

1.2 Neurobiología de las decisiones

1.2.1 Regiones cerebrales clave y sus interrelaciones

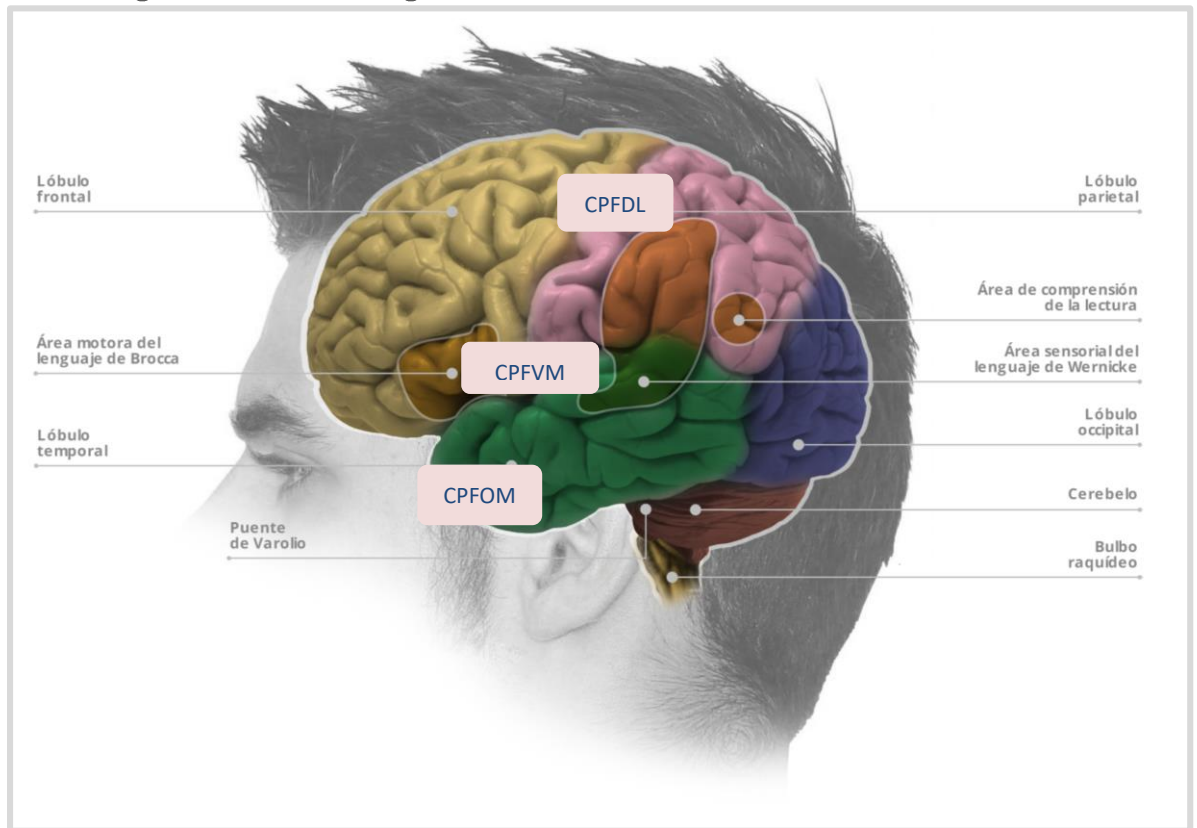
Cualquier modelo neurológico de toma de decisiones necesita responder a tres cuestiones cruciales:

- ¿Cómo son las valoraciones subjetivas de las opciones aprendidas, almacenadas y representadas?
- ¿Cómo es implementada en el circuito motor?
- ¿Cómo es, luego, la acción elegida entre las opciones?

Intentaremos responder a estas inquietudes, pero primero es clave aclarar cuáles son las regiones involucradas para decidir. Todas ellas desempeñan roles diferentes no sólo en los tres grandes momentos del proceso de decisión, sino también en los casos de salud y enfermedad, por lo que una persona sana no emplea los mismos sistemas que alguien que sufre alguna enfermedad. Estas cinco regiones son:

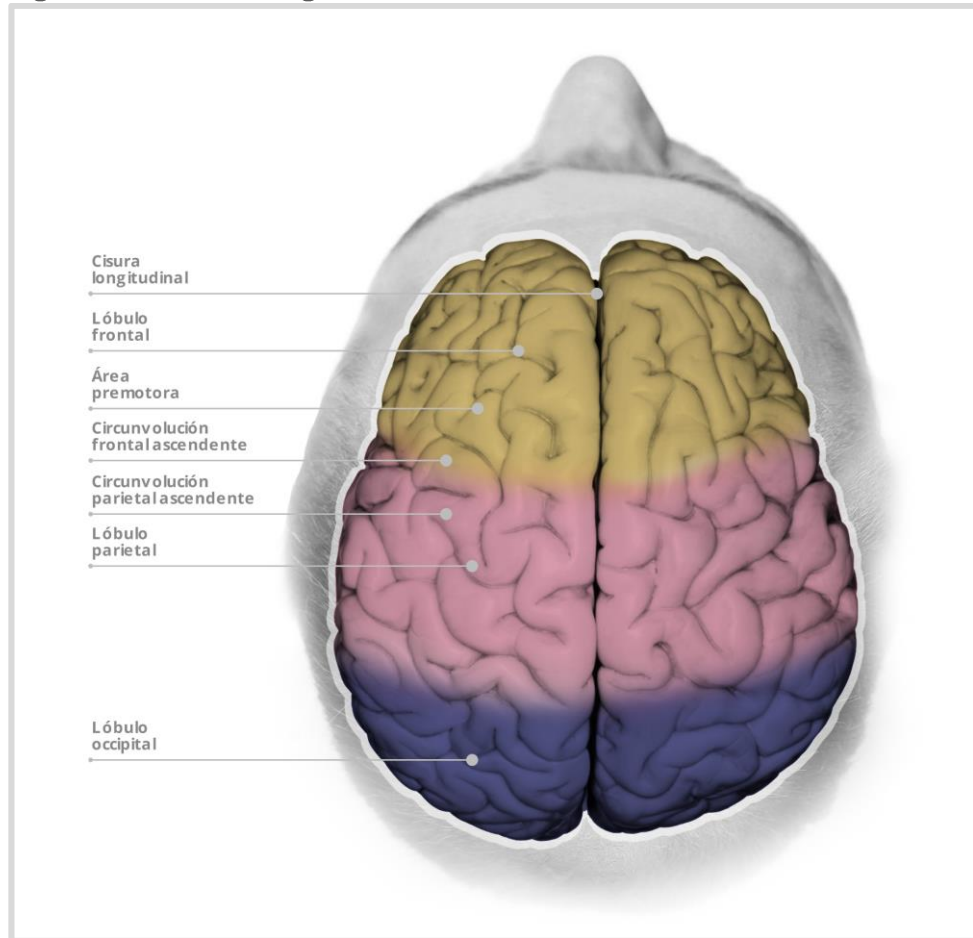
- CPFVM (corteza prefrontal ventromedial).
- COFM (corteza orbitofrontal medial).
- CPFDL (corteza prefrontal dorsolateral).
- NA (núcleo amigdalino).
- COE (cuerpo optoestriado).

Figura 4: Localización general



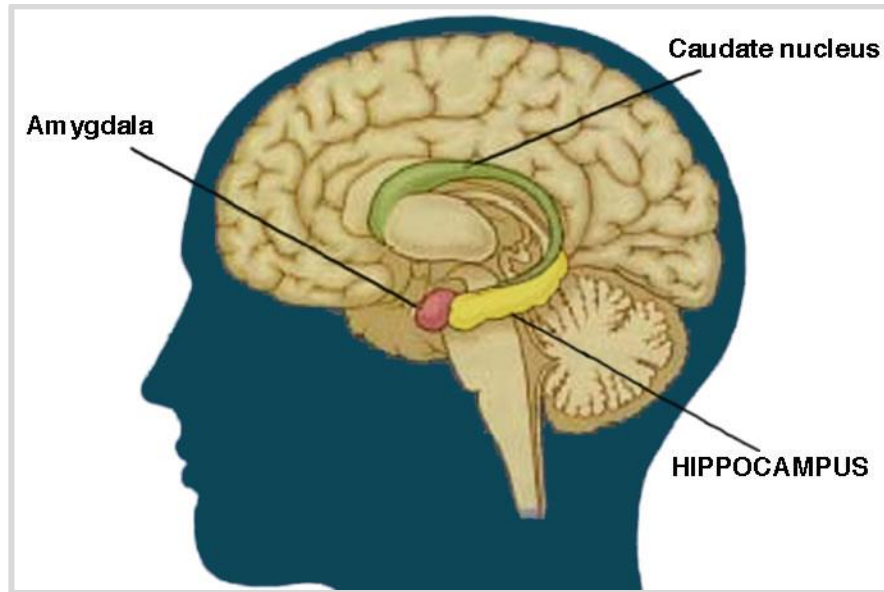
Fuente: [Imagen intitolada sobre deformación]. 2010. Adapatada de Investigacion de alzheimer Recuperada de <http://goo.gl/B3iCpp>

Figura 5: Localización general



Fuente: [Imagen intitulada sobre deformación]. 2010. Adaptada de Investigación de alzheimer. Recuperada de <http://goo.gl/B3iCpp>

Figura 6: Hipocampo



Fuente: Neuropsiques (s.f.). Recuperado de <http://goo.gl/Q3Rkb6>

Decidir tiene tres claros momentos. Se trata de tres pasos secuenciales que no sólo ocurren en el deporte, sino en la vida en general:

- **Valoración:** también llamada tasación multicomportamental, es implementada por la **corteza ventro-medial prefrontal** asociada al striatum.
- **Elección:** ésta es implementada en la **corteza prefrontal lateral** y las **áreas parietales** y supone la opción misma.
- **Acción:** es la implementación final que promueve el movimiento y sus correlatos son los menos conocidos.

Por su parte, el **núcleo amigdalino** procesa los estados somáticos a partir de eventos emocionales y procesa el miedo.

Diagrama anatómico del cerebro humano que muestra las principales áreas funcionales y sus conexiones. El cerebro está dividido en lóbulos coloreados: frontal (verde), parietal (azul), temporal (naranja) y occipital (amarillo). Se destacan áreas como la corteza prefrontal, la corteza somatosensorial primaria, la corteza auditiva primaria, la corteza visual, la corteza motora del lenguaje (área de Broca), la corteza motora del lenguaje (área de Wernicke), la corteza motora del lenguaje (área de Broca), la corteza motora del lenguaje (área de Wernicke), la corteza motora del lenguaje (área de Broca), la corteza motora del lenguaje (área de Wernicke). Se muestran también conexiones como la vía motora (rojo) y la vía sensorial (verde).

El modelo neurofisiológico aspira a explicar cómo las alternativas son generadas y cómo finalmente optamos. Este proceso consta de los siguientes pasos:

- ### 1.2.2 Etapas decisionales y sus correlatos neurales

Los marcadores decisionales integran las varias dimensiones de una opción en un solo valor subjetivo y luego se escoge la opción más valiosa: es la **consideración subjetiva del valor**. Aquí participan la CPFVM (corteza prefrontal ventromedial) y el striatum.

Se ha verificado que en primates las neuronas diferenciales disparan en tres situaciones diferentes. Los correlatos en seres humanos no son

exactamente iguales que en los monos, aunque sí muy parecidos. Estas tres situaciones son:

1. *La valoración subjetiva*: esta interviene para decidir la utilidad entre ofertas.
2. *De testeo*: las neuronas diferenciales se activan al probar opciones.
3. *De elección*: estas células nerviosas se estimulan al decidir.

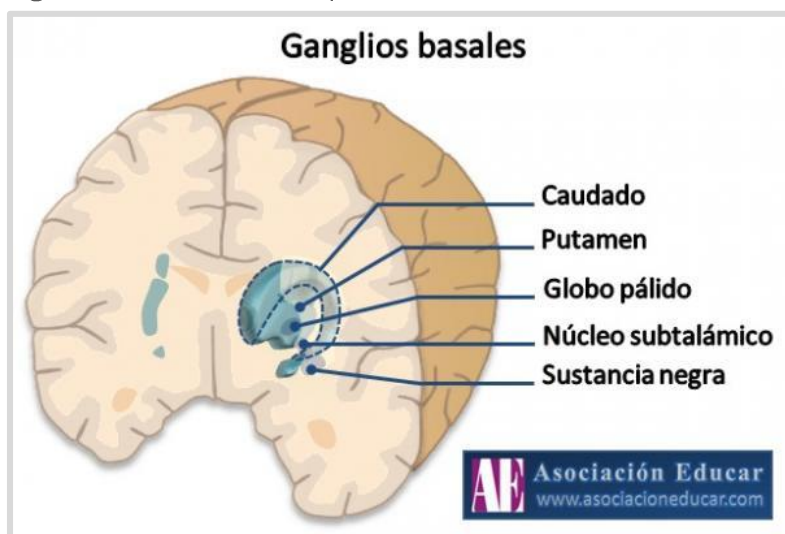
Importancia de la CPFVM

Los daños en la corteza prefrontal ventromedial promueven profundas alteraciones en la capacidad de tomar decisiones:

- Personales.
- Sociales.
- Emocionales.
- Deportivas.
- Financieras.

La función esencial de la CPFVM es ligar el control del estado visceral y propioceptivo al proceso de toma de decisiones y afectivo (opera como un nexo). Las lesiones tanto en CPFVM alteran profundamente el mecanismo general de toma de decisiones y prácticamente todos los aspectos susceptibles de ser decididos sufren alteraciones. La corteza prefrontal ventromedial y la corteza orbitofrontal medial promueven los estados somáticos a partir de eventos emocionales internos, como recuerdos y cognición. El hecho de sopesar las consecuencias de las decisiones que fuésemos a tomar depende de la corteza prefrontal, pero el considerar las posibilidades de opción depende de la amígdala.

Figura 8: Striatum o cuerpo estriado



Fuente: Asociación Educar (s.f.). Recuperado de <http://goo.gl/gExW3M>

Striatum o cuerpo estriado.

Comparte funciones claves en el procesamiento de los movimientos automáticos, es decir, de aquellos en los que no sopesamos ni valoramos. También representa los valores subjetivos de las opciones. Encontramos aquí tres categorías de neuronas que actúan en secuencia:

- A. neuronas de valoración de acción;
- B. neuronas de elección;
- C. neuronas de ejecución de la elección, las cuales producen una respuesta categórica cuando una acción particular es elegida.

Estas últimas se activan más tarde, al momento de la recompensa. Es notable la cantidad de funciones del cuerpo optoestriado y su rol clave en los automatismos. Un mecanismo común que subyace tanto en CPFVM como en striatum es la acción de la **dopamina**. Las neuronas dopaminérgicas en el cerebro medio proyectan tanto a la CPFVM como al striatum. La experiencia pasada es la fuente más importante de información para la valoración subjetiva y esta información repercute directamente en la valoración de las opciones, lo cual va a influir en futuras situaciones semejantes. Prácticamente, el striatum y su papel de conector es crucial: conecta las señales somáticas periféricas con células que producen péptidos, tales como la dopamina, la serotonina, la noradrenalina y la acetilcolina. La conexión es: **periferia-tálamo-striatum-células productoras de péptidos**. Recordemos que la dopamina está involucrada como principal actor en los mecanismos de recompensa y es una hormona que repercute directamente sobre el deseo de repetir o no.

Etapa II: Elección

Esta etapa implica escoger una opción en función de un valor para luego pasar a la corteza motora e implementarla. Se involucra: la corteza frontal parietal, la corteza parietal lateral, la corteza premotora, el área motora suplementaria y la corteza motora, lo que indica una estrategia basada en numerosos actores.

Cada sistema tiene **exclusividad valorativa**; así, los diferentes sistemas codifican el mismo valor para las mismas acciones de diferente manera. Si codifican diferentes valores para las mismas acciones, esas diferencias puedan llevar a conclusiones divergentes acerca de la acción que se deberá seguir, sobre todo a nivel de las consecuencias relativas, si se sufrieron lesiones o disfunciones cerebrales.

Si una de las zonas encargadas de elegir la mejor opción se daña, la posibilidad de codificar los valores de las opciones a elegir se verá afectada. Aunque parezca extraño, quienes consumen drogas y quienes no lo hacen, por ejemplo, no solicitan los mismos correlatos neurales. Quienes no consumen tienden a utilizar dos cortezas, a saber: la CPFVM y la CPFDL (sobre todo la VM); en cambio, quienes consumen drogas, emplean mayormente la CPFOM derecha, mientras que los bipolares activan más el lóbulo temporal y occipital.

Un estudio clave (Ernst, 2002) sobre correlatos del proceso decisional muestra las diferencias entre personas adictas y quienes no lo son.

Los no adictos activan:

1. Corteza orbitofrontal medial;
2. Corteza prefrontal ventromedial;
3. Corteza cingulada anterior adyacente;
4. Corteza prefrontal dorsolateral;
5. Lóbulo de la ínsula;
6. Corteza parietal inferior adyacente;

Mientras que, las personas afectadas por el uso de drogas, en cambio, emplean diferentes zonas:

1. Mayor actividad de la corteza orbitofrontal medial derecha;
2. Menor actividad de la corteza dorsolateral derecha prefrontal;
3. Menor actividad de la corteza prefrontal ventromedial;
4. Menor actividad frontal superior, que forma parte de la corteza dorsolateral.

1.2.3 Decisiones y estados emocionales

Existen tres teorías citadas por Damasio (Damasio, 2006), sobre el rol de las emociones en el proceso de toma de decisiones:

- **Riesgo como sentimiento:**
 - La corteza no interviene en situaciones de riesgo.
 - El miedo, las amenazas o la ansiedad influyen en las decisiones.
 - La valoración es emocional.
- **Afecto anticipatorio:**
 - El afecto ocurre cuando anticipamos, no en la decisión misma.
 - Cuando anticipamos respuestas, experimentamos emociones.
- **Fuerza de la red emocional:**
 - La red de respuesta emocional predice cuándo un consumidor va a elegir un producto.

1.2.4 Tres dimensiones de sistemas según las decisiones

Emergen tres posibilidades claras y distintas:

- **Sistemas pavlovianos:** estos sistemas contemplan el estudio de las aproximaciones simples entre estímulos y respuestas.
- **Sistemas de habituación:** estos suponen relaciones entre estímulos y respuestas que no se adaptan rápidamente a los cambios, a las contingencias o la devaluación de las recompensas.
- **Sistemas dirigidos a un objetivo (goal directed systems):** las relaciones entre estímulos y respuestas se adaptan rápidamente a las contingencias y la devaluación de las recompensas.

Frente a las tres posibilidades nos preguntamos: ¿existe una posibilidad superadora del último modelo? ¿Puede la teoría de los sistemas dinámicos aportar aspectos diferenciales?

Referencias

Arthur C. Guyton, J. E. (2006). Tratado de Fisiología Médica. 11ª Edición. Barcelona: Elsevier.

Asociación Educar (2015). <http://www.asociacioneducar.com/>.

Baddeley, A. (1983). Working memory. Oxford .

Bañuelos, F. S. (1990). Didactica de la Educacion Fisica y el Deporte. Madrid: Gymnos.

Bermeosolo, J. (2012). Working memory and procedural memory in Specific Learning and Language Difficulties: some finding. Revista Chilena de Fonoudiologia, 18.

Boulch, J. L. (1989). El deporte educativo; psicokinetica y aprendizaje motor. Buenos Aires: Paidos.

Boulche, J. L. (2002). Hacia una ciencia de movimiento humano. Barcelona: Paidotribo.

Corraze, J. (1988). Bases neuro-psicologicas del movimiento. Barcelona: Paidotribo.

Cratty, B. (1974). Motricidad y psiquismo. Madrid: Miñon.

Damasio, A. (2006). El error de descartes. Buenos Aires: Critica.

Damasio, A. (2007). En busca de Spinoza. Barcelona: Critica.

Davids, K., Button, C., & Bennett, S. (2008). Dynamics of skill acquisition. Canada: Human Kinetics.

Desarrollo y aprendizaje motor. (2009). Cordoba, Cordoba, Argentina: IPEF

Di Santo, A. (2016). Sistema Sensorial [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). "Influencia de Antonio Damasio" [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Eferencia central [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.

Di Santo, M. (2015). Imagen del movimiento [Grabado por N. Acosta]. Córdoba, Córdoba, Argentina.

- Di Santo, M. (2015). Pensando en movimiento [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (2015). Programacion neuromotora [Grabado por N. Acosta]. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Di Santo, M. (14 de octubre de 2015). Toma de desicion y logica motriz. Cordoba, Cordoba, Argentina.
- Digby , E., & Khan, M. (2010). Vision and goal-directed movement. Canada: Human Kinetics.
- Domjan, M. (2009). Principios de aprendizaje y conducta. Madrid: Rogar.
- Eccles, J. (1994). How the Self Controls Its Brain. Australia: Springer-Verlag.
- Ernst, M. (2002). Neural Systems and Cue-Induced Cocaine Craving. <http://www.nature.com/npp/journal/v26/n3/full/1395814a.html>, 7.
- Etchepareboda, M., & Abad-Mas, L. (2010). <http://www.lafun.com.ar/>.
- Fairbrother, J. (2010). Fundamentals of motor behavior. Canada: Human Kinetics.
- Gardiner, P. (2011). Advanced neuromuscular exercise physiology. Canada: Human kinetics.
- Grosser, M. (1988). Principios del entrenamiento deportivo. España: Martinez Roca.
- Guyton, C., & Hall, J. (2006). Tratado de fisiologia medica. Barcelona: Elsevier.
- Jeanne, L., & Seidler, R. (2011). Age differences in callosal contributions to cognitive processes <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3137668/>
- Kandel, E. (1997). Neurociencia y Conducta. Madrid: Prentice Hall.
- Kurt , M., & Günter, S. (1987). Teoria del movimiento; motricidad deportiva. Buenos Aires: 1987.
- Lacey, S., & Lawson, R. (2013). Multisensory imagery. New York: Springer.
- Latash, M. (2008). Neurophysiological basis of movement (2 ed.). Estados Unidos: Human Kinetics.
- Latash, M. (2012). Fundamentals of motor control. Estados unidos: AP.
- Loyber, I. (1988). Funciones motoras del sistema nervioso. Cordoba: El Galeno.

- Loyber, I. (2012). Funciones motoras del sistema nervioso. Cordoba: El Galeno.
- Loyber, I. (2012). Introduccion a la fisiologia del sistema nervioso. Cordoba: El Ganelo.
- Luria, A. (1973). The working brain, and intoduction to neuropsychology. Londres: Penguin Books.
- Mark, L. (2008). Synergy. Inglaterra : Oxford University.
- Munuera, A. J., Tallens, I. P., Pertegaz, N. C., & Munuera., F. C. (2003). Educación física. Sevilla: Mad.
- Neumaier, A. (2002). Entrenamiento de la tecnica. Barcelona: Paidotribo.
- Cardinali, D. (2007). Neurociencia aplicada: sus fundamentos. Buenos Aires: Panamericana.
- Pérez, L. M. (1994). Deporte y aprendizaje. Madrid: Visor.
- Purves, D. (2007). Neurociencias. Buenos Aires: Panamericana.
- Rachel, S., Jin, B., & Anguera, J. (2013). Neurocognitive Contributions to Motor Skill Learning: The Role of Working Memory <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3534841/>.
- Richard, S., & Timothy , L. (2014). Motor learning and performance. Canada: Humanic Kinetics.
- Richardson, J. (1996). Working memori and human cognition. Oxford: Oxford University.
- Rigal, R. (1979). Motricidad Humana. Madrid: Pila Teleña.
- Ripoll, R. D. (2014). Nuerociencia cognitiva. Madrid: Panamericana.
- Roger M, E. (2008). Neuromechanics of human movement. Canada: Human Kinetics.
- Ruiz Perez, L. (1994). Deporte y Aprendizaje. Visor: Madrid.
- Snell, R. (1999). Neuroanatomia. Cuarta Edicion. Buenos Aires: Panamericana.
- Stefano, T. (2009). Neurociencias y deportes. Barcelona: Paidotribo.
- Suárez, G. R., Rodríguez, G. A., Ramos, J. A., Trujillo, J. O., & Silva, W. R. (2013). Aprendizaje motor, precisión y toma de decisiones en el deporte. Antioquia: Funámbulo editores - Universidad de Antioquia.
- Tamorri, S. (2004). Neurociencia y deporte. Barcelona: Paidotribo.

Tamorri, S. (2004). Neurociencia y deporte. Psicología deportiva procesos mentales del atleta. Barcelona: Paidotribo.

Weineck, J. (2006). Entrenamiento total. Barcelona: Paidotribo.

Zhou. (2000). El entrenamiento cruzado: una posibilidad del mantenimiento de la forma ante lesiones unilaterales. Medicina Esport, 15.