquiatría y el psicoanálisis. Cuando los pacientes no progresaban desde el punto de vista psicológico tanto como cabía esperar, la costumbre entre la comunidad médica era asumir que sus problemas eran «estructurales» dentro de un cerebro inmutable. El empleo del término «estructural» era en sí otra metáfora del cerebro como una especie de ordenador con circuitos conectados permanentemente y diseñados cada uno de ellos para llevar a cabo una función específica e inalterable.

La primera vez que escuché que el cerebro humano podía no tener una estructura fija e inmutable decidí que tenía que investigar y sopesar los indicios personalmente. Dichas investigaciones me llevaron muy lejos de mi consulta.

Emprendí una serie de viajes, y en el camino tuve ocasión de conocer a un conjunto de científicos brillantes que, trabajando en las fronteras de la neurociencia habían hecho, a finales de la década de 1960 o principios de la de 1970, una serie de descubrimientos inesperados que demostraban que el cerebro cambiaba su estructura cada vez que iniciaba una actividad, perfeccionando sus circuitos de modo que éstos se adaptaran a cada tarea. Si algunas «partes» fallaban, entonces otras podían en ocasiones tomar el relevo. La metáfora de la máquina, del cerebro como un órgano dividido en secciones especializadas, no bastaba para explicar aquellos cambios detectados por estos científicos, que entonces acuñaron el término «neuroplasticidad» para definir esta propiedad nueva y fundamental del cerebro.

*Neuro* por «neurona», las células nerviosas que hay en nuestro cerebro y en nuestro sistema nervioso, y *plástico* por «alterable,

maleable, modificable». Al principio muchos de estos científicos no se atrevían a emplear el término «neuroplasticidad» en sus publicaciones, y sus colegas les acusaban de defender una noción que calificaban de fantasiosa. Sin embargo, poco a poco, y a fuerza de insistir, lograron derribar el dogma del cerebro inmutable. Demostraron que los niños pueden adquirir habilidades mentales que no tenían al nacer; que un cerebro dañado puede ser capaz de reorganizarse de modo que, cuando falla una de sus partes, otra puede reemplazarla; que si las células del cerebro mueren en ocasiones pueden ser sustituidas, y que muchos «circuitos» e incluso reflejos básicos que consideramos innatos, en realidad no lo son. Uno de dichos científicos llegó incluso a demostrar que el pensamiento, el aprendizaje y la experiencia pueden activar y desactivar nuestros genes, transformando así nuestra anatomía cerebral y nuestro comportamiento, sin duda uno de los descubrimientos más extraordinarios de todo el siglo XX.

En el curso de mis viajes conocí a un científico capaz de lograr que personas ciegas de nacimiento empezaran a recuperar la vista, a otro que devuelve a los sordos la capacidad de oír; hablé con personas que, tras haber sufrido derrames cerebrales hacía décadas y ser diagnosticados como incurables, lograron recuperarse gracias a tratamientos neuroplásticos; conocí a otras curadas de sus problemas de aprendizaje y que habían logrado aumentar su cociente intelectual; vi pruebas concluyentes de que es posible para individuos de 80 años mejorar su memoria de modo que funcione igual que cuando tenían 55. Vi a personas reeducar sus cerebros con sus propios pensamientos y librarse así de traumas y obsesiones hasta entonces incurables. Hablé con premios Nobel que debatían acaloradamente sobre cómo debemos repensar nuestro modelo de cerebro ahora que sabemos que está en constante cambio.

La idea de que el cerebro es capaz de cambiar su estructura y su función a través de la actividad y el pensamiento supone, en mi opinión, el cambio más importante en nuestra noción del cerebro desde que esbozamos su anatomía básica y el comportamiento de su componente básico, la neurona, por primera vez. Como todas las revoluciones, ésta tendrá profundas consecuencias, y es mi deseo que este libro muestre algunas de ellas. La revolución de la neuroplasticidad tiene implicaciones, entre otras cosas, en nuestra concepción de cómo el amor, el sexo, el duelo, las relaciones hu-

manas, el aprendizaje, la cultura, la tecnología y la psicoterapia alteran nuestro cerebro. Las humanidades, las ciencias sociales y físicas, en la medida en que se ocupan de la naturaleza humana también se verán afectadas, al igual que las distintas formas de aprendizaje. Todas estas disciplinas habrán de asumir el hecho de que el cerebro puede cambiarse a sí mismo y de que la arquitectura cerebral difiere de una persona a otra y que además cambia conforme transcurren nuestras vidas.

Pero aunque todo indica que el cerebro humano ha sido subestimado, la neuroplasticidad no trae sólo buenas noticias, ya que convierte nuestras mentes en algo con mayores recursos, pero también más vulnerable a las influencias externas. Tiene el poder de producir comportamientos más flexibles, pero también más rígidos, un fenómeno que yo llamo «la paradoja plástica». Irónicamente, algunos de nuestros hábitos y desórdenes más enraizados son productos de la plasticidad de nuestro cerebro. Una vez tiene lugar, un cambio plástico particular puede evitar que otros ocurran. Sólo entendiendo los efectos tanto positivos como negativos de la plasticidad podremos comprender de verdad el alcance de sus posibilidades en el ser humano.

Y porque una palabra nueva siempre es necesaria para designar a aquellos que hacen algo nuevo, he bautizado los que practican esta nueva ciencia de cambiar cerebros con el nombre de «neuroplásticos».

Lo que viene a continuación es el relato de mis encuentros con ellos y con los pacientes cuyos cerebros ayudaron a transformar.



## Una mujer que se cae constantemente...

### salvada por el hombre que descubrió la plasticidad de nuestros sentidos

«Y vieron las voces».  
Éxodo 20, 18

Cheryl Schiltz se siente siempre como si estuviera a punto de caerse. Y por eso siempre se está cayendo.

Cuando está de pie sin apoyarse en nada da la impresión al verla de que estuviera al borde de un precipicio a punto de caer en picado. Primero la cabeza le baila y se inclina hacia un lado mientras extiende los brazos intentando mantener el equilibrio, pero pronto su cuerpo empieza a tambalearse de forma caótica y entonces parece un equilibrista sobre la cuerda floja intentando desesperadamente no caerse, sólo que en el caso de Cheryl ella está sobre tierra firme y con las piernas algo separadas. No parece tener miedo a caerse, sino más bien de que la empujen.

—Pareces un equilibrista —le digo.

—Sí, me siento como si fuera a saltar en cualquier momento, aunque no quiero.

Cuando la observo con detenimiento noto que mientras trata de mantenerse quieta experimenta pequeñas sacudidas, como si unas cuerdas invisibles y crueles la zarandearan de un lado a otro intentado tirarla al suelo. Sólo que las cuerdas están en realidad dentro de ella desde nada menos que hace cinco años. Cada vez que intenta caminar tiene que sujetarse a la pared y aún así se tambalea como un borracho. Para Cheryl no existe la paz, ni siquiera cuando se ha caído al suelo.

—¿Qué sientes cuando te has caído? —le pregunto—. ¿Desaparece la sensación de estar cayéndote una vez que estás en el suelo?

—Ha habido veces —dice Cheryl—. En que ni siquiera noto el suelo... y entonces una trampilla imaginaria se abre y me engulle.

Incluso una vez que se ha caído, la sensación de estar precipitándose por un abismo infinito continúa.

El problema de Cheryl es que su aparato vestibular, el órgano sensorial cuya función es ayudarnos a mantener el equilibrio, no funciona. Se encuentra exhausta y la sensación de estar permanentemente en caída libre la está volviendo loca, porque le impide pensar en ninguna otra cosa. Tiene miedo al futuro. Poco después de que su problema empezara perdió su trabajo como delegada internacional de ventas y ahora vive con un subsidio mensual por minusvalía de 1.000 dólares. De pronto siente miedo de envejecer y experimenta una forma inusual de ansiedad que no tiene nombre.

Un aspecto esencial aunque tácito de nuestro bienestar se basa en tener un sentido del equilibrio normal. En la década de 1930 el psiquiatra Paul Schilder estudió cómo la sensación de estar sanos y la imagen «estable» de nuestro cuerpo están relacionados con el aparato vestibular. Cuando decimos que nos sentimos «arraigados» o «desarraigados» «con o sin los pies en la tierra» estamos empleando lenguaje vestibular, cuya realidad sólo se hace evidente en casos como el de Cheryl. No resulta sorprendente que personas que padecen su misma enfermedad a menudo acaben desmoronándose psicológicamente o que muchos hayan llegado a suicidarse.

Poseemos sentidos que no conocemos hasta que los perdemos; el equilibrio es uno de los que suelen funcionar con normalidad, sin fisuras; por eso Aristóteles no lo incluyó en su enumeración y por eso también ha sido ignorado durante siglos.

El sistema de equilibrio nos permite orientarnos en el espacio. Su órgano sensorial, el aparato vestibular, se compone de tres canales semicirculares situados en el oído interno que nos informan de que estamos erguidos y de cómo la gravedad afecta a nuestros cuerpos al detectar el movimiento en el espacio tridimensional. Uno de los canales se encarga de detectar el movimiento en el plano horizontal, el otro en el plano vertical y el tercero cuando nos desplazamos adelante o atrás. Estos canales semicirculares contienen pequeños capilares que flotan en un líquido. Cuando movemos la cabeza este líquido o fluido hace moverse los capilares, que en-

vían una señal a nuestro cerebro diciéndonos que hemos aumentado nuestra velocidad en una dirección determinada. Cada nuevo movimiento requiere el correspondiente ajuste del resto del cuerpo. Si echamos la cabeza hacia delante, nuestro cerebro se encarga de informar al correspondiente segmento de nuestro cuerpo que se adapte inconscientemente, de manera que podamos compensar ese cambio en nuestro centro de gravedad y mantener el equilibrio. Las señales procedentes del aparato vestibular viajan por un nervio hasta un grupo de neuronas situadas en el cerebro llamado «núcleo vestibular» que las procesa y acto seguido envía órdenes a nuestros músculos para que se adapten. Un aparato vestibular sano también está fuertemente ligado a nuestro sistema visual. Cuando corremos detrás de un autobús moviendo la cabeza arriba y abajo somos capaces de mantener la vista fija en el autobús gracias a que nuestro aparato vestibular envía mensajes a nuestro cerebro informándolo de la velocidad y la dirección en que estamos corriendo. Estas señales permiten a nuestro cerebro rotar y ajustar la posición de nuestros globos oculares para mantenerlos enfocados en nuestro objetivo, el autobús en este caso.

Estoy con Cheryl y Paul Bach-y-Rita, uno de los grandes pioneros en comprender la plasticidad del cerebro, y su equipo en uno de sus laboratorios. Cheryl está esperanzada con el experimento de hoy y se muestra estoica pero receptiva sobre su enfermedad. Yuri Danilov, el biofísico del equipo, hace cálculos a partir de los datos que están reuniendo sobre el aparato vestibular de Cheryl. Es ruso, extremadamente inteligente y habla con fuerte acento. Dice:

—Cheryl es una paciente con pérdidas de funcionamiento de entre un 95 y un 100 por ciento de su aparato vestibular.

Según los estándares convencionales, el de Cheryl es un caso perdido. La ciencia convencional considera que el cerebro está formado de módulos procesuales especializados genéticamente estructurados para desempeñar sólo funciones específicas desarrolladas y perfeccionadas a lo largo de millones de años de evolución. Una vez que una de estas funciones resulta dañada no puede reemplazarse. Ahora que su aparato vestibular está dañado, Cheryl tiene las mismas posibilidades de recuperar su equilibrio que un ciego de recuperar la vista.

Pero hoy todas estas suposiciones están a punto de verse desafiadas.

Cheryl lleva puesto un casco de albañil en el que han practicado unos agujeros y en cuyo interior hay un aparato llamado acelerómetro. Entonces moja con la lengua una fina tira de plástico en la que hay pequeños electrodos y se la pega en la lengua. El acelerómetro del casco envía señales a la tira plástica y ambos objetos están conectados a un ordenador cercano. Cheryl suelta una carcajada y dice:

—Me río por no llorar.

Esta máquina es uno de los prototipos de aspecto estrafalario diseñados por Bach-y-Rita. Sustituirá el aparato vestibular de Cheryl y enviará señales de equilibrio a su cerebro desde la lengua. Es posible que este casco ponga fin a su pesadilla. En 1997, tras serle practicada un histerectomía, Cheryl, que entonces tenía 39 años, sufrió una infección posoperatoria y se le administró gentamicina. Se sabe que una dosis excesiva de gentamicina puede envenenar las estructuras internas del oído y producir pérdida auditiva (que Cheryl no padece), pitidos (que Cheryl sí padece) y daños en el aparato vestibular. Pero como la gentamicina es un antibiótico barato y efectivo se sigue recetando, aunque por lo general por periodos cortos de tiempo. Cheryl afirma que tomó demasiada y se convirtió así en un miembro más de la pequeña tribu de víctimas de la gentamicina, que se llaman a sí mismos «los tambaleantes».

De pronto llegó un día en que no podía estar de pie sin caerse y, al mover la cabeza, la habitación daba vueltas sin que pudiera decir si lo que se movía era ella o las paredes. Por fin consiguió ponerse en pie agarrándose a una de las paredes y llegar hasta el teléfono para llamar al médico.

Cuando llegó al hospital le hicieron varias pruebas para comprobar si su aparato vestibular funcionaba correctamente. Le echaron agua helada y después caliente en los oídos y la hicieron tenderse en una camilla. Cuando le pidieron que se levantara con los ojos cerrados, Cheryl se cayó. Un médico le dijo que había perdido la función vestibular. Los resultados de las pruebas revelaron que sólo conservaba alrededor del 2 por ciento de dicha función.

«Me dijo como si tal cosa que era uno de los efectos secundarios de la gentamicina», me explica Cheryl. «¿Por qué no me dijeron nada?». Llegado este momento se muestra alterada. «Me dijo que es algo permanente. Yo estaba sola, mi madre me había acompañado a la consulta pero había ido a buscar el coche y me esperaba fuera del hospital. Cuando salí me preguntó:

—¿Te vas a poner bien?

Yo la miré y le dije:

—Es permanente... No me voy a poner bien nunca.

Puesto que el vínculo entre el aparato vestibular de Cheryl y su sistema visual está dañado, sus ojos no son capaces de seguir un punto en movimiento de forma continua. «Todo lo que veo salta, como en un vídeo de aficionado. Es como si todo lo que está en mi campo de visión fuera de gelatina, y a cada paso que doy, tiembla».

Aunque no puede seguir con la vista objetos que se mueven, la visión es lo único que le indica si está erguida. Nuestros ojos nos ayudan a situarnos en el espacio al fijarse en las líneas horizontales. En una ocasión en que se fue la luz, Cheryl cayó inmediatamente al suelo. Pero la visión resulta ser un apoyo poco fiable, ya que cualquier clase de movimiento que se desarrolle en frente de ella —aunque sea alguien intentando sujetarla— exacerba su sensación de caída. Incluso la decoración en zigzag de una alfombra puede hacerle tropezar, al transmitirle una serie de mensajes falsos haciéndole pensar que está torcida, cuando en realidad no lo está.

Cheryl también padece fatiga mental como resultado de estar siempre alerta. Mantenerse en posición erguida todo el tiempo requiere una gran energía mental en detrimento de habilidades como el razonamiento y el cálculo.

Mientras Yuri lee los resultados de Cheryl en el ordenador pregunto si puedo probar el aparato. Me pongo el casco de albañil y deslizo en mi boca la tira de plástico con los electrodos que llaman dispositivo de la lengua. Es plana y tan delgada como una tira de chicle.

El acelerómetro o sensor que está en el casco detecta movimiento en dos planos. Cuando asiento con la cabeza este movimiento es trasladado a una pantalla de ordenador que permite monitorizarlo. Este mismo mapa se proyecta a un conjunto de 144 electrodos implantados en la tira de plástico que llevo pegada a la lengua. Cuando me inclino hacia delante pequeñas descargas eléctricas que parecen burbujas de champán salen de la punta de mi lengua indicándome que estoy inclinándome hacia delante. Lo mismo ocurre cuando me inclino hacia los lados. Entonces cierro los ojos y trato de situarme en el espacio con ayuda de la lengua. Pronto me olvido de que la información sensorial que percibo procede de mi lengua y soy capaz de situarme en el espacio.

Cheryl vuela a ponerse el casco y mantiene el equilibrio apoyándose en la mesa.

—Empecemos —dice Yuri ajustando los controles.

Cheryl se pone el casco y cierra los ojos para, a continuación, separarse de la mesa, aunque mantiene dos dedos apoyados. No se cae, aunque no tiene referencia espacial alguna a excepción de las burbujas de champán que salen de su lengua. Levanta los dedos de la mesa. Ya no se tambalea y en cambio empieza a llorar, es un llanto postraumático; ahora que se siente segura con el casco puesto puede dar rienda suelta a sus emociones. La primera vez que se puso el casco la sensación de estar cayendo la abandonó por primera vez en cinco años. Hoy su objetivo es poder estar de pie, sin agarrarse a nada, durante 20 minutos con el casco puesto y concentrándose en mantener el equilibrio. Para cualquiera —y mucho más para un «tambaleante»— estar erguido 20 minutos requiere la formación y la experiencia de un guardia del palacio de Buckingham.

Parece tan serena mientras corrige ligeramente su postura... Las sacudidas han cesado y los misteriosos demonios que parecían habitar en su interior, zarandeándola de un lado a otro, parecen haberse esfumado. Su cerebro está descodificando señales procedentes de su aparato vestibular. Para ella estos momentos de paz son un milagro —un milagro neuroplástico, porque de alguna manera la sensación burbujeante de la lengua, que normalmente iría hasta la parte del cerebro denominada corteza o córtex —la delgada capa que recubre el cerebro y es la encargada de procesar el sentido del tacto— se dirige ahora por un nuevo itinerario a la parte del cerebro que procesa equilibrio.

—Nuestro objetivo ahora es hacer este aparato tan pequeño que pueda llevarse dentro de la boca —me explica Bach-y-Rita—. Como un aparato dental, ésa es nuestra meta. Entonces Cheryl y otras personas con su mismo problema podrán llevarlo y hablar y comer sin que nadie se dé cuenta.

—Pero esto no ayudará sólo a los afectados por la gentamicina —continúa—. Ayer salió un artículo en *The New York Times* sobre las caídas de las personas mayores, que por lo visto tienen más miedo de caerse que incluso de ser atacados. Una tercera parte de las personas mayores se cae en alguna ocasión y, entonces, por miedo a hacerlo de nuevo, se quedan en casa, no ejercitan las articulaciones y se vuelve físicamente más frágiles. Pero yo creo que par-

te del problema es que el sentido vestibular —lo mismo que el oído, el gusto, la vista o cualquiera de nuestros sentidos— se debilitan con la edad y este aparato podrá ayudarles.

—Es la hora —anuncia Yuri apagando el ordenador.

Ahora viene la segunda maravilla de la neuroplasticidad. Cheryl se quita la cinta de la lengua y también el casco. A continuación, y con una gran sonrisa, se pone de pie con los ojos cerrados y sin agarrarse a nada y no se cae. Entonces abre los ojos y, sin tocar la mesa, levanta un pie del suelo y permanece en equilibrio sobre el otro.

—Quiero a este hombre —dice, y da un abrazo a Bach-y-Rita. Después camina hasta mí rebosante de emoción y abrumada por la sensación de notar el suelo estable bajo sus pies, y también me abraza.

—Me siento anclada y sólida. Ya no necesito pensar dónde están mis músculos y puedo concentrarme en otras cosas.

Se vuelve hacia Yuri y le da un beso.

—Tengo que subrayar por qué esto es un milagro —dice éste, quien se considera un escéptico de las estadísticas—. Cheryl apenas posee sensores naturales y durante los últimos 20 minutos le hemos proporcionado uno artificial. Pero el verdadero milagro es lo que está pasando *ahora* que le hemos quitado la máquina, y no tiene aparato vestibular ni natural ni artificial. Estamos despertando algún tipo de fuerza en su interior.

La primera vez que se probó el casco Cheryl lo llevó sólo un minuto y notaron que, una vez se lo quitaba, había un «efecto residual» que duraba unos cuarenta segundos. Después se lo dejaron puesto veinte minutos esperando que el efecto residual durara menos de siete minutos, es decir, la tercera parte del tiempo que lo había llevado puesto. Pero duró el triple del tiempo, una hora entera. Hoy, dice Bach-y-Rita, están experimentando para ver si veinte minutos más con el aparato tendrá algún tipo de efecto de entrenamiento, de manera que el efecto residual dure todavía más.

Cheryl comienza a gesticular y a moverse.

—Puedo caminar otra vez como una mujer lo que, para la mayoría de las personas seguramente no tiene la menor importancia, pero para mí significa que ya no tengo que andar con las piernas separadas.

Se sube a una silla y salta; después se agacha para coger cosas del suelo para demostrarnos que es capaz de enderezarse sola.

—La última vez que hice esto logré sobrepasar el límite del efecto residual.

—Lo que resulta asombroso —comenta Yuri— es que no necesita permanecer siempre en la misma postura. Después de haber estado un tiempo conectada al aparato puede comportarse casi con normalidad. Columpiarse de una viga en el techo, conducir. Su función vestibular se ha recuperado. Cuando mueve la cabeza puede mantener la vista fija en un punto, ya que el nexo entre los sistemas visual y vestibular también se ha recuperado.

Levanto la vista y veo a Cheryl bailando con Bach-y-Rita. Ella le lleva a él.

¿Cómo es que Cheryl es capaz de bailar y de hacer vida normal sin estar conectada a la máquina? Bach-y-Rita cree que existen diversas razones para ello. En primer lugar, su sistema vestibular dañado está desorganizado y «ruidoso» y lanza señales aleatorias. El ruido que emite el tejido dañado bloquea las señales que emite el tejido sano. La máquina ayuda a reforzar las señales del tejido sano. Bach-y-Rita también cree que la máquina también ayuda a encontrar otros caminos, y es aquí donde entra en juego la neuroplasticidad. El sistema cerebral está formado de numerosas vías neuronales que están conectadas unas a otras y trabajan de manera conjunta. Si algunas de estas vías resultan bloqueadas el cerebro recurre a otras para sustituirlas. «Yo lo veo de esta manera», dice Bach-y-Rita, «si conduces desde aquí a Milwaukee y se desploma el puente principal tu primera reacción es quedarte paralizado, pero después tomas carreteras secundarias a través del campo. Y, conforme te acostumbras a circular por estas carreteras acabas descubriendo atajos para llegar hasta tu destino y cada vez llegas antes». Estas vías neuronales «secundarias» quedan entonces «desenmascaradas», al descubierto y, con el uso, terminan fortaleciéndose. En la actualidad se cree que este «desenmascaramiento» es uno de los recursos que tiene el cerebro para reorganizarse.

El hecho de que en Cheryl el efecto residual de la máquina sea cada vez más prolongado sugiere que la vía neuronal «desenmascarada» se está fortaleciendo. Bach-y-Rita confía en que Cheryl, con entrenamiento suficiente, sea capaz de prolongar más y más la duración del efecto residual.

Unos días más tarde Bach-y-Rita recibe un correo electrónico de Cheryl en el que le informa de la duración del último efecto



residual. «El tiempo residual total fue de 3 horas 20 minutos... Pasado este tiempo mi cabeza empieza a bailar de nuevo... Me cuesta encontrar las palabras... Mi cabeza parece balancearse. Cansada. Agotada... Deprimida».

Es la triste historia de Cenicienta. Regresar de la normalidad es muy duro y, cada vez que ocurre, siente que ha muerto, resucitado y luego muerto otra vez. Por otra parte, 3 horas y 20 minutos después de estar con el aparato puesto sólo 20 minutos supone un tiempo residual 10 veces superior al tiempo que ha estado conectada a la máquina. Cheryl es la primera «tambaleante» en recibir esta clase de tratamiento e, incluso si el efecto residual se prolonga, ahora podría conectarse al aparato cuatro veces al día y llevar una vida normal. Pero existen razones para esperar todavía más, puesto que en cada sesión su cerebro parece entrenarse para prolongar la duración del efecto residual. Y si la cosa continúa...

Y lo hizo. Durante el año siguiente Cheryl llevó puesto el aparato con mayor frecuencia y consiguió incrementar su efecto residual hasta varias horas y por último hasta cuatro meses. Ahora ya no lo necesita y ha dejado de ser una «tambaleante».

En 1969 *Nature*, la revista científica más importante de Europa, publicó un artículo breve que tenía un fuerte aroma a ciencia ficción. Su autor principal, Paul Bach-y-Rita, se presentaba como científico y médico rehabilitador, una rara combinación. Dicho artículo describía un aparato que permitía a personas ciegas de nacimiento recuperar la vista. Todas tenían retinas dañadas y se las consideraba clínicamente no tratables.

Tanto *The New York Times* como *Newsweek* y *Life* citaron el artículo de *Nature*, pero quizá porque la noticia parecía tan poco plausible, el aparato y su inventor pronto cayeron en una relativa oscuridad.

Acompañando el artículo había un dibujo de una máquina de aspecto extraño, parecida a una silla de dentista de las antiguas, con un respaldo que vibraba, una maraña de cables y grandes ordenadores. Construida a partir de piezas de desecho y electrónicas de la década de 1960, pesaba más de 180 kilos.

Una persona congénita de nacimiento estaba sentada en la silla detrás de una cámara del tamaño de las que entonces se em-

pleaban en los estudios de televisión. Estaba «escaneando» una escena que se desarrollaba frente a él accionando los mandos para mover la cámara, la cual enviaba señales eléctricas de la imagen a un ordenador que las procesaba. Entonces las señales eléctricas se transmitían a cuatro estimuladores-vibradores dispuestos en hileras sobre una plancha de metal pegada al respaldo de la silla, de manera que los estimuladores estuvieran en contacto con la piel de la persona ciega y funcionaran como píxeles que vibran en las zonas oscuras de una imagen y permanecen estáticos en las iluminadas. Este «aparato de visión táctil», como se llamaba, permitía a personas ciegas leer, reconocer caras y distinguir entre los objetos que se encuentran lejos y los que están cerca. Les permitía descubrir la perspectiva y apreciar cómo los objetos parecen cambiar de forma dependiendo del ángulo desde el que se ven. Los seis pacientes que se sometieron al experimento fueron capaces de reconocer objetos como un teléfono, incluso cuando estaba parcialmente tapado por un jarrón. Hasta consiguieron reconocer una foto de la supermodelo anoréxica Twiggy, famosa por entonces (esto ocurrió en la década de 1960).

Todos los que usaron aquel relativamente tosco aparato de visión táctil vivieron una experiencia perceptiva notable, al pasar de tener sensaciones táctiles a «ver» personas y objetos.

Con un poco de práctica, los pacientes ciegos comenzaron a percibir el espacio frente a ellos de forma tridimensional, aunque la información les llegaba procedente del dispositivo bidimensional colocado en sus espaldas. Si alguien tiraba una pelota en dirección a la cámara, el paciente saltaba automáticamente hacia atrás para esquivarlo. Si se les cambiaban los estimuladores de la espalda al abdomen, los pacientes seguían percibiendo la escena que se desarrollaba frente a la cámara. Si se les hacía cosquillas cerca de los estimuladores no confundían las cosquillas con un estímulo visual. Su percepción mental tenía lugar no en la superficie de la piel, sino en el mundo real. Y sus percepciones eran complejas. Con la práctica llegaron a mover la cámara y decir cosas como: «Ésa es Betty; hoy lleva el pelo suelto y se ha quitado las gafas. Tiene la boca abierta y está moviendo la mano derecha desde su lado izquierdo en dirección a la parte posterior de la cabeza». Ciertamente, la resolución era casi siempre mala pero, tal y como explicaba Bach-y-Rita, la visión no tiene por qué ser perfecta para

considerarse visión. «Cuando caminamos por la calle en un día de niebla y vemos la silueta borrosa de un edificio, ¿quiere decir que no lo estamos viendo? Cuando vemos algo en blanco y negro ¿es que no lo vemos?»

Aquel aparato ya olvidado fue una de las primeras y más audaces aplicaciones de la neuroplasticidad —un intento por utilizar un sentido para reemplazar a otro— y funcionó. Sin embargo fue tildado de inviable e ignorado, porque la mentalidad científica de ese momento asumía que la estructura del cerebro es fija, y que nuestros sentidos, las vías por las que la experiencia llega hasta nuestra mente, son inmutables. Esta idea, que todavía goza de numerosos adeptos, recibe el nombre de «localizacionismo» y está directamente relacionada con la concepción del cerebro como una máquina compleja hecha de partes diferentes cada una de las cuales desempeña una función mental específica y existe en una *localización* —de ahí su nombre— genéticamente predeterminada. En un cerebro donde cada función tiene una única localización posible hay poco espacio para la plasticidad.

La idea del cerebro como máquina ha inspirado y guiado la neurociencia desde que se propuso por primera vez en el siglo XVII sustituyendo a nociones más espirituales sobre el cuerpo y el alma. Los científicos, impresionados por los descubrimientos de Galileo (1564-1642) que demostraron que los planetas eran cuerpos inanimados impulsados por fuerzas mecánicas, llegaron a la conclusión de que toda la naturaleza funcionaba como un gran reloj cósmico sujeto a las leyes de la física, y empezaron a explicar los seres vivos individuales, incluyendo los órganos corporales, desde un punto de vista mecánico, es decir, como si también éstos fueran máquinas. Esta visión del mundo natural como un gigantesco mecanismo y de nuestros órganos como máquinas vino a sustituir la idea griega de doscientos años de antigüedad según la cual la naturaleza es un gran organismo vivo y nuestros cuerpos cualquier cosa menos mecanismos inanimados. Pero el primer gran avance en esta «biología mecanística» fue especialmente brillante y original y se lo debemos a William Harvey (1578-1657), quien estudió Anatomía en Padua, Italia, donde enseñaba Galileo, y descubrió cómo la sangre circula por nuestros cuerpos y demostró que el corazón funciona como una bomba, que no es otra cosa que una máquina sencilla. Pronto se hizo evidente para muchos cien-

tíficos que, para que una explicación fuera científica, también tenía que ser mecanística, es decir, estar sujeta a las leyes mecánicas del movimiento. Después de Harvey, el filósofo francés René Descartes (1596-1650) argumentó que el cerebro y el sistema nervioso también funcionaban como una bomba. Nuestros nervios son en realidad conductos, decía Descartes, que iban desde las extremidades hasta el cerebro y de vuelta a los primeros. Fue el primero en teorizar sobre los reflejos, arguyendo que cuando tocamos la piel de una persona, una sustancia líquida en los conductos nerviosos fluye hasta el cerebro y después es «reflejada» mecánicamente por los nervios y hasta los músculos. Por descabellado que suene todo esto, Descartes no andaba tan desencaminado. Los científicos pronto pulieron esta descripción algo rudimentaria argumentando que lo que circulaba por los nervios no era un líquido, sino una corriente eléctrica. La idea de Descartes del cerebro como una máquina compleja culminó en nuestra noción actual del cerebro como un ordenador y en localizacionismo. Al igual que una máquina, el cerebro se compone de distintas partes cada una de las cuales desarrolla una única función, de manera que si una de esas partes resulta dañada no puede hacerse nada por reemplazarla; después de todo, a las máquinas no les crecen piezas nuevas.

El localizacionismo se aplicó también a los sentidos y se llegó a la conclusión de que cada uno de ellos —la vista, el oído, el gusto, el tacto, el olfato y el equilibrio— tiene una célula receptora especializada en detectar una de las muchas manifestaciones de energía que nos rodean. Cuando son estimuladas, estas células envían una señal eléctrica a través de los nervios a un área específica del cerebro que procesa ese sentido. La mayoría de los científicos era de la opinión de que estas áreas cerebrales eran tan especializadas que una nunca podría realizar la función de otra.

Paul Bach-y-Rita fue prácticamente el único científico en rechazar estas ideas localizacionistas. Nuestros sentidos poseen una importante naturaleza plástica, descubrió, y si uno de ellos resulta dañado en ocasiones otro puede reemplazarlo en un proceso que él llama «sustitución sensorial». Bach-y-Rita desarrolló una manera de desencadenar esta sustitución sensorial además de unos aparatos capaces de dotarnos de «supersentidos». Al descubrir que el sistema nervioso puede adaptarse a ver a través de una cámara en lugar de a través de la retina, Bach-y-Rita sentó las bases de la gran

esperanza de los ciegos: implantes de retina que pueden insertarse en el ojo quirúrgicamente.

A diferencia de la mayoría de los científicos, que suelen centrarse en un solo campo de investigación, Bach-y-Rita se ha hecho experto en varios: medicina, psicofarmacología, neurofisiología ocular (que estudia los músculos del ojo), neurofisiología visual (el estudio de la vista y del sistema nervioso) e ingeniería biomédica. Sigue sus ideas hasta donde le lleven. Habla cinco idiomas y ha vivido durante largos periodos en Italia, Alemania, Francia, México, Suecia y Estados Unidos. Ha trabajado en los laboratorios de grandes científicos y premios Nobel, pero nunca le ha importado demasiado lo que opinan los demás y no se presta a los juegos políticos que emplean muchos científicos para medrar en sus carreras. Después de convertirse en médico, dejó de ejercer y se dedicó a la investigación básica, planteándose cuestiones que parecían desafiar el sentido común, tales como: ¿son los ojos necesarios para ver, los oídos para oír, la lengua para el gusto o la nariz para oler? Después, a los 44 años y sin perder un ápice de su mente inquieta, volvió a la medicina y empezó su residencia, con sus días y noches interminables, en una de las especialidades más áridas que existen: la medicina de rehabilitación. Su ambición era convertir una disciplina intelectualmente estancada en una ciencia aplicando sus conocimientos sobre plasticidad.

Bach-y-Rita es un hombre de lo más sencillo. Viste trajes baratos y, siempre que su mujer le deja, ropas del Ejército de Salvación. Conduce el mismo coche desvencijado desde hace 12 años, mientras que su mujer tiene un Passat último modelo.

Tiene un cabello gris ondulado y abundante, habla suave y rápidamente y su piel tiene el tono aceitunado propio de un hombre mediterráneo con ascendencia española y judía, y no aparenta sus 69 años. Es obviamente una persona cerebral, pero irradia una calidez casi infantil hacia su esposa Esther, mexicana de ascendencia maya.

Está acostumbrado a que le consideren un bicho raro. Creció en el Bronx y cuando empezó a ir al instituto medía sólo 1 metro 25 centímetros debido a una misteriosa enfermedad que detuvo su crecimiento durante ocho años; además, en dos ocasiones se le diagnosticó leucemia. Todos los días los chicos de los cursos su-

periores le pegaban y durante aquellos años desarrolló un umbral del dolor extraordinariamente alto. A los 12 años se le inflamó el apéndice y se le diagnosticó, esta vez correctamente, una rara forma de apendicitis crónica, una enfermedad misteriosa. Entonces creció 20 centímetros y ganó su primera pelea.

Conducimos por Madison, Wisconsin, donde reside cuando no está en México. Es absolutamente modesto y después de varias horas de conversación se le escapa un único comentario que podría interpretarse remotamente como elogioso:

—Soy capaz de comunicar cualquier cosa con cualquier cosa —comenta sonriendo.

—Vemos con el cerebro, no con los ojos —dice.

Esta afirmación es contraria a la noción extendida de que vemos con los ojos, oímos con los oídos, percibimos el gusto con la lengua, olemos con la nariz y sentimos con la piel. ¿Quién se atrevería a poner en duda estas afirmaciones? Pero para Bach-y-Rita, los ojos se limitan a percibir cambios en la energía eléctrica y es nuestro cerebro el que percibe y, por lo tanto, ve.

La forma en que una sensación determinada llega al cerebro no es importante para Bach-y-Rita. «Cuando un hombre ciego utiliza un bastón y lo mueve atrás y adelante es la punta de éste la que le transmite la información a través de los receptores de la piel de la mano. Y sin embargo el movimiento del bastón es lo que permite deducir donde está la puerta, o una silla, o distinguir un pie cuando choca con alguien. Entonces utiliza esta información para guiarse hasta la silla y sentarse. Aunque los sensores de su mano son los que le transmiten la información y el punto donde su bastón se comunica con él, en realidad lo que está percibiendo *subjetivamente* no es la presión del bastón en su mano sino la disposición de la habitación: las sillas, las paredes, el espacio tridimensional. La superficie receptora de la mano es simplemente depositaria de información, un puerto de datos, que pierde su identidad en el proceso».

Bach-y-Rita determinó que la piel y sus receptores táctiles pueden ser sustitutos de la retina porque tanto la piel como la retina son capas bidimensionales cubiertas de receptores sensoriales que permiten que sobre ellos se formen «imágenes».

Pero una cosa es encontrar un nuevo puerto de datos o una manera de hacer llegar sensaciones al cerebro y otra muy distinta que el cerebro sea capaz de decodificar esas sensaciones táctiles

y unir las hasta componer imágenes. Para que eso sea posible tiene que aprender algo nuevo, y la parte del cerebro dedicada a procesar el sentido del tacto tiene que adaptarse a las nuevas señales. Esta adaptabilidad implica que el cerebro es plástico, en el sentido de que es capaz de reorganizar su sistema sensorial y perceptivo.

Si el cerebro puede reorganizarse a sí mismo, entonces el localizacionismo no nos transmite una imagen verdadera de cómo funciona. Al principio incluso Bach-y-Rita fue localizacionista, deslumbrado por los primeros éxitos de esta teoría. Ésta se hizo pública en 1861 por boca de un cirujano llamado Paul Broca, uno de cuyos pacientes había perdido el habla después de sufrir un derrame cerebral y sólo era capaz de decir una única palabra. Fuera lo que fuera lo que le preguntaran, este pobre hombre respondía «tan, tan». Cuando murió, Broca diseccionó su cerebro y encontró tejido dañado en el lóbulo frontal izquierdo. Los escépticos dudaban de que la facultad de hablar estuviera localizada en una zona específica del cerebro hasta que Broca les mostró el tejido dañado y después informó sobre otros pacientes que habían perdido el habla y presentaban idénticos daños cerebrales. Esa área del cerebro pasó así a llamarse «el área de Broca», y se consideraba responsable de coordinar los movimientos de los músculos de los labios y la lengua. Poco después otro médico, Carl Wernicke, relacionó los daños en otra sección del cerebro con otro problema: la incapacidad de comprender el lenguaje. Wernicke propuso que la zona cerebral dañada era responsable de la representación mental de palabras y de la comprensión de éstas. Pasó a llamarse «área de Wernicke». Durante los cien años siguientes el localizacionismo se fue haciendo más específico, conforme nuevas investigaciones iban dibujando el mapa del cerebro.

Por desgracia, las bondades de esta teoría pronto comenzaron a exagerarse y pasó de ser una serie de sugerentes correlaciones (se observó que los daños en una zona específica del cerebro conducían a la pérdida de funciones mentales específicas) a una teoría general que afirmaba que cada una de las funciones del cerebro tenía una única localización, un idea resumida en la frase «una función, una localización», que significa que si una parte resultaba dañada, el cerebro no era capaz de reorganizarse o de recuperar la función que realizaba.

Comenzó entonces un periodo negro para la plasticidad y cualquier excepción a la idea dominante de «una función, una locali-

zación» era ignorada. En 1868 Jules Cotard estudió niños con daños cerebrales masivos a edad temprana en los cuales el hemisferio izquierdo (incluida el área de Broca) había desaparecido y que, sin embargo, eran capaces de hablar. Esto significaba que aunque el habla se procesaba por lo general en el hemisferio izquierdo, tal y como Broca, afirmaba, el cerebro podía ser lo suficientemente maleable como para reorganizarse si era necesario. En 1976 Otto Soltmann extirpó la corteza motora—la parte del cerebro que se consideraba responsable de la facultad de moverse— a cachorros y gazapos y descubrió que éstos seguían siendo capaces de moverse. Sus hallazgos se perdieron en el auge del entusiasmo localizacionista.

Bach-y-Rita empezó a dudar del localizacionismo cuando estaba en Alemania a principios de la década de 1960 y se unió a un equipo de investigadores que estudiaban cómo trabajaba la vista midiendo con electrodos la descarga eléctrica procedente del área de procesamiento visual del cerebro de un gato. El equipo esperaba que cuando mostraran una imagen al animal, el electrodo situado en su área de procesamiento visual enviara una descarga eléctrica, demostrando que estaba procesando esa imagen. Y así ocurrió, pero cuando la pezuña del gato resultó rozada por accidente, el área visual también envió una descarga, indicando que también estaba procesando el tacto. Y descubrieron que el área visual estaba también activa cuando el gato escuchaba sonidos.

Bach-y-Rita empezó a pensar que la idea localizacionista de «una función, una localización» podía no ser acertada. La parte «visual» del cerebro del gato estaba procesando al menos dos funciones más, el sonido y el tacto. Empezó a concebir el cerebro como un órgano en gran medida «polisensorial», es decir, que sus áreas sensoriales eran capaces de procesar señales procedentes de más de un sentido. Esto es posible porque todos nuestros receptores sensoriales traducen diferentes clases de energía del mundo exterior, independientemente de su procedencia, a patrones eléctricos que a continuación envían a nuestros nervios. Estos patrones eléctricos son el lenguaje universal que se «habla» dentro del cerebro; dentro de las neuronas no hay imágenes visuales ni sonidos ni olores ni sentimientos. Bach-y-Rita se dio cuenta de que las áreas que procesan estos impulsos eléctricos son más homogéneas de lo que los neurocientíficos pensaban, una creencia que se vio confirmada cuando el neurocientífico Vernon Mountcastle descubrió



que las cortezas visual, auditiva y sensora presentan una estructura similar, de seis capas. Para Bach-y-Rita, esto significaba que cualquier parte de la corteza debería ser capaz de procesar cualquier tipo de señal eléctrica y que los módulos de nuestro cerebro no eran después de todo, tan especializados.

Durante los años siguientes se dedicó a estudiar todas las excepciones al localizacionismo. Con su conocimiento de idiomas se sumergió en la literatura científica antigua y sin traducir y redescubrió trabajos científicos realizados con anterioridad a las versiones más rígidas del localizacionismo. Descubrió la obra de Marie-Jean-Pierre Flourens, quien en la década de 1820 demostró que el cerebro podía reorganizarse a sí mismo. Y leyó la, a menudo citada pero escasamente leída, obra de Broca en francés y descubrió que ni siquiera éste había cerrado la puerta a la plasticidad, tal y como habían hecho sus seguidores.

El éxito de su máquina de visión táctil inspiró a Bach-y-Rita su reorganización del mapa del cerebro humano. Después de todo, el autor del milagro no era su aparato sino el cerebro mismo, que era un organismo vivo, cambiante y capaz de adaptarse a nuevas señales artificiales. Como parte de esta reorganización, dedujo que las señales procedentes del sentido del tacto (inicialmente procesadas en la corteza sensorial, cerca de la parte superior del cerebro) eran redirigidas a la corteza visual situada en la parte posterior para una vez allí ser procesadas, lo que significaba que todas las vías neuronales que discurrían desde la piel hasta la corteza visual se estaban desarrollando.

Hace 40 años, cuando el localizacionismo estaba en su máximo apogeo, Bach-y-Rita empezó a refutarlo. Aunque reconocía sus logros, argumentaba que «existen numerosos indicios de que el cerebro posee plasticidad motora y sensora». Uno de sus artículos fue rechazado por tres revistas científicas diferentes, no porque las pruebas que presentaba resultaran discutibles, sino porque osó incluir el término «plasticidad» en el título. Después de que se publicara su artículo en *Nature*, su admirado mentor, Ragnar Granit, que había recibido el Premio Nobel de Fisiología en 1965 por sus trabajos sobre la retina y quien había gestionado la publicación de la tesis doctoral de Bach-y-Rita, le invitó a su casa a tomar el té. Una vez allí Granit pidió a su mujer que les dejara solos y, después de alabar las investigaciones de Bach-y-Rita sobre los músculos del

ojo, le rogó que, por su propio bien, dejara de perder el tiempo con ese «juguete para adultos». Pero Bach-y-Rita persistió y empezó a describir, en una serie de libros y cerca de cien artículos, las pruebas que demostraban la plasticidad del cerebro y una teoría que explicara cómo ésta podía funcionar.

Aunque la explicación de la plasticidad se convirtió en su interés principal, Bach-y-Rita continuó inventando aparatos de sustitución sensorial. Trabajó con ingenieros para reducir el tamaño de la silla de dentista-ordenador-cámara para los ciegos. La pesada plancha metálica del respaldo se sustituyó por una delgada tira de plástico cubierta de electrodos del diámetro de un dólar de plata, que se pegaba a la lengua. La lengua es lo que él llama «la interfaz cerebro-máquina» ideal, un excelente punto de acceso al cerebro porque no tiene ninguna capa de piel muerta. También el ordenador ha visto reducido su tamaño radicalmente, y la cámara que una vez fue tan grande como una maleta puede ahora acoplarse a unas gafas.

Ha trabajado también con otros inventos de sustitución sensorial. Recibió una subvención de la NASA para desarrollar un guante «sensorial» para uso de los astronautas en el espacio. Los guantes que se empleaban hasta entonces eran tan gruesos que resultaba difícil para los astronautas coger objetos pequeños o realizar movimientos delicados. Así que Bach-y-Rita colocó sensores eléctricos en la parte exterior del guante que enviaban señales eléctricas a la mano. A continuación aprendió cómo se fabrica un guante e inventó uno para pacientes de lepra, quienes, a causa de la enfermedad que mutila la piel y destruye los nervios periféricos, terminan perdiendo la sensación en las manos. Este guante, al igual que el de los astronautas, tenía sensores en su parte externa que enviaban señales a las zonas de piel sana —lejos de las manos— donde los nervios no habían resultado afectados. Esa superficie de piel sana se convertía así en el portal de entrada para las sensaciones de la mano. A continuación Bach-y-Rita comenzó a trabajar en un guante que permitiera a los invidentes leer pantallas de ordenador e incluso tiene un proyecto para un preservativo que, confía, permitirá a las personas con la espina dorsal dañada que han perdido la sensibilidad en el pene volver a tener orgasmos. Se basa en la premisa de que la excitación sexual, al igual que otras experiencias sensoriales, reside «en el cerebro», por lo que las sensaciones de movi-

miento sexual, recogidas por los sensores en el preservativo, pueden transformarse en impulsos eléctricos que a su vez pueden transmitirse a la parte del cerebro que procesa la excitación sexual. Otros usos potenciales de su trabajo incluyen la creación de «supersensores» tales como los infrarrojos o la visión nocturna. Ha desarrollado un aparato para el ejército de la marina de Estados Unidos que ayuda a los buzos a orientarse debajo del agua y otro, probado con éxito en Francia, que informa a los cirujanos de la posición exacta del escálapo enviando señales desde un sensor eléctrico acoplado al escálapo hasta pequeños receptores en la lengua y, de ahí, al cerebro.

El origen de la comprensión de Bach-y-Rita de la rehabilitación de que es capaz el cerebro está en la asombrosa recuperación de su padre, el poeta y académico catalán Pedro Bach-y-Rita, después de sufrir un derrame cerebral. En 1959 Pedro, entonces un viudo de 65 años, sufrió un ataque que le paralizó el rostro y la mitad de su cuerpo además de privarle de la facultad de hablar. George, el hermano de Paul y en la actualidad psiquiatra en California, fue informado de que no había esperanzas de que su padre se recuperara y que debería ingresarlo en una residencia. En lugar de ello George, entonces estudiante de Medicina en México, se llevó a su padre paralizado desde Nueva York a vivir con él en México. Primero probó con rehabilitación en el Hospital Británico Americano, que ofrecía únicamente un programa de cuatro semanas de duración, ya que nadie pensaba que el cerebro pudiera beneficiarse de un tratamiento prolongado. Pasadas estas tres semanas el padre no había mejorado lo más mínimo. Seguía sin valerse por sí mismo y había que llevarlo en brazos al cuarto de baño y ducharlo, tareas que George hacía con ayuda de su jardinero. «Afortunadamente era un hombre menudo, de 53 kilos, por lo que podíamos con él», cuenta George.

George no sabía nada de rehabilitación, pero su ignorancia resultó a la larga ser una bendición, porque consiguió romper todas las reglas establecidas inducidas por teorías fatalistas.

«Decidí que en lugar de enseñar a mi padre a caminar, primero iba a enseñarle a gatear. Así que le dije: “Empezaste gateando, así que vas a tener que volver a hacerlo durante un tiempo?” Le compramos rodilleras. Al principio lo pusimos a gatas, pero sus

manos y sus piernas no le sostenían bien, así que fue un poco duro». En cuanto Pedro fue capaz de sostenerse solo, George le hizo gatear con el hombro y el brazo paralizados apoyados a la pared. «Así estuvimos durante meses e incluso practicamos en el jardín, lo que nos trajo problemas con los vecinos, que nos decían que no estaba bien eso de hacer arrastrarse al profesor por el suelo como si fuera un perro. Mi único modelo era la manera en que los bebés aprenden a caminar, así que jugábamos en el suelo, yo hacía rodar canicas y él tenía que atraparlas. O tirábamos monedas y él tenía que intentar cogerlas con la mano derecha, la más débil. Todo lo que intentábamos implicaba transformar experiencias de la vida cotidiana en ejercicios. Por ejemplo, con un barreño, que sujetaba con su mano buena mientras que con la otra —en la que tenía escaso control y sufría continuos espasmos— trazaba circunferencias, 15 minutos en una dirección y 15 en la otra. La circunferencia del barreño le ayudaba a contener la mano mala. Nos marcábamos distintos objetivos, cada uno solapándose con el anterior, y poco a poco fue mejorando. Pasado un tiempo él mismo ayudaba a definir los objetivos. Quería llegar a poder sentarse a la mesa y comer conmigo y con otros estudiantes de Medicina». Dedicaba a los ejercicios muchas horas del día, pero gradualmente Pedro pasó de gatear a desplazarse de rodillas, después a ponerse de pie, y finalmente a caminar.

Pedro luchaba a solas por intentar hablar, y transcurridos tres meses el habla empezó a mostrar indicios de estar volviendo. Después de unos meses quiso probar a volver a escribir. Se sentaba frente a la máquina de escribir son el dedo corazón apoyado en la tecla que deseaba pulsar y después se ayudaba dejando caer el brazo. Una vez lo consiguió pasó a dejar caer sólo la muñeca y, con el tiempo, los dedos, uno a uno. Con el tiempo volvió a escribir con normalidad.

Al cabo de un año la recuperación de Pedro, entonces de 68 años, era suficiente como para que comenzara a dar clases a tiempo completo en el City College de Nueva York. Le encantaba su trabajo y no se jubiló hasta cumplidos los 70. Entonces aceptó un nuevo trabajo de profesor en San Francisco, se volvió a casar y continuó trabajando, practicando senderismo y viajando. Después de su derrame permaneció activo siete años. Cuando se encontraba visitando a unos amigos en Bogotá se fue de escalada y sufrió un nuevo derrame a 2.700 metros de altura y murió poco después, a los 72 años.

Pregunté a George si era consciente de lo inusual de la recuperación de su padre y si creía que ésta se debía a la plasticidad del cerebro.

«Yo sólo lo vi en función de los resultados con papá. Pero Paul, en los años que siguieron, se refería a ello en términos de neuroplasticidad. Pero no desde el primer momento; no fue hasta después de que nuestro padre muriera».

El cadáver de Pedro fue trasladado a San Francisco, donde Paul trabajaba. Era el año 1965 y en esos días, antes de que existiera el escáner cerebral, las autopsias eran un procedimiento rutinario, porque eran la única forma que los médicos tenían de aprender sobre enfermedades cerebrales y de averiguar la causa de la muerte de los pacientes. Paul solicitó a la doctora Mary Jane Aguilar que realizara la autopsia de su padre.

«Pocos días después Mary Jane me llamó y me dijo: “Paul, ven a verme, tengo algo que enseñarte”. Cuando llegué al viejo hospital de Stanford allí, esparcidas sobre la mesa, había diapositivas de secciones del cerebro de mi padre».

Paul se quedó sin habla.

«Sentí asco, pero también vi que Mary Jane estaba emocionada, porque las diapositivas mostraban que mi padre había sufrido una enorme lesión con su primer derrame cerebral y que nunca se había curado, aunque recuperó todas esas funciones. Me puse nerviosísimo. Me quedé paralizado. Sólo podía pensar “Mira qué cerebro tan dañado”. Y entonces Mary Jane me dijo: “¿Cómo es posible recuperarse de esto?”».

Cuando miró más detenidamente, Paul vio que la lesión de siete años de antigüedad de su padre estaba principalmente localizada en el tronco encefálico —la parte del cerebro más cercana a la espina dorsal— y que los otros grandes centros neurológicos de la corteza encargados de controlar el movimiento habían resultado también destruidos. El 97 por ciento de los nervios que van desde la corteza cerebral a la espina dorsal estaban destrozados, unos daños catastróficos que habían causado la parálisis a su padre.

«Sabía que, de alguna manera, su cerebro se había reorganizado completamente gracias al trabajo con George. No supimos hasta qué punto su recuperación había sido asombrosa hasta ese momento, porque no conocíamos el alcance de su lesión, puesto que en esos días no existía el escáner cerebral. Cuando un paciente se recuperaba asumíamos que la lesión no había sido muy gran-

de. Mary Jane quiso que firmara con ella un artículo que escribió sobre el caso, pero me sentí incapaz».

La historia de su padre era un indicio de primera mano de que una recuperación «tardía» es posible incluso con una lesión de gran alcance y en personas de edad avanzada. Pero tras examinar la lesión y leer la literatura médica sobre el tema, Paul encontró nuevas pruebas de que el cerebro puede reorganizarse y recuperar funciones perdidas tras sufrir derrames agudos, al descubrir que en 1915 un psiquiatra norteamericano llamado Shepherd Ivory Franz había demostrado que pacientes que llevaban paralizados 20 años eran capaces de recuperarse gracias a ejercicios de estimulación cerebral.

La «recuperación tardía» de su padre desencadenó un cambio de rumbo en la vida profesional de Bach-y-Rita. A la edad de 44 años volvió a ejercer la medicina e hizo sendas residencias en neurología y rehabilitación. Sabía que para que los pacientes pudieran recuperarse era necesario motivarles, como George había hecho con su padre, mediante ejercicios que se aproximaran lo más posible a actividades de la vida cotidiana. Así que centró su atención en el tratamiento de derrames cerebrales y, más concretamente, en la «rehabilitación tardía», ayudando a pacientes a superar problemas neurológicos graves sufridos años antes y desarrollando juegos de ordenador para enseñar a pacientes a mover de nuevo los brazos. Y comenzó a integrar sus conocimientos sobre plasticidad en su diseño de los ejercicios. Los ejercicios de rehabilitación tradicionales solían durar unas pocas semanas, una vez que el paciente dejaba de mejorar o «se estacionaba» y los médicos perdían la motivación para continuar trabajando con él. Pero Bach-y-Rita, basándose en sus conocimientos del crecimiento nervioso, comenzó a argumentar que estas situaciones estacionarias eran temporales —parte de un ciclo de aprendizaje basado en la plasticidad— en el que periodos de aprendizaje son seguidos por periodos de consolidación. Aunque en el proceso de consolidación no había progreso *aparente*, internamente se producían cambios biológicos conforme nuevas destrezas se automatizaban y perfeccionaban.

Bach-y-Rita desarrolló un programa para pacientes con los nervios faciales motores dañados que eran incapaces de mover los músculos de la cara y, por tanto, no podían cerrar los ojos, hablar de forma inteligible o expresar emociones, lo que les conver-

tía en una especie de monstruos autómatas. Lo que hizo Bach-y-Rita fue conectar quirúrgicamente uno de los nervios «sobrantes» que normalmente van a la lengua a los músculos faciales de un paciente. Entonces desarrolló un programa de ejercicios mentales para entrenar el «nervio de la lengua» (en particular la zona del cerebro que lo controla) para que actuara como nervio facial. Con este procedimiento los pacientes aprendieron a expresar emociones con el rostro normalmente, a hablar y a cerrar los ojos, un ejemplo más de la habilidad de Bach-y-Rita para «conectar cualquier cosa a cualquier cosa».

Treinta y tres años después del artículo de Bach-y-Rita en la revista *Nature*, los científicos que emplean la versión moderna y de menor tamaño de la máquina de visión táctil han realizado escáneres cerebrales a sus pacientes y han confirmado que las imágenes táctiles que llegan al cerebro de los pacientes a través de la lengua son efectivamente procesadas en la corteza cerebral visual.

Toda duda razonable de que los sentidos pueden reconducirse se disipó a raíz de uno de los experimentos sobre plasticidad más asombrosos de nuestro tiempo. En él se recondujeron, no las vías del tacto y la visión, como había hecho Bach-y-Rita, sino las del oído y la visión. Literalmente Mriganka Sur, un neurocientífico, recondujo quirúrgicamente el cerebro de un cachorro de hurón. Por regla general los nervios ópticos van de los ojos a la corteza visual, pero Sur redirigió mediante una intervención quirúrgica los nervios ópticos de la corteza visual a la auditiva y con ello el animal aprendió a ver. Por medio de la inserción de electrodos en el cerebro del hurón, Sur demostró que cuando el hurón veía, las neuronas de su corteza auditiva se ocupaban de procesar las imágenes. La corteza auditiva, que es tan plástica como Bach-y-Rita había imaginado, se había reorganizado de forma que ahora tenía la estructura de la corteza visual. Aunque los hurones que fueron sometidos a esta cirugía no recuperaron la visión 20/20 (considerada normal), si recuperaron una tercera parte, o incluso dos terceras partes (20/60), algo similar a algunas personas que llevan gafas.

Hasta hace bien poco transformaciones como ésta resultaban inexplicables. Pero Bach-y-Rita, al demostrar que nuestro cerebro es más flexible que lo que el localizacionismo admite, ha contribuido a formar una visión más exacta del cerebro que contempla la plausibilidad de dichas transformaciones. Antes de sus trabajos, re-

sultaba aceptable afirmar, como hacían la mayoría de los neurocientíficos, que tenemos una «corteza visual» situada en el lóbulo occipital que se encarga de procesar la vista. Gracias a Bach-y-Rita ahora sabemos que el asunto es más complejo y que estas áreas del cerebro son procesadores plásticos conectados unos con otros y capaces de procesar una cantidad inesperada de información.

Cheryl no ha sido la única beneficiaria del extraño casco de Bach-y-Rita. Su equipo lo ha empleado para tratar a 50 pacientes más y mejorar su sentido del equilibrio y su facultad de caminar. Algunos presentaban las mismas lesiones que Cheryl; otros habían sufrido traumatismo cerebral, o derrames cerebrales o tenían la enfermedad de Parkinson.

La importancia de los trabajos de Bach-y-Rita reside en que fue el primero de la generación de neurocientíficos a la que pertenece en entender que el cerebro es plástico y en poner en práctica este conocimiento para paliar el sufrimiento humano. Su trabajo lleva implícita la idea de que todos hemos nacido con un cerebro más adaptable, multifuncional y oportunista de lo que creíamos.

Cuando el cerebro de Cheryl desarrolló un nuevo sentido vestibular —o cuando los cerebros de invidentes desarrollaron nuevas vías para identificar objetos, perspectiva o movimiento— estos cambios no fueron la misteriosa excepción a la regla sino la regla misma: la corteza sensorial es plástica y adaptable. Cuando el cerebro de Cheryl aprendió a reaccionar al receptor artificial que reemplazaba el suyo, dañado, no estaba haciendo nada fuera de lo común. Recientemente el trabajo de Bach-y-Rita ha inspirado al científico cognitivo Andy Clark a argumentar con perspicacia que los humanos somos «por naturaleza, cyborgs» o, lo que es lo mismo, que la plasticidad cerebral nos permite conectarnos a máquinas tales como ordenadores u otras herramientas electrónicas de forma bastante natural. Pero nuestro cerebro también se reestructura a sí mismo como respuesta a información procedente de herramientas más sencillas, tales como el bastón de un invidente. La plasticidad ha sido, después de todo, una propiedad inherente al cerebro desde tiempos prehistóricos. El cerebro es un sistema mucho más abierto de lo que nunca imaginamos y la naturaleza ha ido muy lejos a la hora de ayudarnos a percibir y asimilar el mundo que nos rodea. Nos ha dado un cerebro que sobrevive en un mundo cambiante cambiándose a sí mismo.