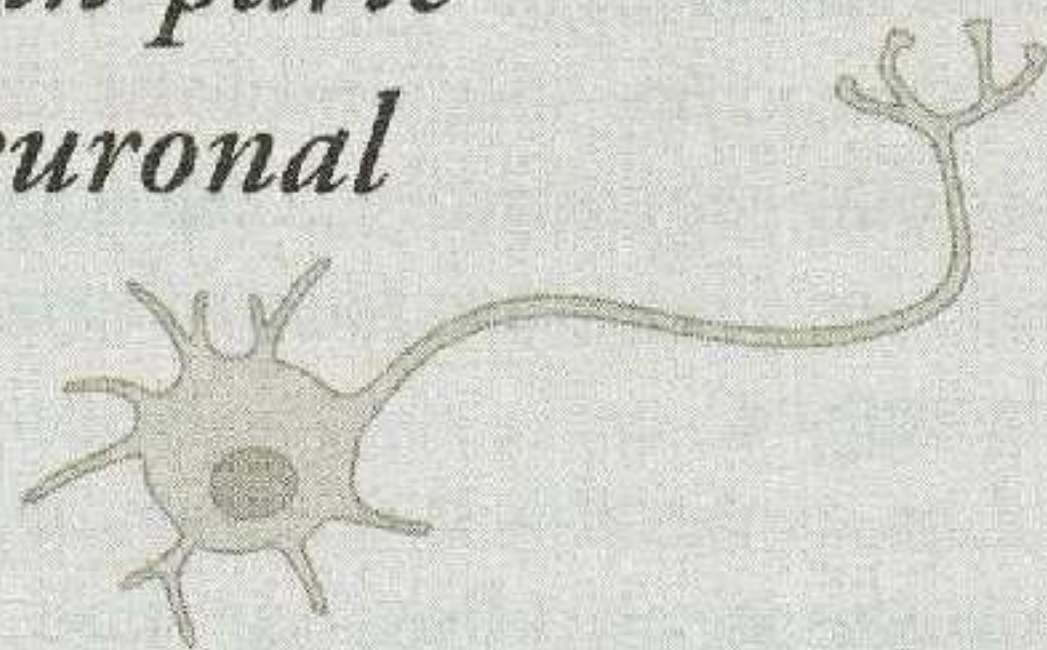


NEUROCIENCIA DE LA

danza

Las imágenes cerebrales revelan parte de la compleja coreografía neuronal que subyace bajo la aptitud para el baile



Steven Brown y Lawrence M. Parsons



CONCEPTOS BASICOS

- La danza constituye una forma fundamental de expresión humana. Probablemente evolucionó con la música como una forma de generar ritmo.
- Requiere especiales aptitudes mentales. Una zona del cerebro alberga una representación de la orientación corporal, que nos ayuda a movernos a través del espacio en la dirección adecuada. Otra opera a modo de sincronizador: nos permite acompañar el movimiento con la música.
- Una sincronización inconsciente (el proceso que nos hace marcar distraídamamente un ritmo con los pies) refleja nuestro instinto para la danza. Se produce cuando dialogan ciertas regiones cerebrales subcorticales, prescindiendo de áreas auditivas superiores.

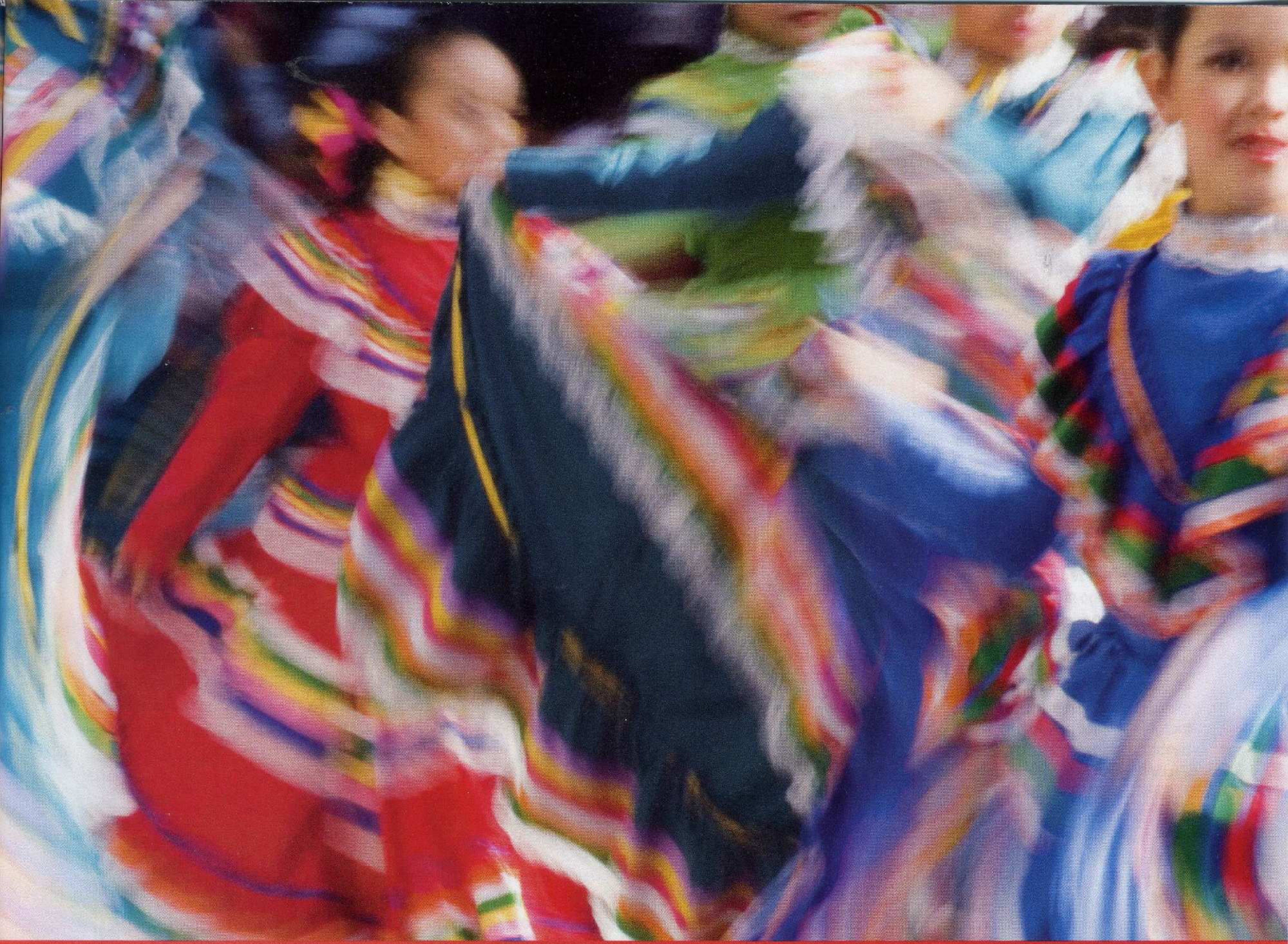
Es tan natural el sentido del ritmo, que solemos darlo por descontado. Al escuchar música llevamos el compás con los pies y movemos el cuerpo, a menudo de forma inconsciente. Este instinto corresponde a un rasgo evolutivo propio de la especie humana. No se presenta en ningún otro mamífero ni, probablemente, en ninguna otra clase del reino animal. Las aptitudes para esa sincronización inconsciente residen en la base de la danza, confluencia de movimiento, ritmo y representación gestual. La danza corresponde al ejercicio colectivo más sincronizado que existe; exige un tipo de coordinación interpersonal en el espacio y el tiempo que apenas se da en otros contextos sociales.

Aun cuando la danza constituye una forma fundamental de la expresión humana, la neurociencia no le había prestado particular atención hasta hace poco, cuando empezaron a examinarse imágenes cerebrales de bailarines aficionados y profesionales. Entre otras cuestiones, se pretendía averiguar de qué manera se mueve un bailarín por el espacio, cómo controla sus pasos y cómo aprende coreo-

grafías complejas. Los resultados permiten entrever la intrincada coordinación mental que se requiere para ejecutar hasta los pasos más sencillos.

Ritmo interno

Hasta ahora se habían analizado movimientos aislados, como la rotación del tobillo o el tamborileo de los dedos. Se ha determinado así el modo en que orquesta el cerebro acciones sencillas. Saltar a la pata coja, por ejemplo, requiere entre otras cosas que el sistema cerebral sensoriomotor ejecute cálculos relativos a la percepción espacial, el equilibrio, la intención y la secuencia temporal. En una versión simplificada del proceso, la corteza parietal posterior del cerebro traduce en órdenes motoras la información visual, con lo que envía señales a las zonas donde se planifica el movimiento en la corteza premotora y el área motora suplementaria. Esas instrucciones se proyectan luego a la corteza motora primaria, que genera impulsos neuronales que se desplazan a la médula espinal y, después, a los músculos para hacer que éstos se contraigan.



Al propio tiempo, los órganos sensoriales de los músculos proporcionan al cerebro una realimentación que comunica la orientación espacial del cuerpo a través de nervios que atraviesan la médula espinal hacia la corteza cerebral. Los circuitos subcorticales en el cerebelo y en los ganglios basales del núcleo cerebral ayudan también a actualizar las órdenes motoras basadas en la realimentación sensorial y a refinar nuestros movimientos. Todavía no está claro que esos mecanismos neuronales puedan ampliarse de escala para explicar la ejecución de figuras tan gráciles como una pirueta, por ejemplo.

Para indagar en ese asunto, conjuntamente con Michael J. Martínez, de la facultad de medicina de la Universidad de Texas en San Antonio, acometimos el primer estudio de los movimientos de la danza mediante técnicas de formación de imágenes. A diez bailarines de tango aficionados (cinco varones y cinco mujeres) se les aplicó la tomografía por emisión de positrones (TEP). Esta técnica registra los cambios en la circulación sanguínea en el cerebro consecutivos a cambios en la actividad

cerebral. El aumento de flujo sanguíneo en una región determinada se atribuye a una mayor actividad entre las neuronas de aquella zona.

Los sujetos, tendidos dentro del escáner con la cabeza inmóvil, podían mover las piernas y deslizar los pies sobre una superficie inclinada. Primeramente les pedimos que ejecutaran un “box step”, de forma que ajustaran sus movimientos al ritmo de las piezas instrumentales que escuchaban por auriculares. (El “box step” corresponde a una figura de seis pasos que define el perímetro de un cuadrado; deriva del paso básico de “salida” del tango argentino.) En la siguiente exploración, los bailarines flexionaban los músculos de las piernas al compás de la música, pero sin moverlas de un lado a otro. La actividad cerebral debida a esa mera flexión se sustrajo de la que se había registrado cuando “bailaban”; así pudimos apuntar a las zonas cerebrales que resultan vitales para dirigir a través del espacio las piernas y generar patrones de movimiento específicos.

De acuerdo con lo previsto, esa sustracción eliminó muchas de las áreas motoras básicas del cerebro. Se mantuvo, sin embargo, una

1. LA DANZA es la actividad que requiere mayor sincronización de todas. Los neurocientíficos tratan de descubrir de qué modo se desarrolla y a qué causas obedece.

BENEFICIOS DEL TANGO

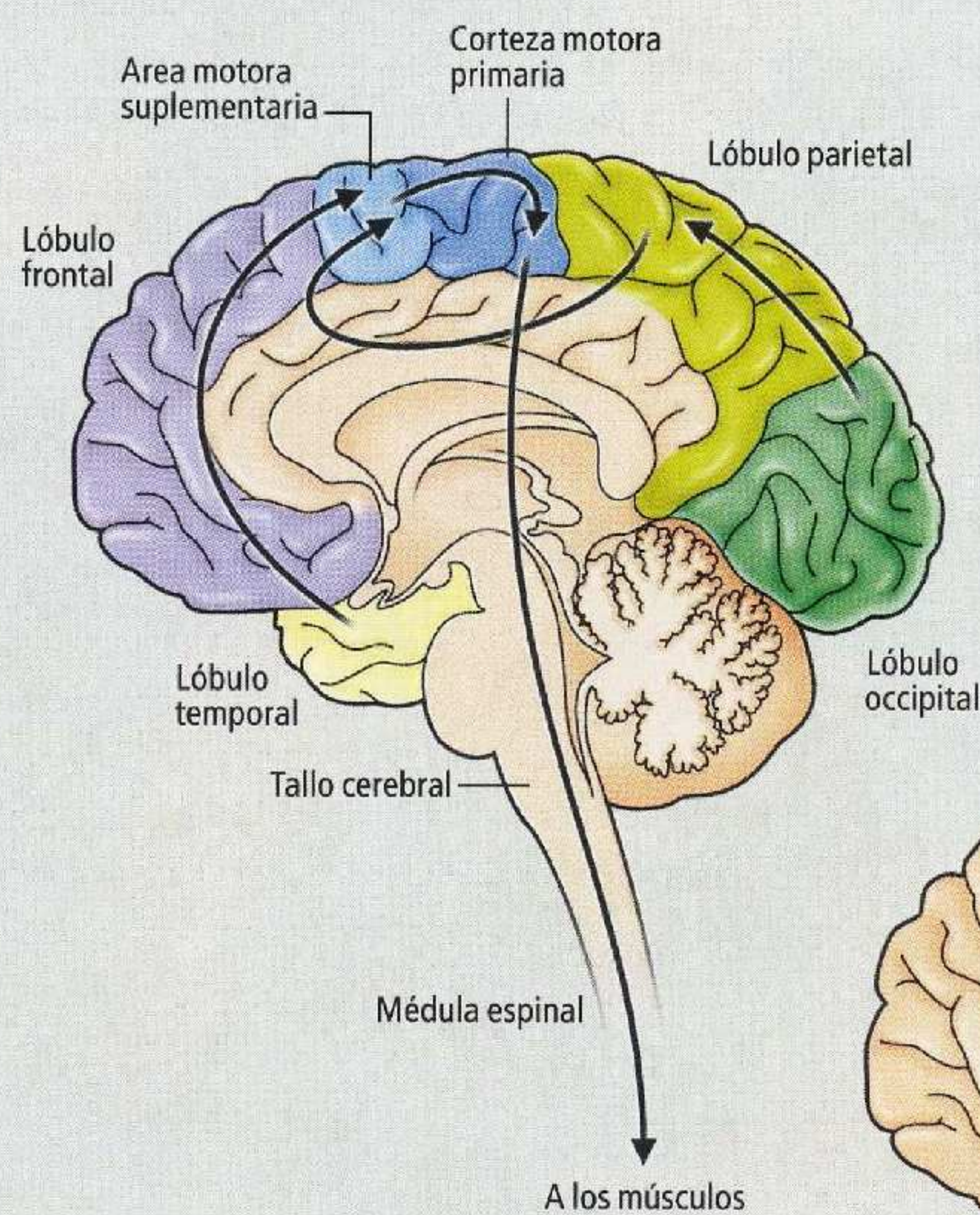
En un estudio publicado en diciembre de 2007, Gammon M. Earhart y Madeleine E. Hackney, de la facultad de medicina de la Universidad de Washington en San Luis, informaban que bailar tango mejoraba la movilidad en pacientes con parkinson. Esta patología se debe a una pérdida de neuronas en los ganglios basales, que interrumpe los mensajes dirigidos a la corteza motora. Quienes la sufren padecen temblores, rigidez y dificultades para iniciar los movimientos que desean.

Se descubrió que, tras veinte clases de tango, los pacientes quedaban agarrotados con menor frecuencia. Comparados con los que habían recibido en su lugar clases de gimnasia, los bailarines de tango demostraron mejor equilibrio y mejores puntuaciones en las pruebas de levantarse y andar ("Get Up and Go"), que miden el grado de inestabilidad y, por tanto, identifican a quienes corren mayor riesgo de caídas.

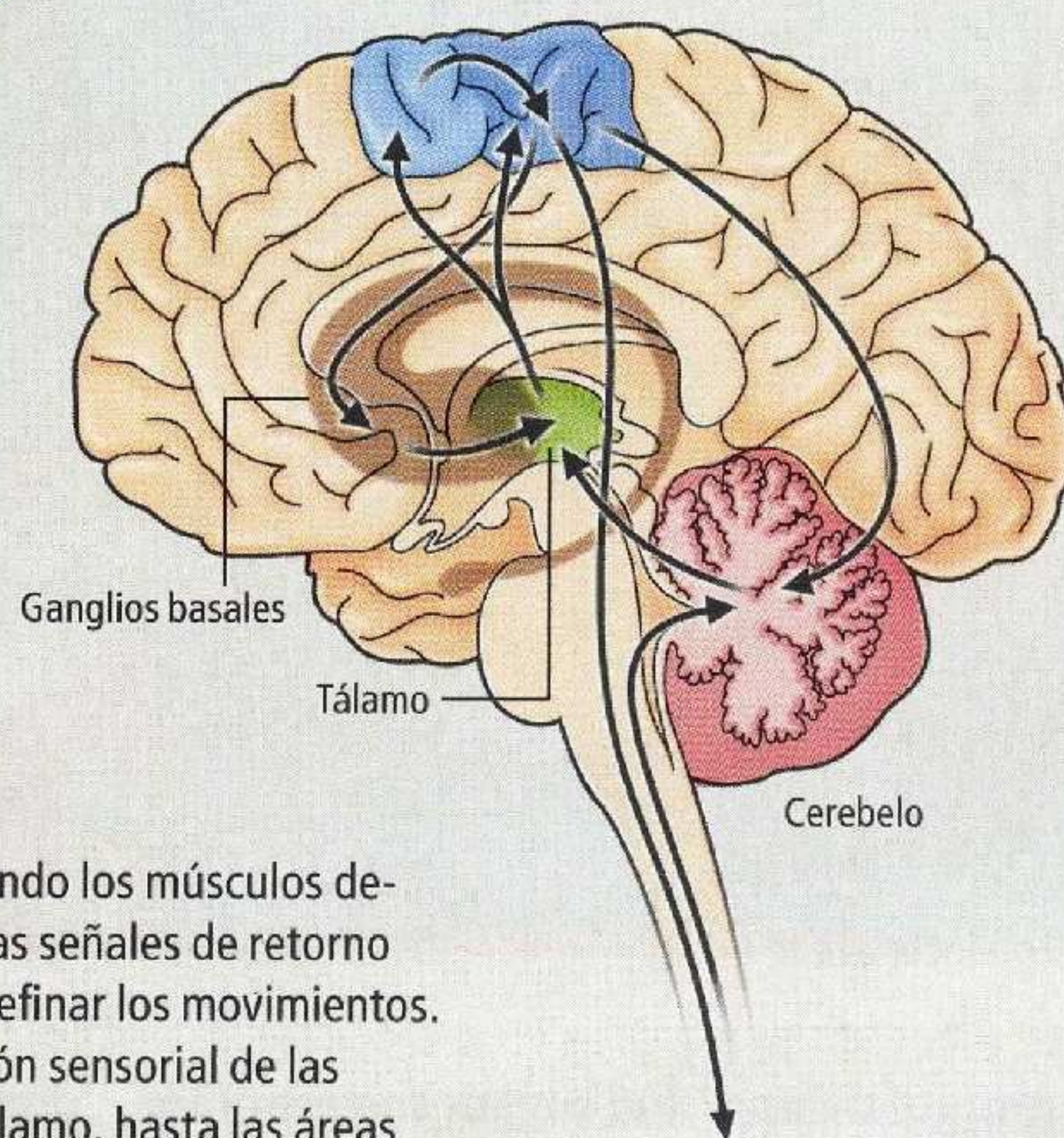


CONTROL CEREBRAL DEL MOVIMIENTO

Para identificar las áreas del cerebro que controlan la danza, lo primero que debemos averiguar es el modo en que el cerebro nos permite, en general, realizar movimientos deliberados. Se presenta aquí una versión simplificada de ese mecanismo motor.



La planificación del movimiento (*izquierda*) se produce en el lóbulo frontal, donde la corteza premotora situada sobre la cara externa (*no visible*) y el área motora suplementaria evalúan las señales (*flechas*) procedentes de cualquier otro lugar, que informan de la posición espacial y del recuerdo de acciones anteriores. Esas dos áreas se comunican luego con la corteza motora primaria, que determina qué músculos deben contraerse y en qué grado, y envía instrucciones a los músculos a través de la médula espinal.



El ajuste fino (*derecha*) tiene lugar, en parte, cuando los músculos devuelven señales al cerebro. El cerebelo utiliza esas señales de retorno para mantener el equilibrio y para sincronizar y refinar los movimientos. Además, los ganglios basales recogen información sensorial de las regiones corticales y la conducen, a través del tálamo, hasta las áreas motoras de la corteza.

parte del lóbulo parietal que contribuye, en humanos y en otros mamíferos, a la percepción espacial y a la orientación. La cognición espacial en la danza es fundamentalmente cinestésica; percibimos la posición del torso y las extremidades en todo momento, incluso con los ojos cerrados, gracias a los órganos sensoriales de los músculos. Tales órganos indexan la rotación de cada articulación y la tensión de cada músculo; transmiten luego esa información al cerebro, que genera en respuesta una representación articulada del cuerpo. En concreto, observamos una activación del precuneo, región del lóbulo parietal muy próxima al lugar donde reside la representación cinestésica de las piernas. Creemos que el precuneo alberga un mapa cinestésico que permite percibir la posición espacial del cuerpo mientras uno se mueve por sus alrededores. Tanto si se baila un vals como si se camina en línea recta, el precuneo ayuda a trazar la trayectoria desde

una perspectiva "egocéntrica", centrada en el propio cuerpo.

A continuación, comparamos las imágenes obtenidas del baile con otras en que los sujetos bailaban tango sin acompañamiento musical. Mediante la eliminación de las regiones cerebrales activadas por las dos tareas, esperábamos descubrir zonas que resultaran esenciales para la sincronización del movimiento con la música. Una vez más, la sustracción descartó las áreas motoras del cerebro. La diferencia principal se producía en la parte del cerebelo que recibe señales de la médula espinal, el vermis anterior. Aunque esa región intervenía en ambas situaciones, el flujo sanguíneo era superior cuando los pasos de baile se sincronizaban con la música que cuando se bailaba a un ritmo de creación propia.

Si bien preliminares, nuestros resultados abonan la hipótesis de que esta parte del cerebelo actúa como un director de orquesta que

controla la información a través de diversas regiones cerebrales para coordinar a todos los músicos [véase "Reconsideración del cerebelo", de James M. Bower y Lawrence M. Parsons; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, octubre de 2003]. El cerebelo en su conjunto satisface todos los requisitos de un buen metrónomo neuronal. Recibe un vasto conjunto de señales sensoriales de los sistemas corticales auditivo, visual y somatosensorial, una capacidad necesaria para provocar movimientos en respuesta a diversos estímulos, ya sean sonoros, luminosos o táctiles; el cerebelo expresa también representaciones sensomotoras del cuerpo entero.

Nuestro segundo análisis aclaró la tendencia humana natural a marcar de forma inconsciente con los pies el ritmo de la música. Al comparar los escanogramas de los dos experimentos (baile con música y baile sin música), descubrimos que, en la parte inferior de la vía auditiva, se iluminaba una estructura subcortical llamada núcleo geniculado medial sólo cuando los bailarines sincronizaban sus movimientos con la música. Al principio, supusimos que se trataba de un simple reflejo de la presencia de un estímulo auditivo (la música). Sin embargo,

otra serie de escanogramas de control nos hizo descartar esa hipótesis: cuando los sujetos escuchaban música, pero no movían las piernas, no detectamos cambios del flujo sanguíneo en el citado núcleo geniculado.

En conclusión, la actividad del núcleo geniculado guarda relación con la sincronización, no con la simple escucha. Este hallazgo nos llevó a formular la siguiente hipótesis: se produce una sincronización inconsciente cuando un mensaje neuronal auditivo se proyecta directamente al circuito de audición y regulación temporal del cerebelo, evitando pasar por áreas auditivas de nivel superior en la corteza cerebral.

¿Sabrías bailararlo?

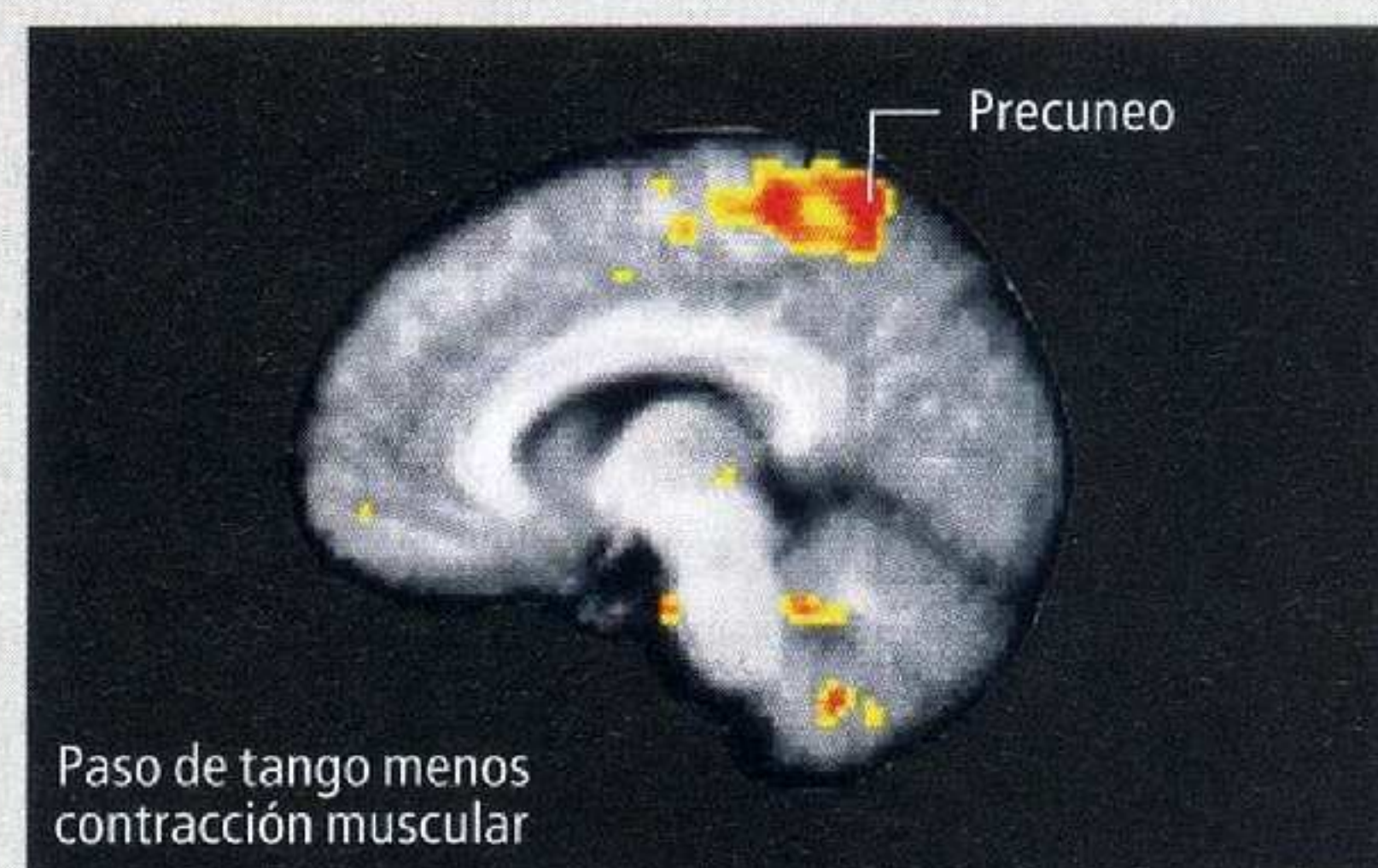
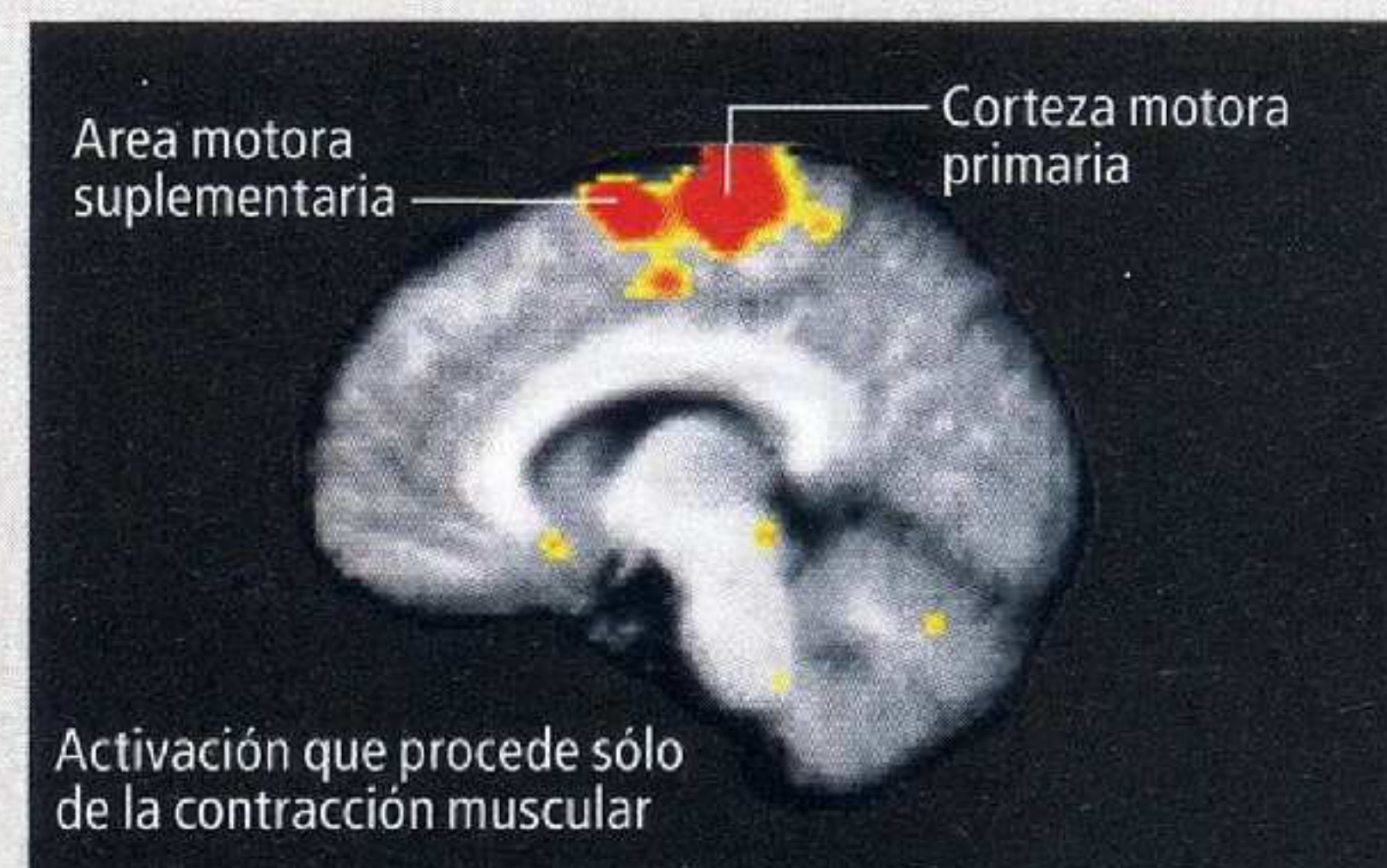
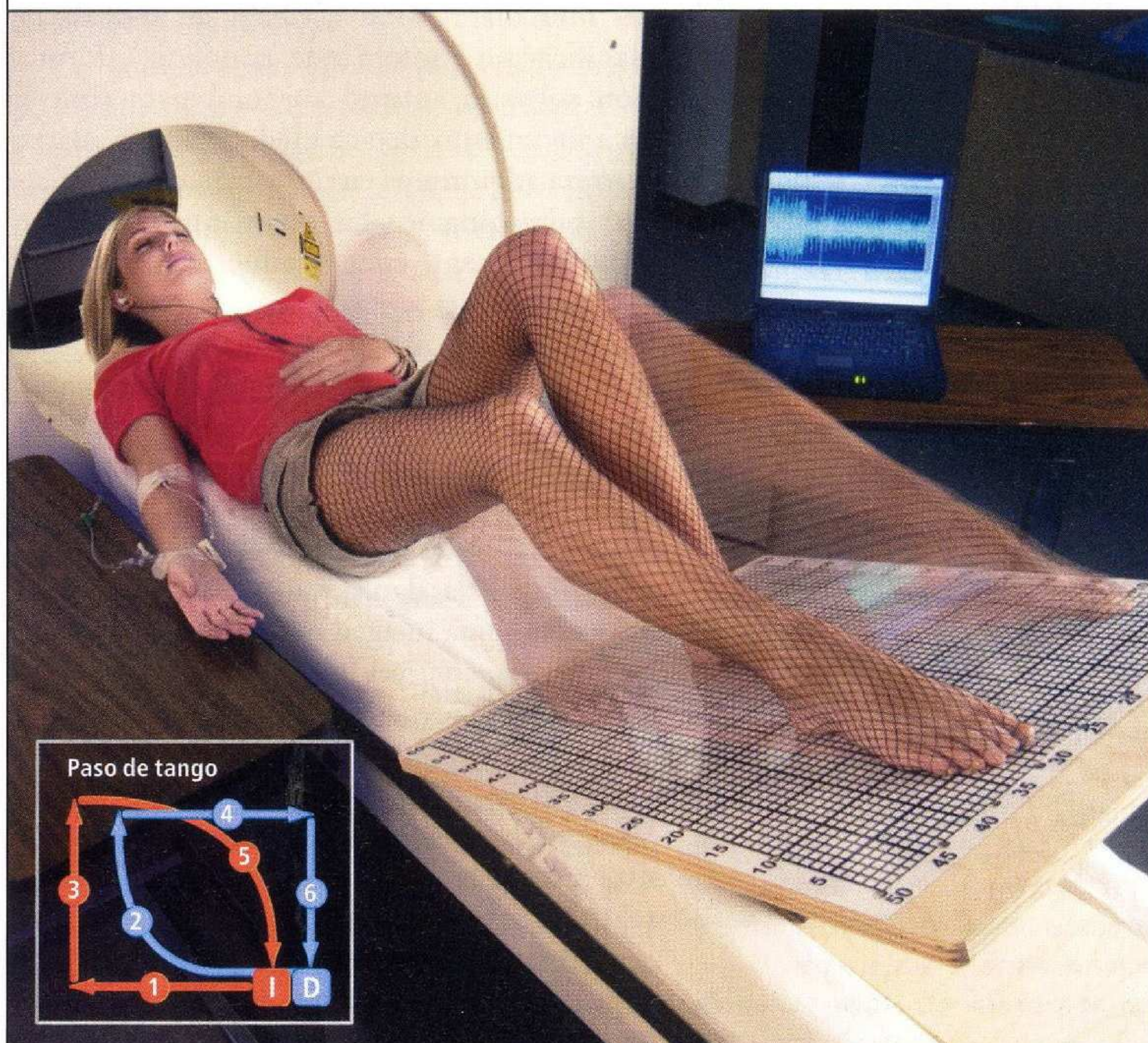
En la observación y el aprendizaje de la danza intervienen otras regiones cerebrales. Beatriz Calvo Merino, Patrick Haggard y sus colaboradores, del Colegio Universitario de Londres, investigaron si ciertas áreas cerebrales se activaban cuando alguien contemplaba la ejecución de un baile que conocía bien. Con ello se proponían averiguar si hay regiones del cerebro de un bailarín de ballet que se activen cuando

Los autores

Steven Brown dirige el NeuroArts Lab en el departamento de psicología, neurociencia y conducta de la Universidad McMaster en Ontario. Centra su investigación en la base neuronal de las comunicaciones humanas: habla, música, gestos, danza y emociones. **Lawrence M. Parsons** es profesor del departamento de psicología en la Universidad de Sheffield. Estudia la función del cerebelo y la neurociencia de la ejecución a dúo, el diálogo y la inferencia deductiva.

JUEGOS DE PIES

Los autores se propusieron localizar las zonas del cerebro implicadas en la danza. Los sujetos de la prueba fueron introducidos en un escáner TEP; tenían la cabeza inmovilizada, pero escuchaban música de tango a través de cascos y podían mover las piernas sobre una superficie inclinada.



La máquina exploró el cerebro en dos situaciones: en una, los bailarines flexionaban las piernas al compás de la música, pero sin moverlas de un lado a otro; en la otra, ejecutaban con las piernas un paso básico de tango (*inserto*), también al ritmo de la música. Al sustraer la actividad cerebral debida a la contracción muscular (*arriba*) de la producida por el paso de tango, quedó "iluminado" el precuneo, una parte del lóbulo parietal (*abajo*).



¿MEJORA EL EQUILIBRIO EL BALLET?

Según Roger W. Simmons, de la Universidad estatal de San Diego, cuando un bailarín de ballet pierde el equilibrio, se endereza con mayor prontitud que los no entrenados, gracias a que sus nervios y músculos responden antes a las alteraciones. Un cerebro que ha aprendido danza actualiza con mayor agilidad la información que recibe del cuerpo.

presencian una coreografía de ballet pero no, por ejemplo, de capoeira (danza afrobrasileña derivada de un arte marcial).

Tomaron imágenes por resonancia magnética de bailarines de ballet, danzantes de capoeira y gente que no sabía bailar, mientras contemplaban videoclips de tres segundos, mudos, de pasos de ballet o movimientos de capoeira. Quedó claro que la maestría influía en la corteza premotora: aumentaba la actividad en esa zona sólo cuando los sujetos observaban danzas que se sentían capaces de ejecutar. Otros trabajos ofrecen explicaciones verosímiles. Se ha descubierto que, al presenciar acciones sencillas, se activan las zonas de la corteza premotora implicadas en la realización de tales acciones, de donde se desprende que reproducimos mentalmente lo que estamos viendo (una práctica que podría facilitar el aprendizaje y la comprensión de movimientos nuevos). Los investigadores examinan hasta qué punto el ser humano depende de esos circuitos de imitación.

En el seguimiento posterior, Calvo Merino y sus colaboradores compararon el cerebro de bailarines de ballet varones y mujeres mientras

contemplaban escenas de bailarines o bailarinas en la ejecución de pasos de danza propios de su género. Una vez más, los mayores niveles de actividad en la corteza premotora correspondían a varones que contemplaban pasos de bailarines y a mujeres que observaban pasos concebidos para bailarinas.

La capacidad de realizar mentalmente un movimiento de danza resulta esencial para el aprendizaje de habilidades motoras. En 2006, Emily S. Cross, Scott T. Grafton y su grupo, del Colegio Dartmouth, pensaron que los circuitos de imitación cerebrales aumentaban su actividad durante el aprendizaje. A lo largo de varias semanas, el equipo realizó escanogramas por resonancia magnética de bailarines que estaban aprendiendo una coreografía compleja de baile moderno. Durante esas sesiones, los sujetos contemplaban grabaciones de cinco segundos sobre pasos de baile que ellos dominaban o bien otros que desconocían. Después de cada proyección, los sujetos puntuaban el nivel de perfección que creían poder alcanzar en la ejecución de los pasos que habían presenciado. Se confirmaron así los hallazgos del grupo de Calvo Merino. La actividad en la corteza premotora aumentaba durante el ejercicio y mostraba una clara correlación con la capacidad del sujeto para bailar el fragmento contemplado.

Lo que ambas investigaciones ponen de relieve es que el aprendizaje de una secuencia motora compleja no activa sólo un sistema motor directo que controla las contracciones musculares, sino también un sistema de planificación motora que contiene información sobre la aptitud corporal para realizar un movimiento determinado. Cuanta mayor destreza adquirimos en un patrón coreográfico, mejor imaginamos las sensaciones asociadas y probablemente menos esfuerzo nos costará ejecutarlo.

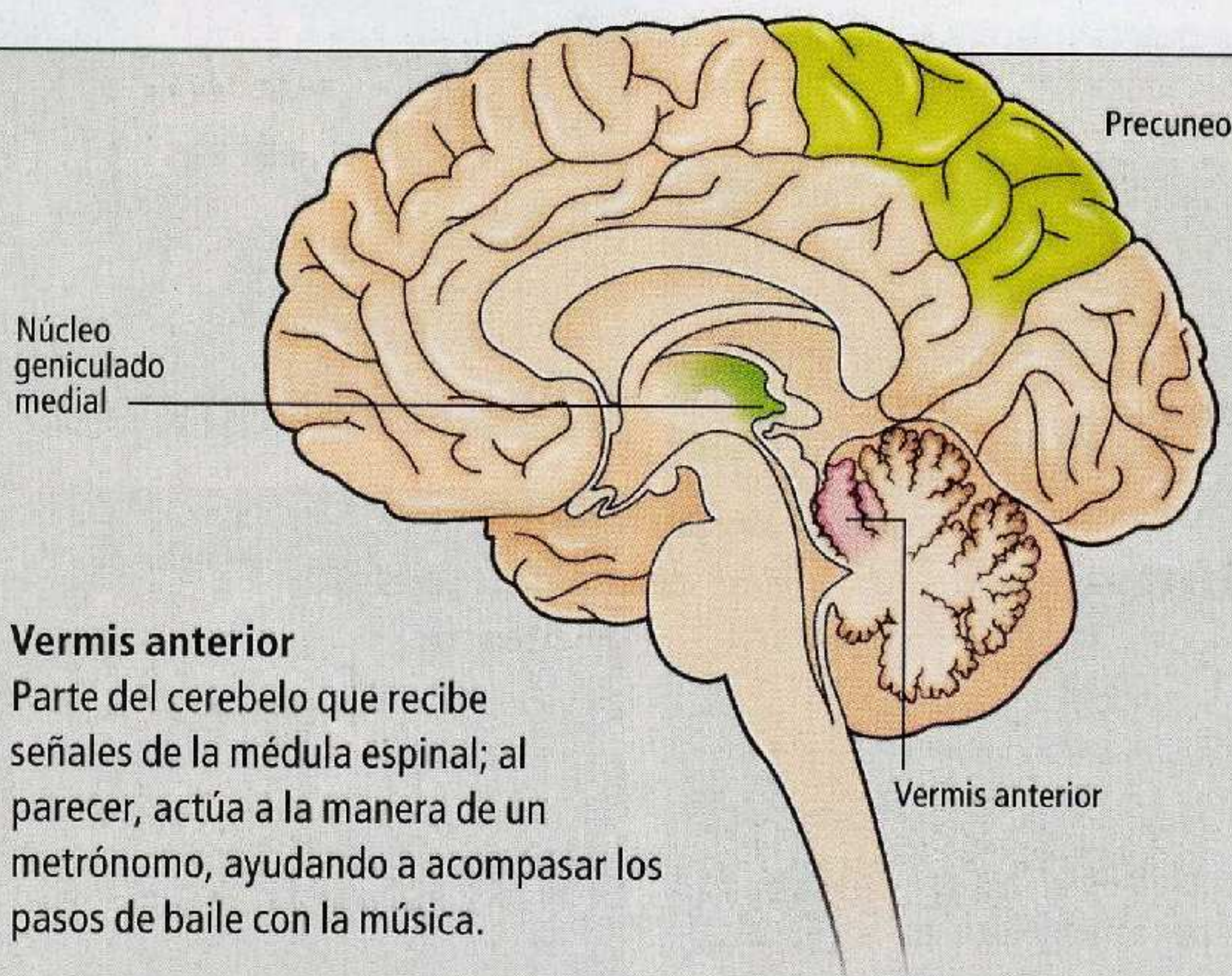
Sin embargo, nuestros trabajos revelan que la capacidad de simular mentalmente una secuencia de danza —o un servicio de tenis o un *swing* de golf— no es simplemente visual, como pudieran sugerir esos análisis, sino también cinestésica. De hecho, el verdadero dominio de la danza exige una percepción muscular y una imagen motora de la secuencia en cuestión, como si fueran reales, en las áreas cerebrales donde se planifica el movimiento.

Función social

¿Por qué bailamos? Acaso sea ésta la cuestión más fascinante. La danza guarda una estrecha relación con la música. En numerosos casos, la danza genera sonido. Los danzarines aztecas visten unas polainas con chachayotes (semillas de ayoyote) que suenan en cada paso. En

COREOGRAFIA MENTAL

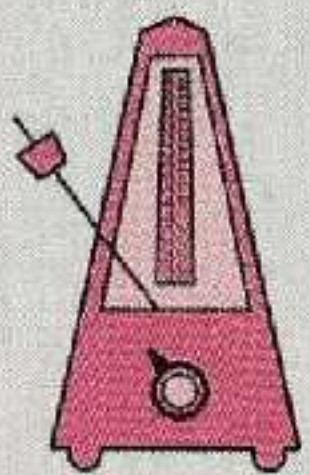
Los autores descubrieron que las siguientes regiones cerebrales contribuyen a la danza; lo hacen de una forma que trasciende la mera ejecución del movimiento.



Núcleo geniculado medial

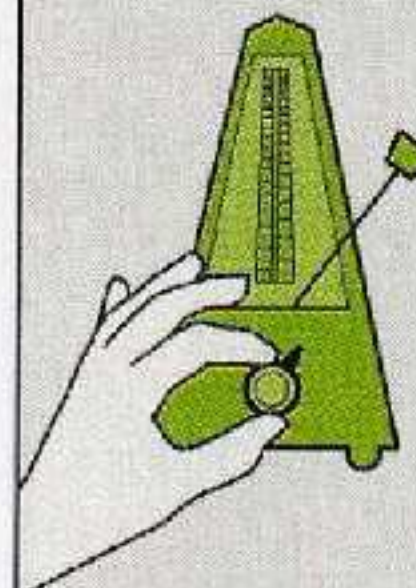
Precuneo

Vermis anterior



Vermis anterior

Parte del cerebelo que recibe señales de la médula espinal; al parecer, actúa a la manera de un metrónomo, ayudando a acompasar los pasos de baile con la música.



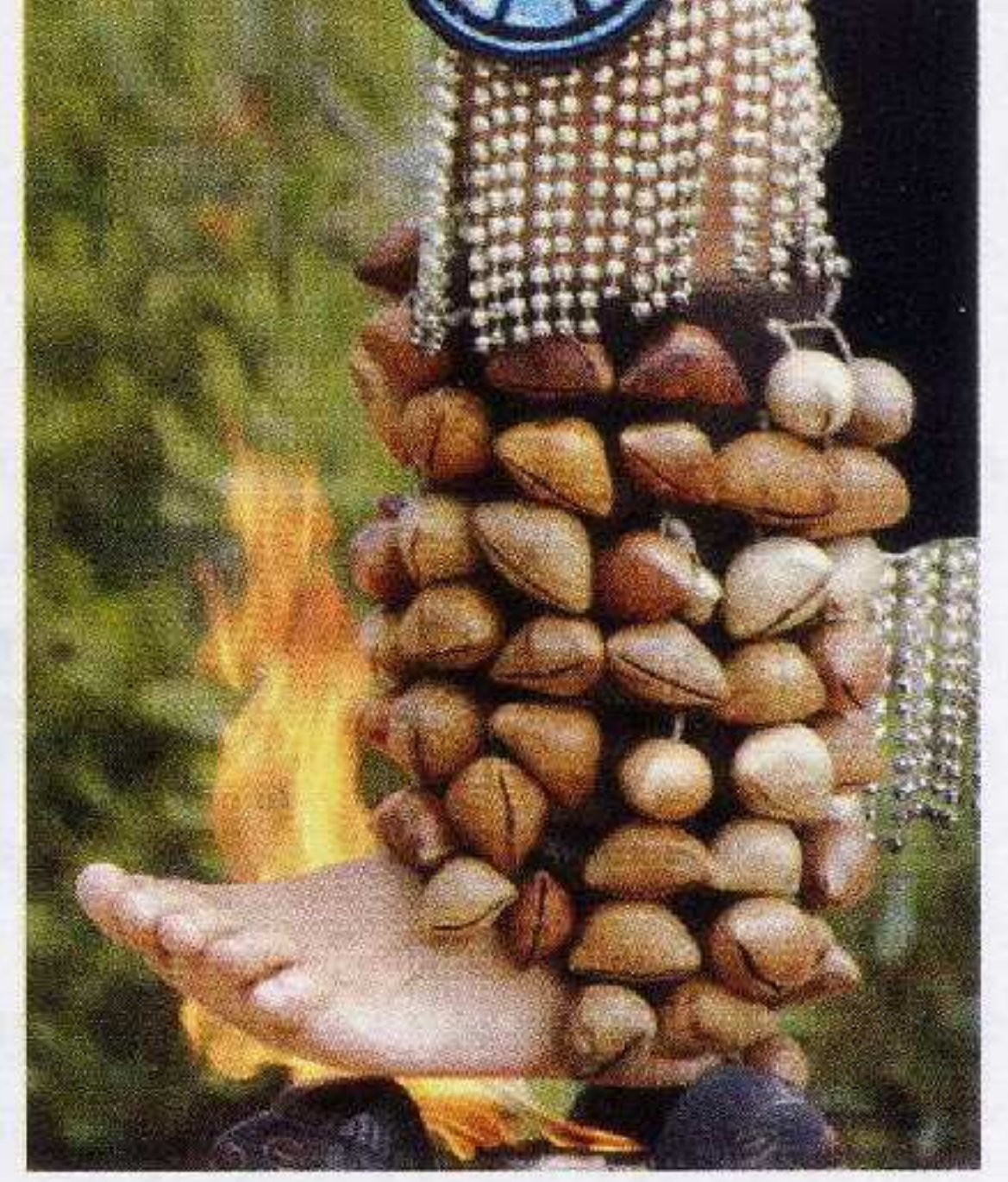
Núcleo geniculado medial

Punto de relevo en la vía auditiva inferior. Parece que facilita el ajuste del metrónomo cerebral y sustenta nuestra tendencia a llevar con pies o cuerpo el ritmo de la música. Reaccionamos de forma inconsciente porque esta región se conecta al cerebelo, comunicándole información básica sobre el ritmo, sin tener que "hablar" con áreas auditivas superiores de la corteza.



Precuneo

Contiene una cartografía sensorial del propio cuerpo; ayuda a trazar la trayectoria de un bailarín desde una perspectiva centrada en el cuerpo, o egocéntrica.



2. LOS DANZARINES AZTECAS de Ciudad de México calzan polainas con chachayotes, unas semillas que resuenan a cada paso (*detalle*). En numerosas culturas, los bailarines llevan en el cuerpo o la ropa objetos que hacen ruido. Es casi seguro que la danza y la música han evolucionado conjuntamente como formas de generar ritmo. Pero la danza transmite ideas con mayor claridad que la música; probablemente la danza constituyó una forma primitiva de lenguaje.

muchas otras culturas, la gente lleva encima objetos que hacen ruido al bailar, como palillos, cuentas o castañuelas. Palmeos, zapateos y chasquidos de dedos son también frecuentes. Por todo ello, proponemos una hipótesis de “percusión corporal”: la danza comenzó siendo un fenómeno sonoro; luego, danza y música (sobre todo la de percusión) siguieron una evolución conjugada como formas complementarias de crear ritmo. Los primeros instrumentos de percusión pudieran haber sido parte de los atavíos danzantes, no muy distintos de los chachayotes aztecas.

En comparación con la música, la danza posee una mayor capacidad de representación e imitación. Ello sugiere que quizá constituyó una forma primitiva de lenguaje. De hecho, la danza vendría a ser la quintaesencia del lenguaje de signos. Cabe señalar que, durante todo nuestro estudio sobre el movimiento, observamos que se activaba una región del hemisferio derecho correspondiente al área de Broca del hemisferio izquierdo. El área de Broca constituye una parte del lóbulo frontal que clásicamente se asocia a la producción del habla. En el decenio pasado se descubrió que esa zona contiene también una representación de las manos.

El hallazgo refuerza la teoría gestual de la evolución del lenguaje. Los partidarios de la misma sostienen que el lenguaje evolucionó a partir de un sistema de gestos inicial hasta adquirir expresión vocal. Nuestro trabajo demuestra que el movimiento de las piernas activa la región del hemisferio derecho homóloga al área de Broca, lo que refuerza la hipótesis de que la danza comenzó siendo una forma de comunicación.

¿Qué función podría desempeñar en la aptitud para la danza el área homóloga a la de Broca? La respuesta no parece afectar directamente al habla. En 2003, Marco Iacoboni, de la Universidad de California en Los Angeles, y sus colaboradores aplicaron estimulación cerebral magnética para interrumpir la función del área de Broca o de su homóloga. En uno y otro caso, los sujetos tratados mostraron mayor dificultad para imitar movimientos digitales con su mano derecha. Dedujeron que esas áreas eran esenciales para la imitación, facultad imprescindible para el aprendizaje y la transmisión de la cultura.

Nosotros presentamos otra hipótesis. Aunque nuestro estudio no incluyera movimientos propiamente imitativos, la ejecución de pasos de tango y la imitación de movimientos digitales exigen que el cerebro ordene la realización de series complejas de movimientos interdependientes. Igual que el área de Broca desempeña una función esencial en la sintaxis del lenguaje, podría también servir para encadenar unidades de movimiento en coreografías.

Esperamos que las futuras investigaciones basadas en técnicas de formación de imágenes arrojen luz sobre los mecanismos cerebrales que subyacen bajo la danza y su evolución, profundamente relacionada con la aparición del lenguaje y de la música. Consideramos que en la danza confluyen la capacidad representativa del lenguaje y el carácter rítmico de la música. Esa interacción nos permite contar relatos utilizando la expresión corporal y sincronizar nuestro movimiento con el de los demás de una manera que favorece la cohesión social.

Bibliografía complementaria

ACTION OBSERVATION AND ACQUIRED MOTOR SKILLS: AN FMRI STUDY WITH EXPERT DANCERS. Beatriz Calvo Merino, Daniel E. Glaser, Julie Grèzes, Richard E. Passingham y Patrick Haggard en *Cerebral Cortex*, vol. 15, n.º 8, págs. 1243-1249; agosto de 2005.

BUILDING A MOTOR SIMULATION DE NOVO: OBSERVATION OF DANCE BY DANCERS. Emily S. Cross, Antonia F. de C. Hamilton y Scott T. Grafton en *Neuroimage*, vol. 31, n.º 3, págs. 1257-1267; 1 de julio de 2006.

THE NEURAL BASIS OF HUMAN DANCE. Steven Brown, Michael J. Martínez y Lawrence M. Parsons en *Cerebral Cortex*, vol. 6, n.º 8, págs. 1157-1167; agosto de 2006.

SEEING OR DOING? INFLUENCE OF VISUAL AND MOTOR FAMILIARITY IN ACTION OBSERVATION. Beatriz Calvo Merino, Daniel E. Glaser, Julie Grèzes, Richard E. Passingham y Patrick Haggard en *Current Biology*, vol. 16, n.º 19, págs. 1905-1910; 10 de octubre de 2006.