



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS (NEUROBIOLOGÍA)**

**EFFECTO DE LA ESTIMULACIÓN EMOTIVA EN EL APRENDIZAJE MOTOR**

MONOGRAFÍA  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
**MAESTRA EN CIENCIAS**

PRESENTA:  
**Karla Viridiana Chávez Pascacio**

TUTOR PRINCIPAL

Israel Vaca Palomares, Facultad De Psicología, UNAM

COMITÉ TUTOR

Dra. Sofía Yolanda Díaz Miranda, Instituto de Neurobiología, UNAM  
Dr. Sarael Alcauter Solórzano, Instituto de Neurobiología, UNAM  
Dr. Roberto Emmanuele Mercadillo Caballero, Universidad Autónoma  
Metropolitana  
Dr. Juan Fernández Ruiz, Facultad de Medicina, UNAM  
Dra. Azalea Reyes Aguilar, Facultad de Psicología, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO, ENERO 2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# ÍNDICE

APÉNDICE A: Lista de figuras .....	1
APÉNDICE B. Lista de tablas .....	2
RESUMEN .....	3
ABSTRACT .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
1. ANTECEDENTES .....	6
1.1 APRENDIZAJE .....	6
1.2 APRENDIZAJE MOTOR .....	7
1.3 COMPONENTES DEL APRENDIZAJE MOTOR.....	8
1.3.1 Extracción de la información.....	8
1.3.2 Decisiones y estrategias .....	8
1.3.3 Tipos de control motor.....	8
1.4 MODELOS INTERNOS.....	9
1.5 COMPONENTES DEL MODELO INTERNO.....	10
1.6 TIPOS DE APRENDIZAJE MOTOR .....	10
1.6.1 APRENDIZAJE MOTOR BASADO EN EL ERROR.....	11
1.6.2 APRENDIZAJE MOTOR BASADO EN LA ESTRATEGIA .....	11
1.7 ADAPTACIÓN MOTORA .....	12
1.8 BASES NEURALES DEL APRENDIZAJE MOTOR .....	13
1.8.1 ÁREAS SUBCORTICALES .....	13
1.8.2 CEREBELO .....	16
1.8.2 ESTRUCTURAS CORTICALES.....	21
1.9 EMOCIÓN Y APRENDIZAJE .....	23
1.10 EMOCIONES.....	23
1.11 TEORÍAS DE LA EMOCIÓN .....	24
1.11.1 TEORÍA DE LA EVALUACIÓN .....	25
1.11.2 TEORÍA DE LA CATEGORÍA.....	26
1.11.3 TEORÍA DE LA DIMENSIÓN .....	27
1.11.4 TEORÍA BIFÁSICA DE LA EMOCIÓN .....	28
1.12 SISTEMA INTERNACIONAL DE IMÁGENES AFECTIVAS.....	29
1.12.1 ESPACIO AFECTIVO DEL IAPS.....	32

1.13 BASES NEURALES DE LA EMOCIÓN .....	33
2. JUSTIFICACIÓN.....	40
3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	40
4. OBJETIVO GENERAL.....	40
5. OBJETIVOS PARTICULARES .....	40
6. METODOLOGÍA.....	40
7. RESULTADOS .....	46
7.1 EXPERIMENTOS QUE MUESTRAN EVIDENCIA SOBRE EL EFECTO DE LAS EMOCIONES EN EL APRENDIZAJE MOTOR .....	46
8. DISCUSIÓN.....	52
9. CONCLUSIONES .....	56
10. REFERENCIAS .....	57
11. ANEXOS .....	65
ANEXO I. ....	65
I.1 Escala PEDro .....	65
I.2 Calificación de los artículos con la escala PEDro. ....	66
ANEXO II .....	67
I.1 QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES .....	67
I.2. QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES DICTIONARY .....	71

## **APÉNDICE A: Lista de figuras**

Figura 1. Cerebelo .....	18
Figura 2. Aferencias y eferencias del cerebelo.....	20
Figura 3. SAM (Self-Assessment Manikin) o Maniquí de Autoevaluación .....	31
Figura 4. Espacio Afectivo del IAPS .....	32
Figura 5. Diagrama de flujo obtenido con la metodología PRISMA .....	44

## **APÉNDICE B. Lista de tablas**

Tabla 1. Número de artículos obtenidos por plataforma de búsqueda .....	43
Tabla 2. Descripción de los artículos incluidos en la revisión .....	47
Tabla 3. Calificación de los artículos con base en la escala PEDro .....	50
Tabla 4. Calificación de los artículos con base en la QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES (QATQS). .....	51

## RESUMEN

Los humanos tienen la capacidad de adaptarse a cambios dinámicos y cinemáticos desconocidos a través de la experiencia motora. Cuando el entorno, la tarea o el cuerpo cambian surge el aprendizaje motor, algunas habilidades como correr o manipular herramientas son parte de este importante tipo de aprendizaje. A su vez, se ha reportado que las emociones juegan un papel relevante en el proceso de aprendizaje motor, de hecho, se ha visto que estas pueden mejorar la tasa de aprendizaje y la memoria. El objetivo de esta revisión fue documentar el efecto de las emociones sobre el aprendizaje motor a través de una búsqueda de información en plataformas de bases de datos médicas, aplicando criterios de selección de artículos acorde a la metodología PRISMA, teniendo en cuenta la selección de artículos donde solo se incluyen tareas conductuales para medir el aprendizaje motor con el uso de estímulos que evocan emociones. Ocho estudios fueron seleccionados para un análisis cualitativo. Los estudios tuvieron una calificación de 4 a 6 en la escala PEDro, y calificaciones globales que oscilan de débil a moderado en la escala Quality Assessment Tool for Quantitative Studies (QATQS). La evidencia recolectada muestra que sin importar el tipo de tarea conductual motora que se emplean en los experimentos realizados en los artículos, las emociones positivas como la felicidad pueden mejorar el aprendizaje y con ello el rendimiento, contrario a lo que pasa con las emociones negativas. No se puede obtener una conclusión global con los estudios reportados ya que se encontraron fallas en la metodología y calificaciones débiles en algunos artículos con el análisis PRISMA. De manera general podemos decir que los mecanismos que se activan ante la presentación de los estímulos emocionales corresponden al defensivo y al apetitivo, estos inician una respuesta metabólica que culmina con una acción que se ve reflejada en la conducta cuya finalidad es asegurar la supervivencia, acorde con la teoría bifásica de la emoción.

## **ABSTRACT**

Humans can adapt to unknown dynamic and kinematic changes through motor experience. When the environment, the task or the body change, motor learning arises, some skills such as running or manipulating tools are part of this important type of learning. In turn, it has been reported that emotions play a relevant role in the motor learning process, in fact, it has been seen that they can improve the rate of learning and memory. The goal of this review was documenting the effect of emotions about motor learning through an information search in medical database platforms, applying article selection criteria according to the PRISMA methodology, considering the selection of articles where only behavioral tasks is included to measure motor learning with the use of stimuli that evoke emotions. Eight studies were selected for qualitative analysis. Studies were rated 4 to 6 on the PEDro scale, and overall ratings ranging from weak to moderate on the Quality Assessment Tool for Quantitative Studies scale (QATQS). The collected evidence shows that regardless of the type of motor behavioral task used in the experiments carried out in the articles, positive emotions such as happiness can improve learning and with-it performance, contrary to occurs with negative emotions. It is not possible to obtain a global conclusion with the reported studies since flaws in the methodology and weak qualifications were found in some articles with the PRISMA analysis. In general, we can say that the mechanisms that are activated before the presentation of emotional stimuli correspond to the defensive and appetitive, these initiate a metabolic response that culminates with an action that is reflected in the behavior whose purpose is to ensure the agreement with the biphasic theory of emotion.

## INTRODUCCIÓN

Los humanos pueden adaptarse a transformaciones dinámicas y/o cinemáticas desconocidas a través de la experiencia motora (Sakamoto & Kondo, 2015). El aprendizaje motor surge en especies en las que el entorno, el cuerpo o la tarea del organismo cambian; habilidades como correr o manipular herramientas novedosas, otorgan una importancia superior al aprendizaje motor (Wolpert, et al., 2001). Por otro lado, el sistema sensoriomotor es un producto de la evolución, desarrollo, aprendizaje y adaptación que funciona en diferentes escalas de tiempo para mejorar el rendimiento conductual (Todorov, 2004). Se ha demostrado que la emoción influye en la tasa de aprendizaje (Hinton et al., 2008), por esta razón realizamos una revisión bibliográfica para saber como la emoción afecta el aprendizaje motor, encontrándose que la emoción es un factor determinante para el rendimiento y el aprendizaje, los resultados mostraron que las emociones positivas contribuyen a un mejor rendimiento y aprendizaje (Angulo-Barroso et al., 2017; Festini et al., 2016). Contrario a esto, las emociones negativas pueden sesgar las acciones motoras (Angulo-Barroso et al., 2017; Coombes et al., 2005, 2009; Festini et al., 2016; Kalsi et al., 2019; LeDoux, 1996; Onigata & Bunno, 2020). Los mecanismos que se activan ante la presentación de los estímulos emocionales corresponden al defensivo y al apetitivo, estos inician una respuesta metabólica que culmina con una acción que se ve reflejada en la conducta cuya finalidad es asegurar la supervivencia (Bradley et al., 2000; Bradley & Lang, 2010).

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1 APRENDIZAJE**

El aprendizaje se refiere al proceso o procesos utilizados para codificar nuevos estímulos y relaciones ambientales y debe durar más que las condiciones de entrenamiento utilizadas para inducir una modificación en la conducta (Grau et al., 2020). El cambio en la conducta se da como resultado de la experiencia y la práctica, pero no se debe a procesos de maduración, fatiga, drogas y/o enfermedad (Antonides, 1996). El aprendizaje puede referirse a procesos de comportamiento medidos por un cambio en el rendimiento, en el desempeño o la subyacente plasticidad neuronal (Roediger et al., 2007). Puede dividirse en diferentes tipos: el aprendizaje explícito (declarativo), implícito (no declarativo o procedimental), asociativo, no asociativo y motor, entre otros (van der Kamp et al., 2018).

La diferencia entre aprendizaje implícito y explícito se debe a la participación cognitiva diferencial (Van Es & Knapen, 2019). Durante el aprendizaje explícito la participación es consciente, es un tipo de aprendizaje intencional que hace uso de mecanismos como la atención, mientras que el implícito no es intencional, es decir, no hay consciencia de nueva información o habilidades, también se conoce como aprendizaje procedimental (van der Kamp et al., 2018). Este se caracteriza por llevarse a cabo en tres fases: cognitiva, asociativa y autónoma. Durante la primera fase, se hace uso de estrategias basadas en la memoria declarativa y la memoria de trabajo para generar un nuevo procedimiento cognitivo que se automatizará, en la fase asociativa, a medida que la habilidad mejora con la práctica, se experimentan cambios significativos, que incluyen reducciones considerables en la participación cognitiva, por último la fase final autónoma no requiere la intervención de funciones cognitivas y se caracteriza esencialmente por la intervención de la memoria procedimental (Hubert et al., 2007).

## 1.2 APRENDIZAJE MOTOR

¿Cómo hace el cerebro humano para llegar a ser competente en el uso de herramientas, tocar un instrumento, andar en bicicleta o profesionalizarse en un área deportiva?, es decir, ¿Cómo se explica el proceso del aprendizaje motor? (Matur & Öge, 2017).

Las posibles respuestas se refieren a que una de las propiedades fundamentales del cerebro es su capacidad de adaptarse a las condiciones cambiantes intrínsecas (crecimiento) y/o extrínsecas (cambios en el entorno) (Buch et al., 2003).

Por otro lado, el aprendizaje sensoriomotor se refiere a la mejora, a través de la práctica del desempeño motor, guiado por los sentidos (Krakauer & Mazzoni, 2011). La tarea principal del sistema sensoriomotor consiste en integrar información de múltiples canales sensoriales sobre el mundo que nos rodea y utilizarla para planificar y ejecutar respuestas motoras significativas (Bock & Schneider, 2002). El comportamiento sensoriomotor requiere la transformación e integración de información de diferentes modalidades y diferentes sistemas de coordenadas (Buch et al., 2003). Dado que las condiciones neurobiológicas y fisiológicas del organismo cambian a lo largo de la vida, los mecanismos del procesamiento sensoriomotor deben modificarse como parte del aprendizaje (Bock & Schneider, 2002).

Como ejemplo de aprendizaje motor, tenemos al aprendizaje visomotor que se encarga de integrar la información visual con la motora, p.ej., el alcance guiado visualmente hacia la ubicación de un objeto con respecto a la posición inicial de la mano debe transformarse en comandos motores que muevan el brazo hacia el objetivo (Buch, Young & Contreras-Vidal, 2003). Esto ocurre todos los días en la vida cotidiana; al utilizar el mouse de la computadora, tomar una taza de café, manipular dispositivos electrónicos, etc, (Taylor & Ivry, 2012).

## **1.3 COMPONENTES DEL APRENDIZAJE MOTOR**

### **1.3.1 Extracción de la información**

Se refiere a la recopilación y el procesamiento efectivo y eficiente de la información sensorial relevante para poder ejecutar una acción (Wolpert et al., 2011).

### **1.3.2 Decisiones y estrategias**

La mayoría de las tareas motoras involucran una secuencia de procesos de toma de decisiones que se determinan con base a la información que se extrae durante el despliegue de la tarea, esta decisión va a definir cuándo realizar el siguiente movimiento y qué tipo movimiento se ejecutará, p.ej., la habilidad de un futbolista no solo está determinada por la precisión con la que puede pasar el balón, también influye la velocidad con la que puede tomar la decisión correcta sobre hacia dónde pasarlo (Wolpert et al., 2011).

### **1.3.3 Tipos de control motor**

Posteriormente a la extracción de información, toma de decisiones y generación de estrategias, se llevan a cabo las acciones motoras, éstas pueden darse a través del control predictivo (retroalimentación) o el control reactivo (Wolpert et al., 2011).

**1.3.3.1. Control predictivo:** El sistema motor lleva a cabo una estimación de estados futuros del sistema, razón por la cual es fundamental conocer el estado de nuestro cuerpo (p.ej., las posiciones y velocidades de nuestros segmentos corporales). Por lo tanto, en el control predictivo la estimación se realiza antes de llevar a cabo un movimiento (Wolpert & Flanagan, 2001).

**1.3.3.2. Control reactivo (retroalimentación):** Este tipo de control hace comparaciones entre el resultado obtenido y el deseado, tomando en cuenta el error que se tiene al ejecutar un movimiento que no llega a la meta, con esta información

compara y le avisa al sistema motor sobre el resultado para que en el siguiente movimiento el error sea corregido (Diedrichsen et al., 2010).

#### **1.4 MODELOS INTERNOS**

Un modelo interno (MI) es una representación neuronal del mundo externo (Ito, 2008). Es una representación de la dinámica y la cinemática del movimiento, que subyace a la notable capacidad del sistema nervioso para discernir cambios desconocidos en el entorno (Tin & Poon, 2005).

Los MI, tanto directos como inversos, capturan información sobre las propiedades del sistema sensoriomotor. Estas propiedades no son estáticas, sino que cambian a lo largo de la vida, tanto en una escala de tiempo corta, debido a las interacciones con el ambiente, como en una escala de tiempo más larga, debido al crecimiento. Por tanto, los modelos internos deben poder adaptarse a los cambios en las propiedades del sistema sensoriomotor (Redding & Wallace, 1996).

Los MI ayudan al cerebro a realizar movimientos con precisión puede o no haber retroalimentación de la parte del cuerpo en movimiento y permite movernos hábilmente después de repetidas prácticas (Ito, 2008). Los comandos motores necesarios para ejecutar una tarea van acompañados de errores y los errores resultantes inducen cambios en los comandos motores posteriores; apuntando que el sistema nervioso actualiza un modelo interno del ambiente alterado (Maeda et al., 2018). Los MI son mecanismos del aparato motor, que imitan las características de entrada/salida, o sus inversas, por ejemplo, los modelos internos de avance predicen las consecuencias sensoriales de los comandos motores ejecutados (Kawato, 1999).

## **1.5 COMPONENTES DEL MODELO INTERNO**

Un MI está compuesto por un Instructor que puede ser la corteza premotora, la corteza suplementaria o el giro cingulado anterior, su función es enviar una señal al controlador, es decir, a la corteza motora o a la corteza prefrontal y ésta a su vez, envía señales de comando al objeto controlado que puede referirse a alguna parte del cuerpo, así mismo; la corteza visual es la encargada de mediar la retroalimentación de la parte del cuerpo (objeto controlado) con la corteza motora (Ito, 2008).

Modelo interno directo: El instructor envía la señal al controlador y éste actúa sobre el objeto controlado, el controlador recibe retroalimentación de la corteza visual pero también la recibe del cerebelo (Ito, 2013) cuya función es almacenar información de movimientos que fueron realizados (Koziol et al., 2014).

Modelo interno inverso: En este modelo el instructor envía la señal al cerebelo y éste actúa directamente sobre el objeto controlado, en este modelo no hay una interacción necesaria entre el instructor y el controlador (Honda et al., 2018).

## **1.6 TIPOS DE APRENDIZAJE MOTOR**

Existen diferentes tipos de aprendizaje motor, su clasificación está dada por el tipo de información que el sistema motor usa como señal de aprendizaje (Wolpert et al., 2011) entre ellos se encuentran el aprendizaje basado en el error; que utiliza la señal de error para corregir y mejorar con la práctica, el aprendizaje estratégico; en el que se utiliza una estrategia consciente para corregir errores y el aprendizaje basado en el refuerzo; cuya finalidad es proporcionar una recompensa para favorecer el proceso de aprendizaje (Taylor & Ivry, 2012; Wolpert et al., 2011).

### **1.6.1 APRENDIZAJE MOTOR BASADO EN EL ERROR**

Aprender de los errores es uno de los principios básicos para la adquisición de habilidades motoras (Michel et al., 2007). El aprendizaje basado en el error es implícito y depende del cerebelo principalmente (Galea et al., 2015).

El mecanismo para este tipo de aprendizaje se da de la siguiente manera: Al realizar un movimiento, el sistema sensoriomotor puede detectar el resultado de éste y compararlo con el resultado deseado. En caso de no llegar al objetivo que se esperaba, se produce un error, que consiste en una desviación, y por lo tanto, la información contenida en los errores de predicción sensorial, le informan al sistema que perdió el objetivo y le especifican la forma particular sobre como ocurrió (Wolpert et al., 2011).

Para permitir ajustes de movimiento precisos, el sistema motor se basa en un modelo inverso que hace predicciones de los resultados sensoriales (cambios en la posición y la velocidad) asociados con un comando motor dado. Las diferencias entre el resultado sensorial predicho y el resultado real sirven como señal de error de retroalimentación que actualiza el modelo interno, lo que permite un mayor rendimiento durante el aprendizaje (Seidler et al., 2013). El aprendizaje basado en errores ayuda a mantener las conductas motoras finamente calibradas en un entorno cambiante (Diedrichsen et al., 2010).

### **1.6.2 APRENDIZAJE MOTOR BASADO EN LA ESTRATEGIA**

Se mencionó que el aprendizaje basado en errores utiliza la información sobre la magnitud del error para actualizar los comandos motores, sin embargo; hay otros casos en los que los sujetos muestran un aprendizaje visomotor incluso si se excluye el uso de esta información. En esos casos, los sujetos podrían estar utilizando mecanismos de adaptación estratégicos en lugar de procedimentales (Alfonso Uresti-Cabrera et al., 2015).

El aprendizaje basado en la estrategia es explícito y exhibe grandes fluctuaciones al inicio de un entrenamiento antes de conformarse con ajustes más pequeños al final de éste (Taylor et al., 2014). El aprendizaje explícito se caracteriza por un cambio consciente sobre la ubicación del objetivo a alcanzar (Mazzoni & Krakauer, 2006). En este tipo de aprendizaje los tiempos de reacción (RT, por sus siglas en inglés) son más lentos, hay mayor variabilidad y el post-efecto es más pequeño (Taylor & Ivry, 2012).

## **1.7 ADAPTACIÓN MOTORA**

La adaptación motora hace referencia a un cambio en la conducta que involucra el ajuste en la ejecución de las acciones para mantener un rendimiento en respuesta a un cambio en el entorno o el cuerpo, ya sea seleccionando una acción alternativa bien practicada o modificando la forma en que se ejecuta la acción actual (Krakauer et al., 2019).

Durante la adaptación motora se cumplen tres criterios:

- 1.** El movimiento conserva su identidad como perteneciente a algún patrón particular de activación muscular o resultado final, pero cambia con respecto a algún parámetro o conjunto de parámetros (p. ej., fuerza, velocidad, punto final o dirección del movimiento).
- 2.** El cambio ocurre solo con la repetición del comportamiento, siendo gradual y continuo.
- 3.** Una vez adaptados, los sujetos no pueden recuperar el comportamiento anterior; en su lugar, deben cambiar el comportamiento adaptado con la práctica de la misma manera gradual y continua de regreso al estado anterior (Martin et al., 1996).

Durante la adaptación el sistema nervioso central debe computar transformaciones coordinadas precisas de entre una variedad de sistemas con entrada sensorial y salidas motoras (O'Shea et al., 2014).

La percepción juega un papel importante dentro de la adaptación ya que informa sobre el estado momentáneo del mundo, garantizando que las fuentes de información perceptiva funcionen de manera óptima. Sin embargo los mecanismos de percepción operan de manera diferente ante distintos contextos de estimulación y son propensos a disfunciones (Redding & Wallace, 1996). Como ejemplo de aprendizaje perceptual-motor tenemos el paradigma de adaptación a prismas (AP) que refleja la capacidad de adaptación para mantener un mapeo espacial ante una tarea que involucra el alcance de un objetivo (Redding & Wallace, 1996).

## **1.8 BASES NEURALES DEL APRENDIZAJE MOTOR**

El aprendizaje motor puede requerir atención y pensamiento flexible y por lo tanto, depende de la corteza, mientras que los comportamientos automáticos no requieren de atención, ni están mediados por esta estructura. En cambio, se ha asumido durante mucho tiempo que los comportamientos implícitos están mediados por estructuras subcorticales (Ashby et al., 2011).

A diferencia de las neuronas motoras superiores de las regiones motoras de la corteza cerebral y el tronco del encéfalo, los ganglios basales y el cerebelo no influyen de manera directa en los circuitos de las neuronas motoras inferiores; en cambio, estas regiones del cerebro influyen en el movimiento regulando la actividad de los circuitos neuronales motores superiores. El control motor involucra diversas áreas cerebrales y cerebelares, así como estructuras corticales y subcorticales (Purves et al., 2018).

### **1.8.1 ÁREAS SUBCORTICALES**

#### ***GANGLIOS BASALES***

Existen grandes colecciones de materia gris dentro de los hemisferios, pertenecientes al prosencéfalo, además de la sustancia blanca y los ventrículos.

Estos grupos neuronales se denominan colectivamente ganglios basales (Hendelman, 2006)(Ruj, n.d.). Este término, se refiere a un conjunto de grandes núcleos cuya característica funcional es diversa. El subconjunto de estos núcleos es relevante para la función motora e incluye al caudado, al putamen y al globo pálido. En el encéfalo, se localizan dos estructuras adicionales, la sustancia *nigra* (en la base del mesencéfalo) y el núcleo subtalámico (en el tálamo ventral), ambas, están asociadas de manera estrecha, con las funciones motoras de estos núcleos de los ganglios basales (Purves et al., 2018). El caudado y el putamen también se denominan *neostriatum*, constituido de manera histológica, con las mismas neuronas, y en el cerebro humano están parcialmente separadas entre sí por fibras de proyección. En el cerebro humano, el putamen y el globo pálido están agrupados de manera anatómica, en forma de lente y se les identifica como núcleo lenticular, aunque son funcionalmente distintos (Hendelman, 2006)(Ruj, n.d.).

Los componentes motores de los ganglios basales, junto con la sustancia *nigra* y el núcleo subtalámico, comprenden un bucle subcortical que une la mayoría de las áreas de la corteza cerebral con las neuronas motoras superiores en las cortezas motoras y premotoras primarias y en el tronco del encéfalo (Purves et al., 2018). Por lo tanto, los ganglios basales juegan un rol importante en la especificación de los movimientos (Jueptner et al., 1997). Están involucrados en el control de patrones complejos de actividad motora, como los movimientos hábiles (p.ej., la escritura). Las estructuras que componen los ganglios basales influyen en los aspectos cognitivos del control motor, lo que ayuda a planificar la secuencia de tareas necesarias para una actividad determinada. Esto se denomina selección de estrategias motoras. Funcionalmente, el sistema de los ganglios basales actúa como un sub-bucle del sistema motor al alterar la actividad cortical. En términos generales, los ganglios basales reciben gran parte de la información a través de la corteza, de las áreas motoras y de amplias áreas de la corteza de asociación, así como de otros núcleos del sistema de los ganglios basales. Existen conexiones intrincadas entre las distintas partes del sistema que involucran diferentes neurotransmisores y cuya salida se dirige a través del tálamo hacia las áreas premotora, motora suplementaria y cortical frontal (Hendelman, 2006)(Ruj, n.d.).

Los circuitos motores de los ganglios basales estén implicados en la transferencia de información de todo el neocórtex a las áreas motoras y el cuerpo estriado sirve como depósito de instrucciones para fragmentos de movimientos aprendidos (Kiernan & Rajakumar, 2014).

El cuerpo estriado (se compone por los núcleos caudado y putamen) recibe información masiva y es altamente convergente de casi toda la corteza. Se puede subdividir en regiones asociativas y sensoriomotoras dependiendo de los orígenes de entrada. De manera general, el cuerpo estriado recibe información de las áreas de asociación sensorial en los lóbulos temporales y de la corteza prefrontal. Por el contrario, el cuerpo estriado sensoriomotor, que incluye todo el putamen excepto su porción más anterior, recibe impulsos de los lóbulos parietales y de la corteza motora y premotora (Ashby et al., 2011).

Las funciones mejor entendidas del cuerpo estriado son las relacionadas con el movimiento. Las neuronas del cuerpo estriado están inactivas y las del pálido están activas cuando no se realizan movimientos. Poco antes y durante un movimiento, la situación se invierte. Cuando se va a realizar un movimiento, las instrucciones codificadas por el cuerpo estriado se transmiten desde el pálido al tálamo y luego se envían al área motora suplementaria y la corteza premotora (Kiernan & Rajakumar, 2014).

### ***Fisiología y neuroquímica de los ganglios basales***

#### **Vía directa e indirecta**

Los ganglios basales son núcleos subcorticales que controlan las acciones voluntarias, a través de las vías directa e indirecta, y se originan a partir de distintas poblaciones de neuronas espinosas medianas del estriado y se proyectan a diferentes estructuras de salida. Estos circuitos tienen efectos opuestos sobre el movimiento, específicamente, la actividad de las neuronas espinosas motoras de la vía directa promueve el movimiento. La vía indirecta a través de los ganglios basales modula las acciones desinhibidoras de la vía directa. Las neuronas del núcleo subtalámico que se proyectan al segmento interno del globo pálido y la sustancia

*nigra pars reticulata* usan glutamato como su neurotransmisor y son excitadoras. Cuando las señales de la corteza activan la vía indirecta, las neuronas espinosas del medio estriado descargan e inhiben las neuronas GABAérgicas de manera tónica y activas del globo pálido externo (Purves et al., 2018).

Como resultado de la eliminación de esta inhibición tónica y la llegada simultánea de impulsos excitadores de la corteza cerebral, las células subtalámicas se vuelven más activas y en virtud de sus sinapsis excitadoras con las células GABAérgicas del segmento interno del globo pálido y sustancia *nigra pars reticulata*, aumentan la salida inhibitoria de los ganglios basales. A diferencia de la vía directa, que, cuando se activa, libera los circuitos tálamocorticales y coliculares de la inhibición tónica, la vía indirecta tiene el efecto neto de aumentar las influencias inhibitorias de los ganglios basales. El equilibrio de actividad mediado por las vías directa e indirecta es el principal determinante de si la salida del pálido al tálamo o al colículo superior seleccionará y facilitará la expresión del programa motor por ejecutar (Purves et al., 2018).

Finalmente, las enfermedades degenerativas de los ganglios basales dan como resultado movimientos no deseados, y se ha demostrado que los circuitos del cuerpo estriado normalmente permiten elegir los tipos de respuestas motoras en lugar de realizar movimientos estereotipados en respuesta a estímulos (Kiernan & Rajakumar, 2014).

### **1.8.2 CEREBELO**

Al igual que los ganglios basales, el cerebelo influye principalmente en los movimientos modificando los patrones de actividad de las neuronas motoras superiores. El cerebelo juega un papel importante en los procesos implicados en la adaptación visomotora y sirve como un centro importante entre la corteza premotora y la parietal, ajustando las rutinas motoras (Haines & Gregory, 2019). Estas correcciones se pueden realizar durante el curso del movimiento como una forma de aprendizaje motor cuando se almacena la corrección (Kiernan &

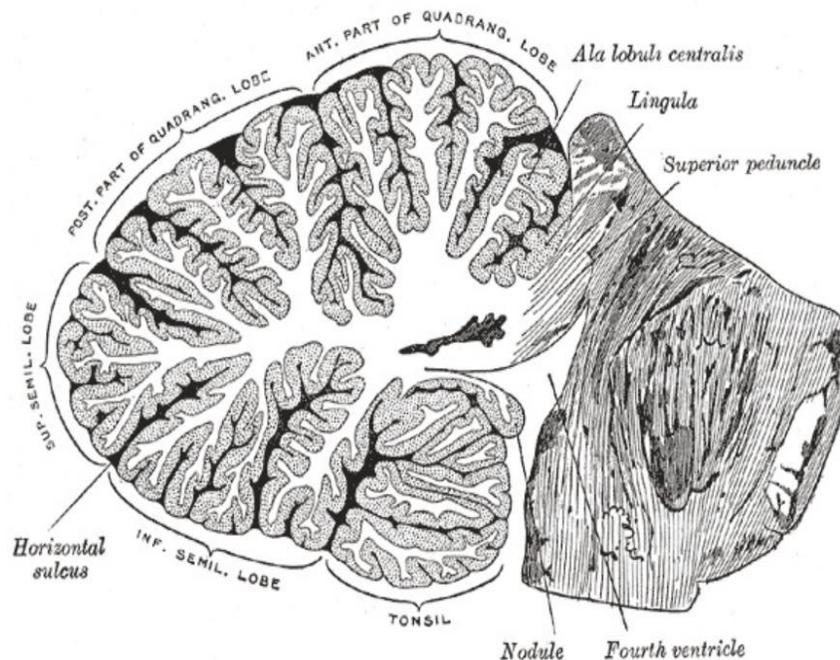
Rajakumar, 2014). El cerebelo también cumple con otras funciones como el mantenimiento de la postura, mantenimiento del tono muscular y la coordinación de la actividad motora voluntaria (Singh, 2017).

### **1.8.2.1. Neuroanatomía del Cerebelo**

El cerebelo consta de dos grandes lóbulos hemisféricos laterales; los hemisferios cerebelosos que están unidos entre sí por una porción media angosta en forma de gusano, llamada vermis. Anatómicamente, el cerebelo se divide en tres lóbulos: anterior, posterior y floclonodular, pero acorde a los criterios filogenéticos y funcionales, el cerebelo se divide en tres partes: *archicerebellum*, *paleocerebellum* y *neocerebellum* (Singh, 2017).

La subdivisión más grande en humanos es el cerebrocerebelo (*neocerebellum*). Ocupa la mayor porción de la parte lateral del hemisferio cerebeloso y recibe impulsos, indirectamente, de muchas áreas de la corteza cerebral (Haines & Gregory, 2019). Esta región se ocupa de la regulación de movimientos altamente calificados, en especial de la planificación y ejecución de secuencias complejas de movimientos espaciales y temporales (incluido el habla) (Haines & Gregory, 2019). Justo medial al cerebrocerebelo se encuentra el espinocerebelo (*paleocerebellum*), ocupa las zonas mediana y paramediana de los hemisferios cerebelosos y es la única parte que recibe información directamente de la médula espinal (Cardinali, 2007). La parte más lateral (paramediana) del espinocerebelo se ocupa de los movimientos de los músculos distales. La franja más mediana del hemisferio cerebeloso se encuentra a lo largo de la línea media y se llama vermis. El vermis regula los movimientos de los músculos proximales; también controla ciertos tipos de movimientos oculares. La tercera subdivisión corresponde al vestibulocerebelo (*archicerebellum*), la parte filogenéticamente más antigua, y comprende los lóbulos caudal-inferiores del cerebelo e incluye el flóculo y el nódulo. Como sugiere su nombre, el vestibulocerebelo recibe impulsos de los núcleos vestibulares del tronco encefálico y se ocupa del reflejo vestibuloocular y de la regulación de los movimientos que mantienen la postura y el equilibrio (Purves et al., 2018).

La información relevante para la función del cerebelo en la regulación motora proviene de la corteza cerebral, el tronco del encéfalo y de los receptores musculares de la periferia. La información se transmite al cerebelo a través de los pedúnculos cerebelosos medio e inferior.



**Figura 1. Cerebelo**

Imagen tomada de: Jimshelishvili S, Dididze M. Neuroanatomy, Cerebellum. [Updated 2022 Jul 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK538167/>

*-Pedúnculo cerebeloso inferior:* Abarca desde la médula hasta el cerebelo. Se encuentra detrás del núcleo de la oliva inferior. Este pedúnculo transporta varios sistemas de fibras al cerebelo que incluyen lo siguiente:

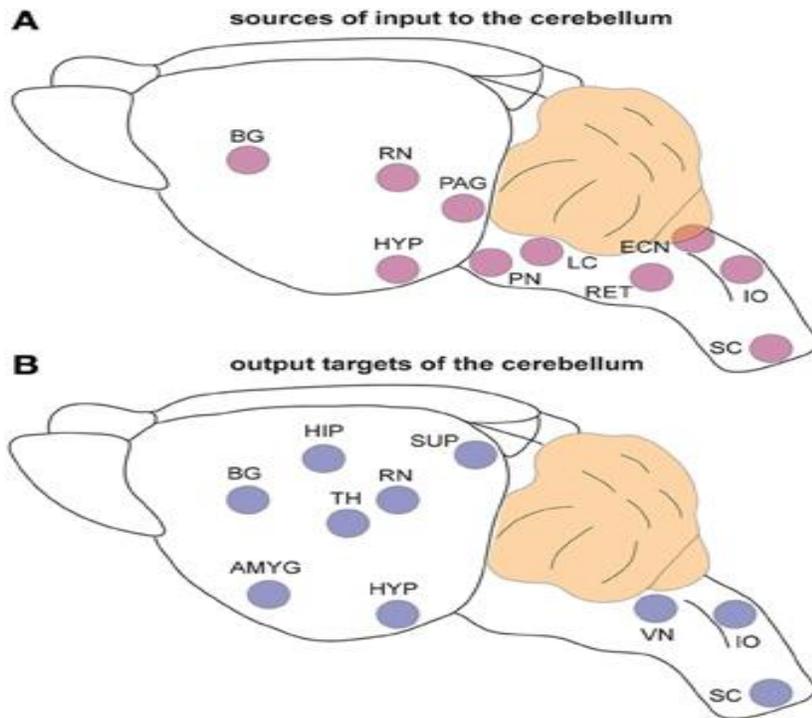
La vía espinocerebelosa posterior (dorsal): Transmite información propioceptiva de la mayor parte del cuerpo. Estas fibras, que transportan información de los husos musculares, se transmiten al núcleo dorsal de Clarke en la médula espinal y ascienden ipsilateralmente en un trayecto que se encuentra en

el borde de la médula espina; estas fibras se distribuyen a las áreas espinocerebelosas del cerebelo (Haines & Gregory, 2019)

El tracto olivocerebeloso: Las fibras se originan en el núcleo olivar inferior, se cruzan en la médula y se distribuyen a todas las partes del cerebelo. Estos axones corresponden a las fibras trepadoras de las principales ramas dendríticas de las neuronas de Purkinje.

*-Pedúnculo cerebeloso medio:* Todas las partes de la corteza cerebral contribuyen al sistema de fibras corticopontinas. Estas fibras descienden a través de las ramas anterior y posterior de la cápsula interna, luego por las partes interna y externa del pedúnculo cerebral y terminan en los núcleos pontinos. Las fibras hacen sinapsis, se cruzan y van a todas las partes del cerebelo a través del pedúnculo cerebeloso medio. Esta entrada proporciona al cerebelo la información cortical relevante para los comandos motores y las actividades motoras planificadas (Hendelman, 2006)(Ruj, n.d.).

Se mencionó que el cerebelo detecta el error motor, pero cuando esta estructura está dañada, como ocurre en muchos trastornos y lesiones cerebelosas, el individuo afectado comete errores persistentes al ejecutar movimientos. El patrón específico de descoordinación depende de la ubicación del daño (Purves et al., 2018). Así mismo la enfermedad cerebelosa manifiesta la siguiente tríada de disfunciones motoras: 1) Desequilibrio, pérdida del equilibrio caracterizada por ataxia, 2) Hipotonía: Pérdida de la resistencia que normalmente ofrecen los músculos a la palpación y 3) Disinergia: Pérdida de la actividad muscular coordinada (Singh, 2017).



**Figura 2. Aferencias y eferencias del cerebelo.**

- (A) Representación esquemática de las regiones cerebrales que envían aferencias o inputs del cerebelo.
- (B) Representación esquemática de las regiones que reciben eferencias u outputs del cerebelo.

Abreviaciones:

AMG, Amígdala; BG, Ganglios basales; ECN, Núcleo cuneiforme externo; HIP, hipocampo; HYP; Hipotálamo; IO, Oliva inferior; LC, *Locus coeruleus*; PAG, Sustancia gris periacueductal; PN, Núcleo pontino; RET, Núcleo reticular; RN, Núcleo rojo; SC, Médula espinal; SUP, Colículo superior; TH, Tálamo; VN, Núcleo vestibular.

Imagen tomada de: *Reeber, S. L., Otis, T. S., & Sillitoe, R. V. (2013). New roles for the cerebellum in health and disease. Frontiers in systems neuroscience, 7, 83. https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00083*

### 1.8.3 MÉDULA ESPINAL

La médula espinal es la parte alargada inferior del sistema nervioso central (SNC). Es de forma cilíndrica, ligeramente aplanada en plano anteroposterior y ocupa los dos tercios superiores del canal vertebral. Se extiende como una continuación descendente del bulbo raquídeo desde el borde superior del arco posterior de la primera vértebra cervical (C1) hasta el borde inferior de la primera vértebra lumbar (L1). En el caso de los humanos, proporciona unión a 31 pares de nervios espinales que la conectan con los tejidos del tronco, las extremidades y las vísceras. La médula espinal contiene una gran cantidad de vías ascendentes y descendentes, que sirven como conductos para la información nerviosa, pasando de un lado a otro entre diferentes partes del cuerpo y el cerebro (Singh, 2017).

Las principales funciones de la médula espinal son: La ejecución de reflejos simples, la transmisión de impulsos hacia y desde el cerebro así como su participación en la ejecución de movimientos traduciendo representaciones motoras cerebrales de alto nivel en comandos musculotópicos (Singh, 2017; Vahdat et al., 2015).

#### **1.8.4 Tracto corticoespinal**

El control motor implica un delicado equilibrio entre múltiples vías paralelas y bucles de retroalimentación recurrentes. La vía motora más importante en los seres humanos es el tracto corticoespinal (Purves, 2015). Este comienza en la corteza motora primaria, donde los cuerpos celulares de las neuronas se proyectan por los axones a través de la sustancia blanca cerebral y el tallo cerebral para llegar a la médula espinal. La mayoría de las fibras del tracto corticoespinal se cruzan para controlar el movimiento del lado opuesto del cuerpo y se le conoce como decusación piramidal. Se ha reportado que las lesiones que se producen por encima de la decusación piramidal producen debilidad contralateral (del lado opuesto) con respecto a la lesión, mientras que las lesiones por debajo de la decusación piramidal producirán debilidad ipsilateral (del mismo lado) (Purves, 2015)

Las neuronas motoras que se proyectan desde la corteza hasta la médula espinal o el tronco encefálico se denominan neuronas motoras superiores, estas forman sinapsis con las neuronas motoras inferiores que se encuentran en los cuernos anteriores de la sustancia gris central de la médula espinal o en los núcleos motores del tronco encefálico. Los axones de las motoneuronas inferiores se proyectan fuera del SNC a través de las raíces espinales anteriores o por medio de los nervios craneales para llegar finalmente a las células musculares de la periferia y producir el movimiento o la acción (Blumenfeld, 2010).

#### **1.8.2 ESTRUCTURAS CORTICALES**

##### ***Corteza motora primaria***

Pertenece al área 4 de Brodmann, se localiza en la circunvolución precentral y en la parte anterior del lóbulo paracentral. Tiene una función importante en el tracto corticoespinal (Gould & Fix, 2010). La estimulación eléctrica de la corteza motora primaria produce la contracción de los músculos de (principalmente) la mitad

opuesta del cuerpo, es decir, controla las actividades motoras voluntarias de la mitad contraria del cuerpo. Aunque el control cortical de la musculatura del cuerpo es contralateral, existe un control bilateral significativo de los músculos de la parte superior de la cara, lengua, mandíbula, laringe, faringe y musculatura axial (Singh, 2017).

### ***Corteza premotora***

Esta corteza pertenece al área 6 de Brodmann, está localizada por delante de la circunvolución precentral, se encuentra anterior al área motora primaria en las partes posteriores de las circunvoluciones frontales superior, media e inferior. También contribuye al tracto corticoespinal (Gould & Fix, 2010; Snell, 2010).

La corteza premotora es responsable del desempeño exitoso de las actividades motoras voluntarias. Se ha descrito que la corteza motora primaria recibe numerosos estímulos de la corteza sensorial, el tálamo y los ganglios basales almacenando los programas de actividad motora ensamblados como resultado de la experiencia pasada y por lo tanto, la corteza premotora es responsable de programar los movimientos previstos del área motora primaria y de controlar los movimientos en curso (Singh, 2017).

### ***Corteza motora suplementaria***

La corteza motora suplementaria está situada en la circunvolución frontal medial, en la superficie medial del hemisferio y por delante del lobulillo paracentral (Snell, 2010). Se ha descrito que la estimulación de esta zona produce movimientos complejos (Singh, 2017). Esta área desempeña un papel importante para programar secuencias motoras complejas y coordinar los movimientos bilaterales, también regula los impulsos somatosensitivos a la corteza motora (Gould & Fix, 2010).

## **1.9 EMOCIÓN Y APRENDIZAJE**

Las emociones tienen una influencia sustancial en los procesos cognitivos de los humanos; incluida la percepción, la atención, el aprendizaje, la memoria, el razonamiento y la resolución de problemas. Investigaciones previas revelan que la emoción es fundamental para el aprendizaje y si se descuida la dimensión emocional es probable que este sea ineficaz (Tyng et al., 2017). Por otro lado, se ha informado que la emoción perjudica o mejora la tasa de aprendizaje (Hinton et al., 2008). Se cree que, al aumentar las emociones positivas, y tal vez disminuir las respuestas emocionales negativas puede ser importante para mejorar el rendimiento y aprender una tarea operante compleja (Angulo-Barroso et al., 2017).

## **1.10 EMOCIONES**

Las emociones cotidianas básicas son la alegría, tristeza, disgusto, enfado, miedo y sorpresa, sin embargo, hay más variaciones y todas comparten características comunes (Iglesias-Hoyos et al., 2016). Se expresan mediante cambios motores viscerales y respuestas motoras somáticas estereotipadas (Purves et al., 2018). La emoción es un estado asociado con estímulos que son gratificantes (es decir, que uno trabaja para obtener) o que castigan (aquellos que procuramos evitar). Estos estímulos a menudo tienen un valor de supervivencia inherente (Ward, 2015). Las emociones se caracterizan por su gran versatilidad, aparecen y desaparecen con gran rapidez; por su polaridad: son positivas y negativas; y por su complejidad: son procesos en los que están implicados factores fisiológicos, cognitivos, conductuales y de conciencia (Linares et al., 2009). Las emociones reflejan la relación entre los motivos (necesidades) y la probabilidad de éxito de realizar la conducta apropiada para llegar al objetivo o meta que satisface la necesidad (Thigpen et al., 2018).

En un estudio reciente se analizaron 92 diferentes definiciones del concepto de emoción y se propuso la siguiente: La emoción se define como una clase compleja de interacciones entre factores objetivos y subjetivos, mediada por los sistemas neuronal y hormonal, las cuales pueden dar origen a experiencias

afectivas como los sentimientos de alerta, placer y displacer; generar procesos cognitivos como la evaluación, la identificación; activar ajustes fisiológicos a las diferentes condiciones alertantes y producir una conducta que frecuentemente pero no siempre, es expresiva (Madera-carrillo et al., n.d.).

Las emociones pueden provocar una respuesta corporal interna, por ejemplo, sudoración, cambios en la frecuencia cardíaca, secreción hormonal; son de naturaleza transitoria y pueden ser apreciadas o causar disgusto (Ward, 2015). Los organismos actúan constantemente en entornos emocionalmente ricos por ello las emociones influyen en la acción y normalmente surgen en circunstancias en las que se requiere un control adaptativo (Coombes et al., 2005). Al mismo tiempo, la capacidad de detectar automáticamente expresiones emocionales, incluso cuando estamos comprometidos en otra tarea, es esencial para la supervivencia, con el fin de ejecutar las acciones apropiadas o iniciar/evitar interacciones sociales importantes (Ambron & Foroni, 2015). Por ejemplo, no detectar una expresión de enojo en la calle, puede resultar en consecuencias perjudiciales desagradables, del mismo modo que no poder detectar a una pareja potencial sonriente al otro lado de la barra puede llevar a perder una oportunidad. En este sentido, las emociones son señales importantes que captan nuestra atención de forma automática y potencialmente impulsan nuestras acciones (Ambron & Foroni, 2015). Actualmente existen muchas teorías sobre la emoción clasificadas en diferentes categorías; como las teorías cognitivas, las teorías de la activación fisiológica, las teorías centrales neurológicas y las que están basadas en planteamientos de expertos en el tema de las emociones, sin embargo, cada una se enfoca en un aspecto específico de la emoción y algunas se complementan (Linares et al., 2009).

### **1.11 TEORÍAS DE LA EMOCIÓN**

Algunas teorías de la emoción se han concentrado en ciertos aspectos más que en otros, basándose en la suposición de que algunas características son más importantes que otras. Estas teorías también se basan en medir la emoción dependiendo de la información que se requiere extraer, p. ej., si se quiere medir su

naturaleza subjetiva, se usan cuestionarios, si lo que se quiere medir son respuestas corporales, entonces se puede medir la conductancia de la piel o realizar grabaciones de expresiones faciales o si se requiere medir la conducta, se puede hacer presionando una palanca para obtener una recompensa (Ward, 2015).

### **1.11.1 TEORÍA DE LA EVALUACIÓN**

Algunas emociones se construyen a partir de mecanismos afectivos y cognitivos. Esta teoría afirma que las emociones son provocadas por la evaluación de eventos y situaciones, p. ej., la tristeza que se siente cuando se termina una relación romántica puede ser provocada por la valoración de que algo querido se ha perdido y que con certeza no se puede recuperar (Scherer et al., 2006). También incluye a las emociones morales, ya que son un ejemplo de emociones relacionadas al comportamiento de una persona en relación con los demás, o de los otros en relación con otras personas (p. ej. culpa, orgullo) (Ward, 2015).

Los modelos contemporáneos conciben las emociones como surgidas de sistemas cerebrales que evalúan la importancia de los estímulos con respecto a nuestras metas y necesidades (Ochsner & Gross, 2008). Koole y colaboradores (2015), reportaron que las emociones se pueden regular a través de la evaluación de las emociones, para ello mostraron imágenes con contenido emocional a varios voluntarios, en un experimento les solicitaron que reportaran lo que la imagen *per se* les hizo sentir en cuestión de agrado y desagrado, así como de activación (arousal), en el segundo experimento se repitió la dinámica pero ahora les solicitaron que a partir de la imagen que estaban observando ellos regularan su emoción, es decir, que disminuyeran el desagrado que la imagen les provocaba. Esto solo fue posible gracias a que los participantes hicieron una evaluación de la imagen sin dejarse llevar por la primera impresión (Koole et al., 2015).

Además, la evaluación también conduce a una reevaluación en la que la persona vuelve a plantearse el escenario que está viviendo en el momento para poder tomar una decisión, esta depende de las interacciones entre las regiones prefrontal y cingulada implicadas en el control cognitivo y sistemas como la

amígdala y la ínsula que han sido involucrados en la respuesta emocional (Ochsner & Gross, 2008). En consecuencia, la reevaluación puede permitir que las personas manejen las emociones no deseadas incluso antes de que estas emociones se hayan despertado por completo (Van Dillen et al., 2009). Una vez realizada la reevaluación, la persona decide y realiza una acción reflexiva, la cual influye en el próximo encuentro social, que puede alterar factores de persona y situación (Allen et al., 2018).

### **1.11.2 TEORÍA DE LA CATEGORÍA**

De acuerdo con Ekman, existen 6 emociones básicas y expresiones faciales diferentes para cada una de ellas. La frente/cejas, ojos/párpados y la parte inferior de la cara (boca) son responsables de su manifestación. Estas expresiones faciales de la emoción son universales e innatas (Iglesias-Hoyos et al., 2016) y a ellas corresponden las emociones que se dividen en las siguientes categorías: alegría, tristeza, disgusto, enfado, miedo y sorpresa (Levenson et al., 1990).

Una emoción básica no depende ni incluye valoraciones complejas o cognición de orden superior como el pensamiento y el juicio, cada emoción básica tiene características reguladoras y motivacionales universales (Izard, 2007). Las emociones básicas están mediadas en gran parte por estructuras subcorticales filogenéticamente antiguas. Para asegurar la supervivencia y la adaptación a través del curso de la evolución, las emociones básicas, así como los gustos básicos, tuvieron que conservar un impacto confiable en la conciencia y los sistemas de acción (Izard, 2007).

Por otro lado, los investigadores aún siguen indagando en la teoría de la categoría y para determinar las emociones básicas han realizado diversos experimentos, solo por citar un ejemplo, Keltner y colaboradores (2019), en un estudio que llevaron a cabo con participantes de cinco culturas diferentes (China, India, Japón, Corea y EUA) a quienes mostraron una historia de emoción (en su idioma nativo), se les pidió que expresaran la emoción de la forma que quisieran, esta podía incluir expresiones faciales, vocales o corporales; el único requisito era

que las expresiones no fueran verbales. Se obtuvieron más de 5500 expresiones faciales, movimientos corporales, movimientos de la mirada, gestos con las manos y patrones de respiración, sin embargo, en todas las culturas, la expresión de asombro tendía a implicar la apertura de los ojos más de lo normal y una sonrisa, así como un movimiento de cabeza hacia arriba, igualmente, en todas las culturas, los asentimientos con la cabeza expresaron interés, empero, surge una problemática porque también se encontró que las emociones tenían expresiones distintas y multimodales. Es por esta razón que se postulan otras teorías sobre la emoción (Keltner, 2019).

### **1.11.3 TEORÍA DE LA DIMENSIÓN**

A menudo, el modelo de las emociones básicas (categoría) y el modelo dimensional se consideran contrarios entre sí y se ha producido mucho debate sobre esta controversia. En general, las teorías que postulan emociones básicas argumentan que las emociones como la ira deben considerarse como categorías discretas proporcionadas por la naturaleza. En contraste, las teorías que postulan amplias dimensiones a las emociones argumentan que las emociones básicas como la ira no existen como tipos naturales. En cambio, estas teorías argumentan que estas instancias observables de emoción son el resultado de procesos psicológicos más básicos, como el acto de categorizar el estado afectivo que varía de positivo a negativo y de bajo a alto en excitación (Harmon-Jones, 2019).

Las perspectivas dimensionales se han basado en modelos que comienzan con la evidencia de que los organismos simples (p.ej., gusanos) poseen respuestas básicas de aproximación/evitación y luego estos modelos proponen que, en animales más complejos, las emociones básicas (p. ej., la ira) emergen de estos procesos junto con evaluaciones cognitivas del yo y del entorno (Bradley et al., 2001). Esta teoría propone dos dimensiones: la primera corresponde al Agrado-Desagrado o también llamado valencia, este factor ha emergido como la primera dimensión proveniente de estudios de expresiones faciales y palabras de humor,

además clasifica las emociones en positivas y negativas, de manera similar, la segunda dimensión corresponde a la excitación o “*arousal*” que se refiere a la intensidad que provocan las emociones, yendo desde un rango muy intenso a uno débil (Sosa-Gómez & Moscardi, 1995).

Aunque puede haber algunas características generales de las emociones y los esquemas emocionales, en contextos del mundo real, cualquier emoción puede tener efectos positivos/adaptativos o negativos/desadaptativos. Como la sonrisa y la risa que pueden ser burlonas, la tristeza puede provocar empatía y apoyo social, la ira puede aumentar el valor moral o ayudar en la defensa de uno mismo y de sus seres queridos, y el miedo puede facilitar que nos unamos por seguridad (Izard, 2007).

Por otro lado, existe una teoría que propone que una emoción positiva, puede provocar el mismo grado de activación que una emoción negativa, es la llamada teoría bifásica de la emoción (Lang, 2010).

#### **1.11.4 TEORÍA BIFÁSICA DE LA EMOCIÓN**

Las reacciones emocionales están organizadas por estados motivacionales subyacentes: defensivos y apetitivos. Estos han evolucionado para promover la supervivencia de individuos y especies (Bradley et al., 2001). El sistema de defensa se activa principalmente en contextos que involucran amenazas, con un repertorio de comportamiento basado en la retirada, el escape y el ataque (Bradley & Lang, 2010). Por el contrario, el sistema apetitivo se activa en contextos que promueven la supervivencia, incluido el sustento, la procreación y la crianza, con un repertorio conductual básico de ingestión, cópula y cuidados (Bradley et al., 2017). El modelo motivacional se fundamenta en los parámetros básicos de la emoción; la valencia hedónica, es decir, motivación agradable es igual a apetitiva o motivación defensiva análoga a desagradable, el otro parámetro hace referencia a la excitación que es el grado de activación motivacional (Bradley et al., 2001). Los juicios de placer o disgusto indican qué sistema motivacional está activo, y los juicios de excitación indican la intensidad de la activación motivacional (Lang, 2010).

Las respuestas iniciadas por el circuito de defensa incluyen la congelación, huida, bradicardia, aumento de la presión arterial y potenciación de la respuesta de sobresalto en animales (Bradley et al., 2001). Se ha propuesto que la respuesta defensiva puede organizarse de manera similar en los humanos y se ha comprobado mediante la exposición a imágenes desagradables (Estrada et al., 2016) (Lang, Bradley & Cuthbert, 2008). En este sistema se desencadena una coactivación de los sistemas simpático y parasimpático que pueden mejorar con aumentos moderados en el compromiso de la defensa (Lang et al., 2000). Sin embargo, con una activación más pronunciada, la atención orientada comienza a ceder el paso a la movilización metabólica para la defensa activa y domina la inervación del reflejo simpático (Bradley et al., 2001). El estudio de la motivación apetitiva a menudo se complica por el hecho de que el atractivo de un estímulo específico (p. ej., comida o droga) depende hasta cierto punto de un estado aversivo concurrente (p. ej., hambre o privación), por lo tanto, la activación motivacional suele ser mixta (Lang, 2010). Una clara excepción se refiere a los estímulos sexuales ya que ver miembros atractivos del sexo opuesto u observar el congreso sexual de otros miembros de la especie evoca un fuerte estado motivacional apetitivo en primates sexualmente maduros, incluso sin privaciones (Bradley et al., 2017). Experimentos realizados con imágenes agradables del IAPS involucran el sistema apetitivo y se presume que este estado inhibe los reflejos defensivos no congruentes (por ejemplo, el reflejo de sobresalto) (Lang, 2010).

De esta teoría surge la propuesta del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS, por sus siglas en inglés) (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997) como una manera efectiva para estudiar la relación entre las experiencias emocionales, el desempeño en diferentes tareas cognitivas y/o la activación en diferentes áreas cerebrales (Bradley & Lang, 2010).

## **1.12 SISTEMA INTERNACIONAL DE IMÁGENES AFECTIVAS**

El Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS, por sus siglas en inglés, y su pronunciación EYE-APS, que significa, aplicaciones para los ojos), se ha desarrollado para proporcionar un conjunto de estímulos emocionales normativos

en investigaciones experimentales de emoción y atención (Bradley et al., 2017). El IAPS consiste en un gran conjunto de fotografías a color (más de 1000) estandarizadas que evocan emociones, es de fácil acceso a nivel internacional e incluyen contenidos en una amplia gama de categorías semánticas (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997).

La existencia de estas colecciones de estímulos afectivos con calificación normativa permite un mejor control experimental en la selección de estímulos emocionales, facilita la comparación de resultados en diferentes estudios realizados en el mismo laboratorio o en otro y permite replicar experimentos dentro y entre laboratorios de investigación (Moltó et al., 2013).

El IAPS incluye fotografías en el que se muestran eventos en la experiencia humana: personas vestidas y desnudas, casas, objetos de arte, objetos domésticos, proyectos de vivienda, parejas eróticas, funerales, contaminación, baños sucios, paisajes urbanos, paisajes marinos, eventos deportivos, guerras, desastres, tratamientos médicos, pacientes enfermos, cuerpos mutilados, animales, bebés, animales amenazantes, insectos, familias amorosas, cascadas, niños jugando, etc (Soares et al., 2014).

Las imágenes en el IAPS han sido validadas al ser evaluadas por grandes grupos de participantes (tanto hombres como mujeres) y están clasificadas por sentimientos evocados de placer, excitación y dominio (Xu et al., 2017). Las imágenes se enumeran con 4 dígitos y se catalogan por la media del grupo y la desviación estándar para cada calificación, así como por separado para hombres y mujeres, de esta manera se distribuyen libremente a los investigadores académicos (Lang, Bradley & Cuthbert, 1997). Usando estas calificaciones, los científicos pueden seleccionar y / o combinar imágenes en función del impacto emocional promedio reportado de esa imagen y pueden controlar la excitación emocional al investigar los efectos de la valencia hedónica, y viceversa (Lang, Bradley & Cuthbert, 2008).

La calificación para estas imágenes se da a través de un análisis factorial (Lang, 2010), a partir de lo que argumentaba Wundt desde 1896, que los resultados afectan las variaciones en las dimensiones fundamentales del placer y la excitación,

es decir, la valencia de las imágenes que varía de lo agradable (feliz, complacido, esperanzado, etc) a lo desagradable (infeliz, molesto, desesperado, etc.). Estas tienen una fuerte correlación con la activación o “*arousal*” que puede variar de un estado en calma (tranquilo, relajado, somnoliento, etc.) a un estado de alta excitación (excitado, estimulado, completamente despierto, etc.) (Bradley et al., 2017).

Para medir el placer y la excitación de los estímulos del IAPS, se utiliza un instrumento de calificación llamado Maniquí de Autoevaluación, (Self-Assessment Manikin, SAM, por sus siglas en inglés) (figura 1), es una herramienta de medición que no requiere características específicas relacionadas con el lenguaje y la cultura (Acosta-Marí et al., 2017).



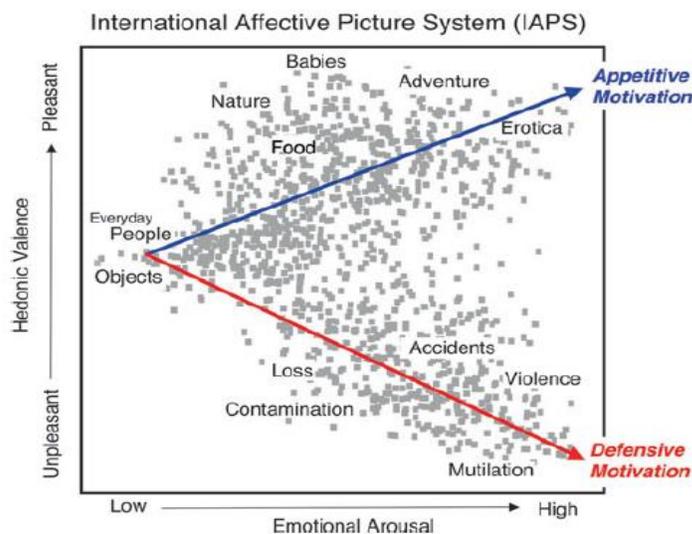
**Figura 3. SAM (Self-Assessment Manikin) o Maniquí de Autoevaluación.** Se muestra la escala para evaluar la valencia del 9 al 1, para medir activación de 9 a 1 y para dominancia del 1 a 9. Modificado de Madera-Carrillo, Zarabozo, Ruiz-Díaz & Berriel-Saez, 2015.

El SAM para la valencia va desde una figura sonriente y feliz hasta una figura triste e infeliz. Para la dimensión de excitación, desde una figura excitada y con los ojos muy abiertos hasta una figura relajada y somnolienta y para la dominancia se representa con una figura que varía de tamaño pequeña (no dominante) a grande (dominante) (Madera-Carrillo et al., 2015). Los participantes al calificar una imagen

en el punto medio de la escala con el SAM, indican que no se sienten felices ni infelices (es decir, neutrales) ni tranquilos ni excitados, ni influenciados o dominados (Lasaitis et al., 2008).

### 1.12.1 ESPACIO AFECTIVO DEL IAPS

Cuando las escenas emocionales se trazan en un espacio bidimensional definido por su nivel medio de placer y excitación se tiene como resultado el espacio afectivo (Bradley & Lang, 2017), éste tiene forma de bumerán porque las imágenes que se presentan como más agradables o más desagradables, incrementan la excitación, en comparación con aquellas que se clasifican como neutrales, en donde se muestra una baja excitación (figura 2) (Tok et al., 2010).



**Figura 4. Espacio Afectivo del IAPS.** Se muestra la relación entre la Activación (eje de las abscisas) y la Valencia (eje de las ordenadas). Las imágenes neutrales se ubican en el punto medio, no provocan activación, imágenes positivas y negativas provocan un incremento en la activación. Tomado de Margaret, Bradley & Peter, 2017.

En la figura 2, la excitación emocional aumenta a medida que las calificaciones de valencia hedónica se acercan a cada extremo de esa dimensión (Silva, 2011). Por otro lado, las calificaciones de dominancia están altamente correlacionadas con las calificaciones de valencia hedónica, con imágenes agradables clasificadas como más altas en dominancia que las imágenes desagradables (Lang, Bradley & Cuthbert, 2008). La Figura 2 también ilustra las trayectorias a través del espacio

afectivo en el que la activación de los sistemas motivacionales apetitivo o defensivo varía de baja a alta (Bradley & Lang, 2017). Cuando ninguno de los dos sistemas de motivación está activo, los juicios anclan la posición neutral y tranquila en el espacio afectivo. A medida que las imágenes activan más los sistemas apetitivo o defensivo, caen a lo largo de las trayectorias apetitiva y defensiva (Scherer et al., 2006).

En adición, el sistema motivacional defensivo se activa ante contextos relacionados con la amenaza que generan conductas de escape, retirada y ataque, mientras que el sistema apetitivo se activa en situaciones que promueven la supervivencia como sustento, procreación y crianza, basándose en conductas de ingesta, cópula y prestación de cuidados (Romo-González et al., 2018). Por otro lado, la valencia tiene un mayor impacto en la respuesta emocional, evidencia el grado de placer o displacer que una persona experimenta ante una situación (Lang, Davis & Ohman, 2010). Cuando la activación en cualquiera de los sistemas es mínima, la excitación nominal es baja y los eventos se etiquetan como "no emocionales" o "neutrales", en consecuencia, la activación se refiere al nivel de energía invertido en la emoción y representa la activación metabólica (Bradley, 2009). Finalmente, la dominancia es la dimensión que explica el grado de control percibido sobre la respuesta emocional (Estrada et al., 2016).

El IAPS ha sido utilizado en una amplia variedad de estudios, solo por mencionar algunos, para el estudio del miedo a través de la técnica de resonancia magnética funcional (Stark et al., 2003), estudio de las emociones con contenido aversivo (McTeague et al., 2017) para determinar qué áreas están involucradas en el procesamiento de las emociones (Wang et al., 2017), entre otros.

## **1.13 BASES NEURALES DE LA EMOCIÓN**

### ***Sistema Límbico***

El sistema límbico tiene un vínculo primordial con la emocionalidad y la motivación para la acción, así como el proceso de aprendizaje y memoria. Este otorga a la

información derivada del mundo interior y exterior su particular significado emocional. Además, en el sistema límbico se distinguen una porción cortical y subcortical (Neurociencia Aplicada, 2007).

La porción cortical está compuesta por el giro cingulado, el giro subcalloso, el giro parahipocampal y la formación del hipocampo, así como por estructuras corticales relacionadas con la vía olfatoria. Los componentes subcorticales son: la amígdala, el septum, el núcleo accumbens, el epitálamo, el núcleo anterior del tálamo y parte de los ganglios basales. A esta larga relación se le suele incorporar el hipotálamo y la corteza orbitofrontal (Fisiología Humana, 2016).

Dichas estructuras, sus funciones y su compleja interacción hacen del sistema límbico un eje de las emociones y su relación con el aprendizaje motor.

### ***Hipocampo***

Desde el informe de 1957 del estudio de caso H.M., quien perdió la capacidad de formar nuevos recuerdos declarativos después de la extirpación quirúrgica del hipocampo y estructuras cercanas del lóbulo temporal para tratar su epilepsia, el hipocampo ha estado a la vanguardia de la investigación sobre las bases neurobiológicas de la memoria (Knierim, 2015).

El hipocampo es considerado como el disco duro del cerebro humano, está asociado con la consolidación de la memoria y la toma de decisiones, así como la navegación y la memoria espacial (Bannerman et al., 2014). Se ubica en el interior del lóbulo temporal y se compone por tres distintas zonas: el giro dentado, el hipocampo propiamente dicho, y el subículo (Fogwe et al., 2020). A su vez, el *Cornu Ammonis* (CA) tiene la forma de un hipocampo (de ahí su nombre) que describen las diferentes capas del hipocampo, se dividen en 4 subcampos: CA1, CA2, CA3 y CA4 (Fogwe et al., 2020).

Investigaciones recientes utilizando animales con lesiones en el hipocampo demuestran que la porción dorsal participa en funciones cognitivas, procesamiento

espacial y la ventral involucra la regulación del estrés y emociones (Bartsch & Wulff, 2015). En consecuencia, esta estructura está indirectamente relacionada con el aprendizaje motor y cómo este puede verse influenciado por las emociones y el estrés.

## **Amígdala**

El complejo de la amígdala se conoce desde hace mucho tiempo como parte de los circuitos neuronales críticos para la emoción (Gallagher & Chiba, 1996). La amígdala cumple una importante función en el aprendizaje asociativo, ya que esta estructura cerebral es importante para captar señales que se asocian con eventos gratificantes o aversivos (LeDoux, 2000). Por otro lado, la amígdala también regula procesos cognitivos adicionales, como la memoria o la atención (Dalgleish, 2004).

### ***La amígdala y el miedo***

La amígdala consta de aproximadamente 12 regiones diferentes, cada una de las cuales se puede dividir en varias subregiones (LeDoux, 1996). Las áreas de mayor relevancia para el condicionamiento del miedo son los núcleos: lateral (LA), basal (B), basal accesorio (AB), central (CE) y las conexiones entre estos (LeDoux, 2000).

La parte dorsal de la amígdala basolateral (BLA), la amígdala lateral (LA), es el principal sitio de entrada de información sensorial al complejo de la amígdala y recibe fuertes entradas de la corteza sensorial y el tálamo (Krabbe et al., 2018). La amígdala basal (BA) recibe información sensorial menos directa, pero está conectada recíprocamente con otras regiones del cerebro, como la corteza prefrontal o el hipocampo ventral. Además, la BLA también envía proyecciones al núcleo central de la amígdala (CEA), una región de salida principal similar al estriado de la amígdala. El CEA media las respuestas motoras y autónomas al miedo y el estrés al dirigirse a los núcleos del mesencéfalo y del hipotálamo (Krabbe et al., 2018).

El complejo de la amígdala ha demostrado ser fundamental para la adquisición de una gama de conductas de miedo condicionadas, p. ej., en roedores expuestos

a estímulos condicionados se ha reportado la conducta de congelamiento, sobresalto y otras respuestas autónomas (Sah, 2017). LA se ha visto involucrada en la respuesta del condicionamiento al miedo a través de tonos auditivos (LeDoux, 2000). Si un estímulo que normalmente no provoca una respuesta de miedo, como un tono auditivo (estímulo incondicionado) se empareja con un estímulo que normalmente evoca una respuesta de miedo (respuesta condicionada), como una descarga eléctrica, entonces el tono llegará a provocar una respuesta de miedo por sí mismo. Cuando la amígdala es lesionada en ratones, el animal no muestra este aprendizaje, y si la lesión se realiza después de que el animal ha sido entrenado, esta asociación aprendida se pierde, en consecuencia, la amígdala es importante tanto para aprender como para almacenar la respuesta de miedo condicionada (Ward, 2015).

### ***Corteza Cingulada Anterior***

La corteza cingulada anterior (CCA) participa en el control de la atención, el seguimiento de conflictos, la inhibición de la respuesta emocional y la evaluación de resultados (Albert et al., 2012). Específicamente, las regiones dorsal-caudal de la CCA están involucradas en la evaluación y expresión de la emoción negativa, mientras que las porciones ventral-rostral de la CCA tienen un papel regulador con respecto a las regiones límbicas involucradas en la generación de respuestas emocionales (Etkin et al., 2011).

Además, la CCA responde mientras se experimenta dolor en uno mismo y presencia el dolor en los demás, en un experimento llevado a cabo en ratas se demostró que estas contienen neuronas que responden cuando una rata experimenta dolor desencadenado por un láser y mientras observa a otra rata recibir descargas en las patas, por lo tanto, se concluye que además de ser una estructura que mapea el dolor, contiene neuronas en espejo que codifican el dolor de otros en un código compartido con la experiencia del dolor de primera mano (Carrillo et al., 2019). La ACC, también tiene una vía de entrada al BLA contribuyendo a la respuesta de miedo innato, esto ha sido observado en ratones que ante olores de depredadores mostraron una respuesta de congelamiento (Jhang et al., 2018).

Por otra parte, un estudio de neuroimagen examinó los correlatos neuronales de la exclusión social y probó la hipótesis de que las bases cerebrales del dolor social son similares a las del dolor físico, para ello, escanearon a voluntarios mientras jugaban un juego virtual de lanzamiento de pelota entre tres personas, pero al final, uno fue excluido. La ACC fue más activa durante la exclusión que durante la inclusión y se correlacionó con la angustia auto informada. Por consiguiente, esta estructura también regula nuestra conducta en relación con los demás (Eisenberger et al., 2003).

### ***Ínsula***

La emoción de disgusto es provocada por una variedad de estímulos que van desde alimentos podridos hasta personas inmorales. Cuando nos encontramos con estímulos tan repugnantes, ya sean físicos o sociales, comúnmente experimentamos respuestas de rechazo por parte del cuerpo, como náuseas y rebelión (Suzuki, 2010). La ínsula está estrechamente relacionada con el disgusto porque cumple funciones motoras tanto gustativas como viscerales (Kurth et al., 2010) incluido el control del vómito. De hecho, la ínsula se activa por una amplia gama de estímulos relacionados con el disgusto, como expresiones faciales de disgusto, olores desagradables, imágenes de comida podrida y actos injustos (Suzuki, 2010).

En un estudio de resonancia magnética funcional, voluntarios sanos vieron imágenes de contaminación, mutilación humana, ataques y escenas neutrales durante el escaneo. La ínsula respondió a las imágenes, menos a las neutrales. Estos hallazgos apoyan la regulación del disgusto por parte de la ínsula (Wright et al., 2004).

### ***Corteza Prefrontal (CPF)***

La CPF juega un papel fundamental en la generación y regulación de las emociones, diferentes subregiones de la CPF están involucradas en la asignación de valor a tipos específicos de entradas: sensaciones exteroceptivas, recuerdos episódicos, eventos futuros imaginados, señales viscerosensoriales, señales visceromotoras,

acciones, estados mentales de los demás, información relacionada con uno mismo y emociones en curso (Dixon et al., 2017).

Las interacciones funcionales entre la amígdala y la corteza prefrontal median las influencias emocionales en los procesos cognitivos como la toma de decisiones, así como la regulación de las emociones (Salzman & Fusi, 2010). También está involucrada en el aprendizaje del valor emocional y motivacional de los estímulos, específicamente, las regiones de la CPF trabajan junto con la amígdala para aprender y representar relaciones entre nuevos estímulos (reforzadores secundarios) y reforzadores primarios como la comida, la bebida y el sexo (Dalglish, 2004).

Por otro lado, la corteza orbitofrontal (COF) contiene neuronas que prefieren asociaciones gratificantes o aversivas (Salzman & Fusi, 2010). El sistema apetitivo, compuesto por células que prefieren asociaciones positivas, se actualiza más rápidamente en la COF, adaptándose a los cambios en las contingencias de refuerzo más rápido que el sistema apetitivo en la amígdala, sin embargo, lo contrario es cierto para el sistema aversivo: las neuronas de la amígdala que prefieren lo negativo se adaptan a los cambios en las contingencias de refuerzo más rápidamente que sus contrapartes en la COF (Banks et al., 2007).

Además, la CPF también está asociada con el procesamiento de rostros y tiene una importante participación en el procesamiento e interpretación de estímulos socioafectivos (van den Bulk, 2013).

### ***Núcleo Accumbens***

El núcleo accumbens (NAc), es el centro de placer más importante del cerebro humano, domina el sistema de recompensa (Mavridis, 2015) y juega un papel clave en la selección de acciones integrando la información cognitiva y afectiva procesada por las regiones del lóbulo frontal y temporal para aumentar la eficiencia y el vigor del apetito o comportamientos motivados aversivamente (Floresco, 2015).

El núcleo accumbens, responde de manera consistente a las recompensas, como el dinero y las demostraciones faciales felices (Monk et al., 2008). También regula las respuestas motoras a los estímulos aversivos y en conjunto con la amígdala median la detección y la reacción a los estímulos motivadores (Reynolds & Berridge, 2008).

### ***Estriado Ventral***

El estriado ventral en asociación con la amígdala procesa estímulos relevantes (Ousdal et al., 2012). Estudios de neuroimagen han revelado que esta estructura se activa en tareas de recompensa monetaria (Felmington et al., 2014). El estriado ventral también se activa en múltiples formas de estados afectivos positivos. Se han encontrado aumentos en la actividad metabólica cerebral medida por imágenes cerebrales en humanos en respuesta a los afectos positivos inducidos por la anticipación de la recompensa, así como a los afectos positivos inducidos por la música (Burgdorf & Panksepp, 2006).

## **2. JUSTIFICACIÓN**

Las emociones juegan un papel clave en el aprendizaje (Tyng et al., 2017). A su vez se ha reportado que estas pueden mejorar la tasa de aprendizaje y memoria (Hinton et al., 2008). Algunos autores sugieren la implementación de estrategias emocionales para mejorar y acelerar los procesos de aprendizaje y nuevas habilidades motoras (Angulo-Barroso et al., 2017; Festini et al., 2016). Por esta razón se realizó una revisión sistemática del efecto de las emociones positivas y negativas sobre el aprendizaje motor. El objetivo de esta investigación ayudará a tener información de cuáles son los estímulos emocionales que influyen en el aprendizaje motor.

## **3. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

¿Las emociones tienen efecto sobre el aprendizaje motor?

## **4. OBJETIVO GENERAL**

Llevar a cabo una revisión bibliográfica sobre los efectos de la emoción en el aprendizaje motor.

## **5. OBJETIVOS PARTICULARES**

Entender cómo las emociones negativas repercuten en el aprendizaje motor

Entender cómo las emociones positivas influyen en el aprendizaje motor

## **6. METODOLOGÍA**

Se realizó una revisión sistemática acorde a la declaración PRISMA (Moher et al., 2009), la cual sugiere una formulación de la pregunta PICO para comenzar a realizar la selección de artículos que serán incluidos en una revisión.

PICO es una nemotecnia utilizada para describir los cuatro elementos de una pregunta clínica:

P= Population, Patient, Problem (Población, paciente o problema) ¿Cómo describiría el problema o un grupo de pacientes similar al mío?

I= Intervention (Intervención) ¿Qué intervención principal, factor pronóstico o exposición estoy considerando?

C= Comparison (Comparación) ¿Hay alguna alternativa para comparar con la intervención?

O= Outcome (Resultado) ¿Qué espero lograr, medir, mejorar o afectar? (OHSU Library, 2023).

La pregunta que formulamos se deriva de la pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto de la emoción en el aprendizaje motor?

P= El grupo de estudio que elegimos son humanos sin exclusión de edad, sexo o condición médica.

I= Incluimos solo tareas conductuales que evalúan el aprendizaje motor con uso de evocadores de emoción.

C= Incluimos todos los métodos conductuales.

O= Se espera medir las consecuencias o ventajas del uso de evocadores de emoción sobre el aprendizaje motor.

Para generar la pregunta PICO, se utilizaron los términos MeSH (También sugeridos por la metodología PRISMA).

Los términos MeSH (Medical subject headings, por sus siglas en inglés), también conocidos como títulos de temas médicos, son un vocabulario controlado que emplean bases de datos biomédicas para procesar la información que forma parte de cada una de ellas (Fernández-altuna et al., 2016) y van acompañados de operadores booleanos (AND, OR Y NOT) como complemento para precisar la búsqueda (Manterola et al., 2013) .

Por lo tanto, la búsqueda de la información se hizo en las siguientes plataformas:

- PUBMED
- SCIENCE RESEARCH
- SCIENCE DIRECT
- SPRINGER

Los términos MeSH solo aplican para la plataforma PUBMED, pero se siguió la misma metodología en las otras plataformas para precisar la búsqueda de artículos que nos interesaba obtener.

Las palabras clave en inglés utilizadas fueron:

-Emotion

-Motor learning

-Learning

-Emotion AND learning

-Emotion AND motor learning

-Emotion OR emotions

-Header: Effect of emotion on motor learning

Obteniéndose los datos presentados en la siguiente tabla

**Tabla 1. Número de artículos obtenidos por plataforma de búsqueda**

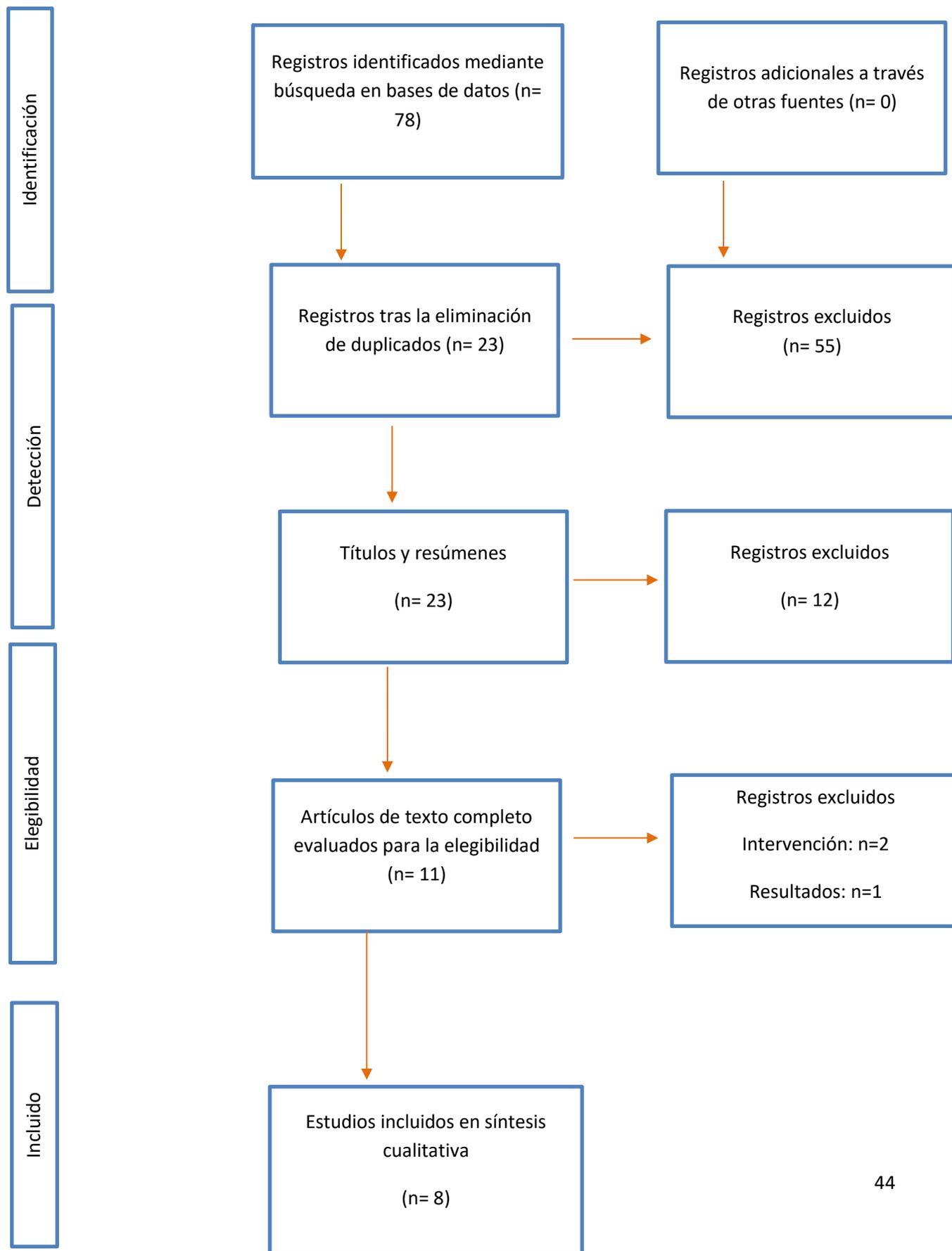
Palabra(s) clave	PUBMED	SCIENCE RESEARCH	SCIENCE DIRECT	SPRINGER
<b><i>Emotion</i></b>	7 (MeSH) 360,807	6,236	262,629	361,546
<b><i>Motor learning</i></b>	48,148	6,317	202,207	219,526
<b><i>Learning</i></b>	687,169	8,039	>1,000,000	2,051,420
<b><i>Emotion AND learning</i></b>	34,064 (MeSH) 55,053	5,419	103,509	230,306
<b><i>Emotion AND motor learning</i></b>	39,787	4,435	27,526	38,070
<b><i>Emotion OR emotions</i></b>	7	5,521	262,629	366,073
<b><i>Effect of emotion on motor learning</i></b>	2,905	3,862	22,482	33,222

\*El término "motor learning" no se identificó como un término MeSH.

Al obtener grandes volúmenes de información provenientes de las plataformas, decidimos que la mejor búsqueda consistiría en incluir artículos que solo contenían en el encabezado las combinaciones de las palabras *motor learning* y *emotion* así como *effect of emotion on motor learning*.

Para ello desarrollamos el siguiente diagrama que se apega a los criterios PRISMA (Moher et al., 2009).

**Figura 5. Diagrama de flujo obtenido con la metodología PRISMA**



Finalmente se eligieron 8 artículos con la ayuda del diagrama sugerido por la metodología prisma, otros criterios que se tomaron en cuenta para la inclusión y exclusión de los artículos son los siguientes:

**Criterios de inclusión de artículos:** Artículos publicados a partir de 1990, artículos que incluyen tareas conductuales motoras, artículos solo en idioma inglés, artículos publicados usando como modelo de estudio solo humanos.

**Criterios de exclusión:** Artículos publicados mayores a 30 años, artículos diferentes al idioma inglés, artículos que usen modelos no humanos, artículos de revisión.

## **7. RESULTADOS**

### **7.1 EXPERIMENTOS QUE MUESTRAN EVIDENCIA SOBRE EL EFECTO DE LAS EMOCIONES EN EL APRENDIZAJE MOTOR**

Se llevó a cabo una revisión bibliográfica de las publicaciones que existen sobre como la emoción afecta el aprendizaje motor, los resultados se reportan acorde a lo que sugiere la lista (tabla 1 del artículo) de la metodología PRISMA para incluir los resultados (Moher et al., 2009).

**Tabla 2. Descripción de los artículos incluidos en la revisión**

Artículo	Muestra	Tarea	Intervención	Resultado
<b>Blakemore et al., 2017</b>	N=24 participantes Edad: 26±6 años 12 (M), 12 (H).	Tarea de máxima contracción voluntaria (MVC). Tarea de fuerza de preparación del esfuerzo. Calificación de imágenes del IAPS.	Se mostró a los participantes imágenes emocionales del IAPS (agradables, desagradables y neutras), seguidas de estímulos que consistían en palabras de acción/inacción (p. ej. frágil, tenso) o de palabras neutras (control), posteriormente los participantes presionaban un dispositivo de medición de fuerza, todo dentro de un resonador. En otro experimento, los participantes calificaron las imágenes acordes a su valencia y activación y las palabras acordes con su valencia.	Los conceptos de inacción disminuían la fuerza máxima en comparación con los conceptos de acción cuando se presentaban en un contexto emocional neutral. Las imágenes agradables presentadas antes de las palabras de acción (en relación con las palabras control) deterioraron la producción de fuerza máxima, esto reflejó una disminución en el esfuerzo. Por el contrario, las imágenes desagradables en relación con las palabras control, aumentaron la producción de fuerza.
<b>Coombes et al., 2005</b>	N=37 voluntarios, 18 (M), 19 (H). Edad: 18-27 años (M = 20,6 años, DE = 3,02 años)	Tarea de trazado de cuadrados	Se mostró imágenes del IAPS (similares en activación, pero opuestas en valencia) a los voluntarios, posterior a la visualización de la imagen tenían que dibujar un cuadrado en sentido antihorario lo más rápido posible, a su vez se midió la frecuencia cardíaca y la conductancia de la piel.	Los participantes mostraron un mayor error al realizar la tarea motora después de la exposición a bloques de estímulos desagradables que después de la exposición a bloques de estímulos agradables. También se encontró que ante imágenes altamente excitantes se obtiene una mayor precisión en el trazo, pero solo si el estímulo es agradable.

<b>Onigata &amp; Bunno, 2020</b>	N=19 voluntarios 4 (M), 15 (H). Edad: 21.8 ± 0.5 años.	Visualización de imágenes desagradables del IAPS a la vez que se mide la onda F.	Se mostró una imagen desagradable del IAPS, al mismo tiempo se mide la onda F con una máquina de electromiografía.	La amplitud de la onda F incrementó cuando los sujetos veían una imagen desagradable en comparación con la imagen neutral.
<b>Ambron &amp; Foroni, 2015</b>	N=27 participantes 13 (M), 14 (H). Edad: 22.4 años.	Tarea de alcance	Se pidió a los participantes que trazaran una ruta lo más rápido posible desde un punto de partida hasta un objetivo utilizando un lápiz óptico. Para el trazado se les pidió que ignoraran el distractor, el cual consistía en la aparición de un rostro con alguna expresión emocional.	Se observó que los rostros con expresiones emocionales provocaron un mayor error en el trazado de la ruta en comparación con los rostros neutrales.
<b>Angulo-Barroso et al., 2017</b>	N= 38 bebés Edad= 9.3 ± 1.1 meses	Paradigma de aprendizaje contingente.	Se instruyó a los bebés para que aprendieran a mover de derecha a izquierda un mango en T que conectaba con una pantalla. Al ser movido se podía ver una caricatura en una pantalla. En una segunda tarea los bebés tenían que aprender un movimiento diferente del mango T, es decir, de arriba hacia abajo para que la caricatura pudiera ser visualizada en la pantalla.	Los investigadores hallaron un aumento general de las respuestas negativas ante una tarea motora desempeñada por bebés que parecía generar cierto nivel de frustración (emoción negativa), sin embargo, las emociones negativas se redujeron cuando hubo evidencia de aprendizaje.
<b>Coombes et al., 2009</b>	N=15 voluntarios varones. Edad: 18-28 años, (M= 21.60 años, DE= 3.27)	Visualización de imágenes del IAPS mientras se aplica estimulación magnética transcraneal a la vez que se presiona un botón que mide la fuerza de la mano y que permite medir potenciales evocados motores.	Los participantes observaron imágenes del IAPS, al mismo tiempo que recibían estimulación magnética transcraneal. A los participantes se les presentaba un tono después de ver la imagen y tenían que presionar un botón al finalizar el sonido.	Los análisis revelaron tres hallazgos: primero, los tiempos de reacción se aceleraron durante la exposición a imágenes desagradables, en comparación con imágenes agradables y neutrales; segundo, la fuerza fue mayor durante la exposición a imágenes desagradables, en comparación con imágenes agradables y neutrales; y por último, los MEP's eran más grandes mientras los participantes veían imágenes desagradables, en comparación con imágenes neutrales.

<b>Festini et al., 2016</b>	N=23 voluntarios 6 (M), 17 (H). Edad: 22.08 DE= 0.61	Paradigma de adaptación a prismas.	Los participantes tenían que lanzar dardos a un tablero mientras portaban unas gafas con prismas, posterior al lanzamiento se indicaba los puntos ganados o perdidos y ellos evaluaban como se sentían después de cada ensayo con una escala de emojis emocionales que se les proporcionó.	Los participantes que cometieron más errores durante una tarea motora reportaron mayor decepción y frustración y aquellos que ganaron más puntos, se sintieron más felices.
<b>Moseley et al., 2012</b>	N=18 participantes	Paradigma de lectura pasiva	Se les mostró a las participantes palabras de emoción junto con palabras de acción (verbos relacionados con el brazo y la cara) y estímulos neutros (control).	Los resultados demostraron una activación sustancial del sistema motor del hemisferio izquierdo mediante palabras de manos, brazos y emociones (aunque no con palabras de animales, usadas como controles).

Los artículos se calificaron usando dos herramientas, una de ellas la tomamos de un artículo de revisión sobre el mismo tema para incluir la escala PEDro (Carrasco-González et al., 2021) y también utilizando como referencia la metodología COCHRANE que es alternativa a la metodología PRISMA y sugiere el uso de la herramienta QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES (QATQS) (McMaster University, 2023).

**Tabla 3. Calificación de los artículos con base en la escala PEDro**

<b>Artículo (Autor)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Total</b>
Blakemore et al., 2017	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Coombes et al., 2005	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	4
Onigata & Bunno, 2020	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Ambron & Foroni, 2015	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Angulo-Barroso et al., 2017	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	6
Coombes al., 2009	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Festini et al., 2016	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5
Moseley et al., 2012	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	5

*\*La interpretación de las calificaciones de la escala PEDro se localizan en el ANEXO I (Pedro et al., 1999).*

**Tabla 4. Calificación de los artículos con base en la QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES (QATQS).**

Artículo (Autor)	Calificación global
Blakemore et al., 2017	Moderate
Coombes et al., 2005	Moderate
Onigata & Bunno, 2020	Moderate
Ambron & Foroni, 2015	Weak
Angulo-Barroso et al., 2017	Moderate
Coombes et al., 2009	Moderate
Festini et al., 2016	Weak
Moseley et al., 2012	Weak

\*La interpretación de las calificaciones del QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES se localizan en el ANEXO II, (McMaster University, 2023).

## 8. DISCUSIÓN

Las emociones juegan un papel relevante en el aprendizaje motor, la evidencia recolectada muestra que sin importar el tipo de tarea motora que se emplean en los experimentos descritos en la sección de resultados, las emociones positivas como la felicidad pueden mejorar el aprendizaje y con ello el rendimiento, contrario a lo que pasa con las emociones negativas.

De acuerdo con Damasio y Carvalho, las emociones son desencadenadas por la percepción o el recuerdo de estímulos exteroceptivos, estas incluyen repugnancia, miedo, ira, tristeza, alegría, vergüenza, desprecio, orgullo, compasión y admiración (Damasio & Carvalho, 2013).

Los experimentos llevados a cabo en los artículos están basados en la teoría bifásica de la emoción, p. ej., Blakemore y colaboradores (2017) demuestran que las emociones negativas desencadenan o activan el sistema simpático (sistema defensivo), provocando una respuesta motora rápida, ya que ante un estímulo amenazador la respuesta es inmediata, generando una movilización de recursos energéticos, así como un desagrado situado en la parte baja del espacio afectivo del IAPS (Margaret, Bradley & Peter, 2017).

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que en este estudio se utilizaron palabras de acción e inacción acompañadas de las imágenes del IAPS, por lo tanto, no se puede atribuir el resultado que obtienen los investigadores únicamente a la imagen, habría que probar por separado estos dos elementos. Igualmente, en las tablas 3 y 4 podemos observar que este artículo tiene una calidad moderada (acorde al QATQS) y regular acorde a la escala PEDro, debido al diseño experimental (ver apéndices I y II para la obtención de puntuaciones). Por otro lado, el estudio que reportan Coombes y colaboradores en el 2005, demuestra que los circuitos apetitivo y defensivo afectan la precisión del movimiento, ya que ante un estímulo desagradable la respuesta es más veloz pero afecta la precisión, por lo tanto, esta aceleración en el movimiento puede tener prioridad por razones de supervivencia restándole importancia a la precisión (Lang, 2010). También se observó una

desaceleración de la frecuencia cardíaca ante imágenes negativas, coincidiendo con la cascada de defensa y un incremento en la sudoración, por consiguiente, ante estímulos negativos el organismo dará prioridad a las situaciones amenazantes que tenga que resolver (Lang, 2010).

En este estudio no se utilizaron controles, la escala PEDro lo puntúa como regular y la QATQS le da una calificación de “moderado” (moderate), sin embargo, se sugiere que en estudios futuros se incluyan imágenes neutras para poder hacer una comparación más exacta ante los grupos con valencia positiva y negativa. Por otra parte, Onigata & Bunno (2020) llevaron a cabo el primer experimento que se ha diseñado para evaluar como la influencia de las emociones desagradables cambian la excitabilidad de las neuronas motoras espinales, encontrándose que una imagen desagradable provoca una mayor excitabilidad, entendiéndose de igual manera por la teoría bifásica de la emoción, ya que ante un estímulo amenazante el sistema simpático se prepara para hacer frente, provocando una movilización energética mayor, en comparación con el reposo (Bradley, Codispoti, Cuthbert & Lang, 2001). La calidad de este estudio es moderada (acorde la QATQS) y regular en la escala PEDro, para robustecer la investigación deberían utilizar más imágenes negativas en el diseño experimental y comprobar si la excitabilidad de la motoneurona espinal incrementa ante otros estímulos igualmente amenazantes e incluir un control donde se muestren imágenes neutras.

En el 2009, nuevamente Coombes y colaboradores, hallaron que ante estímulos negativos los tiempos de reacción son más rápidos, es decir, que ante estímulos negativos el organismo se prepara para responder rápidamente ante la amenaza (Bradley & Lang, 2010), a su vez, la fuerza medida también fue mayor ante estímulos negativos (Coombes et al., 2009). Estos hallazgos proporcionan evidencia de que una respuesta impulsada por la emoción tiene un impacto importante en el sistema motor, es decir, las emociones preparan al cuerpo humano para la acción. La calificación de este artículo es moderada, por lo tanto, sus resultados pueden ser utilizados para investigaciones futuras.

Otro experimento novedoso llevado a cabo en bebés de 9 meses por Angulo-Barroso y colaboradores (2017), concluye que la regulación emocional puede ser

un factor crucial en la mejora del rendimiento durante el aprendizaje de una tarea operante compleja, no obstante, el estudio tiene una desventaja, ya que por su diseño no se puede concluir si las emociones mejoran el aprendizaje o si la mejora en el aprendizaje desencadena emociones positivas (Angulo-Barroso et al., 2017). Aunado a esto, el diseño experimental está basado en el aprendizaje de recompensa, pudiendo incrementar las emociones positivas al obtener la gratificación esperada. Por lo tanto, solo se puede concluir que los procesos emocionales están vinculados a la mejora del rendimiento, pero quizás, sería importante realizar una modificación al modelo experimental en el que se pueda medir si la emoción provoca el aprendizaje o viceversa, pudiéndose llevar a cabo en apego a la teoría bifásica de la emoción. El artículo tiene como tal una calificación buena en las escalas presentadas en la sección de resultados, por ello, los resultados pueden considerarse para futuras investigaciones.

Otro estudio novedoso realizado por Festini y colaboradores (2016), utilizando un paradigma de adaptación a prismas reveló que el rendimiento durante el aprendizaje puede mejorar si las personas experimentan emociones positivas y que por el contrario, empeora cuando experimentan frustración o decepción. La calificación obtenida para este artículo es débil, razón por la cual, los resultados no deberían ser considerados, al respecto, se puede decir que su diseño está fundamentado en el aprendizaje por recompensa en comparación con los anteriores que está basado en el aprendizaje por error y en éste ámbito el factor de gratificación influye en el estado de la persona.

Por otra parte, en un paradigma de lectura pasiva (Moseley et al., 2012), se comprobó que el sistema motor se activa ante la lectura pasiva de palabras emocionales acompañadas de palabras de acción. El artículo tiene una calificación débil o mala y sus datos no pueden ser utilizados ya que deberían evaluarse las palabras de acción y emoción por separado para comparar, sin embargo, los resultados muestran que las palabras con contenido emocional activan áreas motoras y también áreas límbicas vinculadas al procesamiento afectivo-emocional (Moseley et al., 2012).

Ambron & Foroni (2015) implementaron la tarea de alcance utilizando rostros emocionales como distractores, concluyendo que las emociones pueden sesgar nuestras acciones motoras sin importar su naturaleza, empero, el diseño de su experimento se apega a la teoría de la categoría (Levenson, Ekman, & Friesen, 1990). Más aún hace énfasis en que las emociones captan nuestra atención y es por esta razón que pueden sesgar nuestras acciones motoras. La calificación del artículo es débil en la QATQS y regular en la escala PEDro, por lo tanto, los resultados obtenidos no deberían ser tomados en cuenta para investigaciones futuras.

De manera general, la mayoría de los experimentos revisados en este trabajo coinciden con la teoría bifásica de la emoción, porque ante estímulos agradables y desagradables se activan los estados motivacionales defensivos y apetitivos (Bradley et al., 2000; Bradley & Lang, 2010). Cabe mencionar que además de los estudios conductuales esto se ha complementado con estudios de resonancia magnética en los que se ha visto mayor actividad de las estructuras cerebrales involucradas en el procesamiento de la emoción cuando se ejecutan tareas motoras con contenido emocional (Blakemore et al., 2017; Moseley et al., 2012).

Finalmente, es necesaria más investigación en el área del aprendizaje motor relacionado a la emoción porque la gran heterogeneidad de los diseños experimentales, el tipo de intervención, la falta de controles en algunos casos y el tipo de sujetos utilizados, provocan dificultades para obtener conclusiones concretas. Aunque las investigaciones han arrojado resultados congruentes con lo que se esperaría acorde a las teorías de la emoción, esto no deja de ser información que requiera ser complementada.

## **9. CONCLUSIONES**

No se puede obtener una conclusión global con los estudios reportados ya que se encontraron fallas en la metodología y calificaciones débiles en algunos artículos, de manera general podemos decir que los estímulos emocionales positivos mejoran el rendimiento y el aprendizaje motor, contrario a lo que pasa con los estímulos emocionales negativos que disminuyen el aprendizaje y provocan mayores errores ante la realización de tareas motoras. Los mecanismos que se activan ante la presentación de los estímulos emocionales corresponden al defensivo y al apetitivo, éstos inician una respuesta metabólica que culmina con una acción que se refleja en la conducta y cuya finalidad es asegurar la supervivencia, acorde a la teoría bifásica de la emoción.

## 10. REFERENCIAS

- Acosta-Marí, E., Cortijo-Palacios, X., Bernal-Morales, B., Cadena-Barajas, M., & Cibrián-Llenderal, T. (2017). Diferencias en la evaluación de imágenes afectivas en distintas etapas del desarrollo humano. *Eneurobiología*, 8(19).
- Alfonso Uresti-Cabrera, L., Vaca-Palomares, I., Diaz, R., Beltran-Parrazal, L., & Fernandez-Ruiz, J. (2015). Effects of aging on strategic-based visuomotor learning. *Brain Research*, 1618, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2015.05.022>
- Allen, J. J., Anderson, C. A., & Bushman, B. J. (2018). The General Aggression Model. *Current Opinion in Psychology*, 19, 75–80. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.03.034>
- Ambron, E., & Foroni, F. (2015). The attraction of emotions: Irrelevant emotional information modulates motor actions. *Psychonomic Bulletin and Review*, 22(4), 1117–1123. <https://doi.org/10.3758/s13423-014-0779-y>
- Angulo-Barroso, R. M., Peciña, S., Lin, X., Li, M., Sturza, J., Shao, J., & Lozoff, B. (2017). Implicit learning and emotional responses in nine-month-old infants. *Cognition and Emotion*, 31(5), 1031–1040. <https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1179624>
- Ashby, F. G., Turner, B. O., & Horvitz, J. C. (2011). *NIH Public Access Author*. 14(5), 208–215. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.02.001.Cortical>
- Blakemore, R. L., Neveu, R., & Vuilleumier, P. (2017). How emotion context modulates unconscious goal activation during motor force exertion. *NeuroImage*, 146(November 2016), 904–917. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.11.002>
- Bannerman, D. M., Sprengel, R., Sanderson, D. J., McHugh, S. B., Rawlins, J. N. P., Monyer, H., & Seeburg, P. H. (2014). Hippocampal synaptic plasticity, spatial memory and anxiety. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(3), Art. 3. <https://doi.org/10.1038/nrn3677>
- Bartsch, T., & Wulff, P. (2015). The hippocampus in aging and disease: From plasticity to vulnerability. *Neuroscience*, 309, 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.07.084>
- Bock, O., & Schneider, S. (2002). Sensorimotor adaptation in young and elderly humans. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 26(7), 761–767. [https://doi.org/10.1016/S0149-7634\(02\)00063-5](https://doi.org/10.1016/S0149-7634(02)00063-5)
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Cuthbert, B. N., & Lang, P. J. (2001). Emotion and Motivation I: Defensive and Appetitive Reactions in Picture Processing. *Emotion*, 1(3), 276–298. <https://doi.org/10.1037/1528-3542.1.3.276>

- Bradley, M. M., Sapigao, R. G., & Lang, P. J. (2017). Sympathetic ANS modulation of pupil diameter in emotional scene perception: Effects of hedonic content, brightness, and contrast. *Psychophysiology*, *54*(10), 1419–1435. <https://doi.org/10.1111/psyp.12890>
- Buch, E. R., Young, S., & Contreras-Vidal, J. L. (2003). Visuomotor adaptation in normal aging. *Learning and Memory*, *10*(1), 55–63. <https://doi.org/10.1101/lm.50303>
- Burgdorf, J., & Panksepp, J. (2006). The neurobiology of positive emotions. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *30*(2), 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2005.06.001>
- Cardinali, D. P. (2007). Neurociencia aplicada. Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- Carrasco-González, E., Zapardiel-Sánchez, E., & Lerma-Lara, S. (2021). Motor learning while performing a motor task measured by magnetic resonance imaging: A systematic review. *Revista de Neurología*, *73*(1), 17–25. <https://doi.org/10.33588/RN.7301.2020657>
- Coombes, S. A., Janelle, C. M., & Duley, A. R. (2005). Emotion and motor control: Movement attributes following affective picture processing. *Journal of Motor Behavior*, *37*(6), 425–436. <https://doi.org/10.3200/JMBR.37.6.425-436>
- Coombes, S. A., Tandonnet, C., Fujiyama, H., Janelle, C. M., Cauraugh, J. H., & Summers, J. J. (2009). Emotion and motor preparation: A transcranial magnetic stimulation study of corticospinal motor tract excitability. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, *9*(4), 380–388. <https://doi.org/10.3758/CABN.9.4.380>
- Damasio, A., & Carvalho, G. B. (2013). The nature of feelings: Evolutionary and neurobiological origins. In *Nature Reviews Neuroscience* (Vol. 14, Issue 2, pp. 143–152). <https://doi.org/10.1038/nrn3403>
- Diedrichsen, J., White, O., Newman, D., & Lally, N. (2010). Use-dependent and error-based learning of motor behaviors. *Journal of Neuroscience*, *30*(15), 5159–5166. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5406-09.2010>
- Estrada, M. E., Rovella, A. T., Brusasca, M. C., & Leporati, J. L. (2016). Validación argentina de la serie 19 del Sistema Internacional de Imágenes Afectivas (IAPS). *Revista Evaluar*, *16*(1), 1–9. <https://doi.org/10.35670/1667-4545.v16.n1.15709>
- Felmingham, K. L., Falconer, E. M., Williams, L., Kemp, A. H., Allen, A., Peduto, A., & Bryant, R. A. (2014). Reduced amygdala and ventral striatal activity to happy faces in PTSD is associated with emotional numbing. *PLoS ONE*, *9*(9), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103653>
- Fernández-altuna, M. D. L. Á., Martínez, A., & Guinzberg, L. (2016). *Uso de los MeSH: una guía práctica*. *5*(20), 220–229.

- Festini, S. B., Preston, S. D., Reuter-Lorenz, P. A., & Seidler, R. D. (2016). Emotion and reward are dissociable from error during motor learning. *Experimental Brain Research*, 234(6), 1385–1394. <https://doi.org/10.1007/s00221-015-4542-z>
- Fogwe, L. A., Reddy, V., & Mesfin, F. B. (2020). Neuroanatomy, Hippocampus. En *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482171/>
- Galea, J. M., Mallia, E., Rothwell, J., & Diedrichsen, J. (2015). The dissociable effects of punishment and reward on motor learning. *Nature Neuroscience*, 18(4), 597–602. <https://doi.org/10.1038/nn.3956>
- Gallagher, M., & Chiba, A. A. (1996). The amygdala and emotion. *Current Opinion in Neurobiology*, 6(2), 221–227. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(96\)80076-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(96)80076-6)
- García J (2016). Sistema límbico. Fernández-Tresguerres J.A., & Ruiz C, & Cachofeiro V, & Cardinali D.P., & Escriche E, & Gil-Loyzaga P.E., & Juliá V, & Teruel F, & Pardo M, & Menéndez J(Eds.), *Fisiología humana*, 4e.
- Grau, J. W., Baine, R. E., Bean, P. A., Davis, J. A., Fauss, G. N., Henwood, M. K., Hudson, K. E., Johnston, D. T., Tarbet, M. M., & Strain, M. M. (2020). Learning to promote recovery after spinal cord injury. *Experimental Neurology*, 330(October 2019), 113334. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2020.113334>
- Harmon-Jones, E. (2019). On motivational influences, moving beyond valence, and integrating dimensional and discrete views of emotion. *Cognition and Emotion*, 33(1), 101–108. <https://doi.org/10.1080/02699931.2018.1514293>
- Hinton, C., Miyamoto, K., & Della-Chiesa, B. (2008). Brain research, learning and emotions: Implications for education research, policy and practice. *European Journal of Education*, 43(1), 87–103. <https://doi.org/10.1111/j.1465-3435.2007.00336.x>
- Honda, T., Nagao, S., Hashimoto, Y., Ishikawa, K., Yokota, T., Mizusawa, H., & Ito, M. (2018). Tandem internal models execute motor learning in the cerebellum. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115(28), 7428–7433. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716489115>
- Hubert, V., Beaunieux, H., Chételat, G., Platel, H., Landeau, B., Danion, J. M., Viader, F., Desgranges, B., & Eustache, F. (2007). The dynamic network subserving the three phases of cognitive procedural learning. *Human Brain Mapping*, 28(12), 1415–1429. <https://doi.org/10.1002/hbm.20354>
- Iglesias-Hoyos, S., del Castillo Arreola, A., & Muñoz-Delgado, J. I. (2016). Reconocimiento facial de expresión emocional: diferencias por licenciaturas. *Acta de Investigación Psicológica*, 6(3), 2494–2499. <https://doi.org/10.1016/j.aiprr.2016.07.001>
- Ito, M. (2008). Control of mental activities by internal models in the cerebellum. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 304–313. <https://doi.org/10.1038/nrn2332>

- Ito, M. (2013). Error detection and representation in the olivo-cerebellar system. *Frontiers in Neural Circuits*, 7(JAN), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fncir.2013.00001>
- Izard, C. E. (2007). Basic Emotions, Natural Kinds, Emotion Schemas, and a New Paradigm. *Perspectives on Psychological Science*, 2(3), 260–280. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6916.2007.00044.x>
- Jueptner, M., Frith, C. D., Brooks, D. J., Frackowiak, R. S. J., & Passingham, R. E. (1997). Anatomy of motor learning. II. Subcortical structures and learning by trial and error. *Journal of Neurophysiology*, 77(3), 1325–1337. <https://doi.org/10.1152/jn.1997.77.3.1325>
- Kalsi, N., Tambelli, R., Altavilla, D., Trentini, C., Panunzi, S., Stanca, M., Aceto, P., Cardona, F., & Lai, C. (2019). Neurophysiological correlate of emotional regulation in cognitive and motor deficits in Tourette's syndrome. *World Journal of Biological Psychiatry*, 20(8), 647–661. <https://doi.org/10.1080/15622975.2018.1430375>
- Kawato, M. (1999). Internal models for motor control and trajectory planning. *Current Opinion in Neurobiology*, 9(6), 718–727. [https://doi.org/10.1016/S0959-4388\(99\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4388(99)00028-8)
- Keltner, D. (2019). Toward a consensual taxonomy of emotions. *Cognition and Emotion*, 33(1), 14–19. <https://doi.org/10.1080/02699931.2019.1574397>
- Knierim, J. J. (2015). The hippocampus. *Current Biology*, 25(23), R1116-R1121. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.10.049>
- Koole, S. L., Webb, T. L., & Sheeran, P. L. (2015). Implicit emotion regulation: Feeling better without knowing why. *Current Opinion in Psychology*, 3, 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2014.12.027>
- Krakauer, J. W., Hadjiosif, A. M., Xu, J., Wong, A. L., & Haith, A. M. (2019). Motor learning. *Comprehensive Physiology*, 9(2), 613–663. <https://doi.org/10.1002/cphy.c170043>
- Krakauer, J. W., & Mazzoni, P. (2011). Human sensorimotor learning: Adaptation, skill, and beyond. *Current Opinion in Neurobiology*, 21(4), 636–644. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2011.06.012>
- Lang, P. J. (2010). Emotion and motivation: Toward consensus definitions and a common research purpose. *Emotion Review*, 2(3), 229–233. <https://doi.org/10.1177/1754073910361984>
- Lang, P. J., Davis, M., & Öhman, A. (2000). Fear and anxiety: Animal models and human cognitive psychophysiology. *Journal of Affective Disorders*, 61(3), 137–159. [https://doi.org/10.1016/S0165-0327\(00\)00343-8](https://doi.org/10.1016/S0165-0327(00)00343-8)

- Lasaitis, C., Ribeiro, R. L., & Bueno, O. F. A. (2008). Brazilian norms for the International Affective Picture System (IAPS): comparison of the affective ratings for new stimuli between Brazilian and North-American subjects. *Jornal Brasileiro de Psiquiatria*, 57(4), 270–275. <https://doi.org/10.1590/s0047-20852008000400008>
- LeDoux, J. (1996). Emotional networks and motor control: A fearful view. *Progress in Brain Research*, 107, 437–446. [https://doi.org/10.1016/s0079-6123\(08\)61880-4](https://doi.org/10.1016/s0079-6123(08)61880-4)
- Linares, V. R., Piqueras Rodríguez, J. A., Martínez González, A. E., & Guadalupe, L. A. O. (2009). Emoción y cognición: Implicaciones para el tratamiento. *Terapia Psicológica*, 27(2), 227–237. <https://doi.org/10.4067/s0718-48082009000200008>
- Madera-carrillo, H., Zarabozo, D., Ruiz-díaz, M., & Berriel-saez, P. (n.d.). *El Sistema Internacional de Imágenes Afectivas ( IAPS ) en población mexicana*.
- Maeda, R. S., Cluff, T., Gribble, P. L., & Pruszynski, J. A. (2018). Feedforward and feedback control share an internal model of the arm's dynamics. *Journal of Neuroscience*, 38(49), 10505–10514. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.1709-18.2018>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2013). *¿ A ESPAN ~ OLA Revisiones sistema acerca de ellas*. 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Martin, T. A., Keating, J. G., Goodkin, H. P., Bastian, A. J., & Thach, W. T. (1996). Throwing while looking through prisms II. Specificity and storage of multiple gaze-throw calibrations. *Brain*, 119(4), 1199–1211. <https://doi.org/10.1093/brain/119.4.1199>
- Matur, Z., & Öge, A. E. (2017). Sensorimotor integration during motor learning: Transcranial magnetic stimulation studies. *Noropsikiyatri Arsivi*, 54(4), 358–363. <https://doi.org/10.5152/npa.2016.18056>
- Mazzoni, P., & Krakauer, J. W. (2006). An implicit plan overrides an explicit strategy during visuomotor adaptation. *Journal of Neuroscience*, 26(14), 3642–3645. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5317-05.2006>
- McGrawHill. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=1858&sectionid=134363758>
- McMasterUniversity, 2023. Recuperado el 20 de mayo de 2023 de <https://www.nccmt.ca/knowledge-repositories/search/15>
- Michel, C., Pisella, L., Prablanc, C., Rode, G., & Rossetti, Y. (2007). Enhancing visuomotor adaptation by reducing error signals: Single-step (Aware) versus multiple-step (Unaware) exposure to wedge prisms. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19(2), 341–350. <https://doi.org/10.1162/jocn.2007.19.2.341>

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, T. P. (2009). *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement*. 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moltó, J., Segarra, P., López, R., Esteller, À., Fonfría, A., Pastor, M. C., & Poy, R. (2013). Adaptación española del “International Affective Picture System” (IAPS). Tercera parte. *Anales de Psicología*, 29(3), 965–984. <https://doi.org/10.6018/analesps.29.3.153591>
- Moseley, R., Carota, F., Hauk, O., Mohr, B., & Pulvermüller, F. (2012). A role for the motor system in binding abstract emotional meaning. *Cerebral Cortex*, 22(7), 1634–1647. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhr238>
- Ochsner, K. N., & Gross, J. J. (2008). Cognitive emotion regulation: Insights from social cognitive and affective neuroscience. *Current Directions in Psychological Science*, 17(2), 153–158. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8721.2008.00566.x>
- OHSU Library, 2023. Recuperado el 20 de mayo de 2023 de <https://libguides.ohsu.edu/nursing/PICO>
- Onigata, C., & Bunno, Y. (2020). Unpleasant visual stimuli increase the excitability of spinal motor neurons. *Somatosensory & Motor Research*, 37(2), 59–62. <https://doi.org/10.1080/08990220.2020.1724087>
- O’Shea, J., Gaveau, V., Kandel, M., Koga, K., Susami, K., Prablanc, C., & Rossetti, Y. (2014). Kinematic markers dissociate error correction from sensorimotor realignment during prism adaptation. *Neuropsychologia*, 55(1), 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.09.021>
- Ousdal, O. T., Reckless, G. E., Server, A., Andreassen, O. A., & Jensen, J. (2012). Effect of relevance on amygdala activation and association with the ventral striatum. *NeuroImage*, 62(1), 95–101. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.04.035>
- Pedro, T., Ap, V., & Delphi, T. (1999). *PEDro scale*.
- Principios de neurociencia: Aplicaciones básicas y clínicas. (2019). Países Bajos: Elsevier España, S.L.U..
- Redding, G. M., & Wallace, B. (1996). Adaptive Spatial Alignment and Strategic Perceptual-Motor Control. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(2), 379–394. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.22.2.379>
- Romo-González, T., González-Ochoa, R., Gantiva, C., & Campos-Uscanga, Y. (2018). Valores normativos del sistema internacional de imágenes afectivas en población mexicana: diferencias entre Estados Unidos, Colombia y México. *Universitas Psychologica*, 17(2), 1–9. <https://doi.org/10.11144/javeriana.upsy.17-2.vnsi>
- Ruj, K. E. (n.d.). *FUNCTIONAL*.

- Sah, P. (2017). Fear, Anxiety, and the Amygdala. *Neuron*, 96(1), 1–2.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuron.2017.09.013>
- Scherer, K. R., Dan, E. S., & Flykt, A. (2006). What determines a feeling's position in affective space? A case for appraisal. *Cognition and Emotion*, 20(1), 92–113.  
<https://doi.org/10.1080/02699930500305016>
- Silva, J. R. (2011). El sistema internacional de imágenes afectivas (International Affective Picture System-IAPS) en Chile: Estudio de adaptación y validación transcultural. *Terapia Psicológica*, 29(2), 251–258. <https://doi.org/10.4067/S0718-48082011000200012>
- Singh, V. (2017). *Textbook of Clinical Neuroanatomy - E-Book*.
- Soares, A. P., Pinheiro, A. P., Costa, A., Frade, C. S., Comesaña, M., & Pureza, R. (2014). Adaptation of the International Affective Picture System (IAPS) for European Portuguese. *Behavior Research Methods*, 47(4), 1159–1177.  
<https://doi.org/10.3758/s13428-014-0535-2>
- Sosa-Gómez, D. R., & Moscardi, F. (1995). Retenção foliar diferencial em soja provocada por percevejos (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais Da Sociedade Entomológica Do Brasil*, 24(2), 401–404. <https://doi.org/10.37486/0301-8059.v24i2.1042>
- Stark, R., Schienle, A., Walter, B., Kirsch, P., Sammer, G., Ott, U., Blecker, C., & Vaitl, D. (2003). Hemodynamic responses to fear and disgust-inducing pictures: An fMRI study. *International Journal of Psychophysiology*, 50(3), 225–234.  
[https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(03\)00169-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(03)00169-7)
- Taylor, J. A., & Ivry, R. B. (2012). The role of strategies in motor learning. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1251(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2011.06430.x>
- Taylor, J. A., Krakauer, J. W., & Ivry, R. B. (2014). Explicit and implicit contributions to learning in a sensorimotor adaptation task. *Journal of Neuroscience*, 34(8), 3023–3032. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3619-13.2014>
- Thigpen, N. N., Keil, A., & Freund, A. M. (2018). Responding to emotional scenes: effects of response outcome and picture repetition on reaction times and the late positive potential. *Cognition and Emotion*, 32(1), 24–36.  
<https://doi.org/10.1080/02699931.2016.1266305>
- Tin, C., & Poon, C. S. (2005). Internal models in sensorimotor integration: Perspectives from adaptive control theory. *Journal of Neural Engineering*, 2(3), 1–37.  
<https://doi.org/10.1088/1741-2560/2/3/S01>
- Tok, S., Koyuncu, M., Dural, S., & Catikkas, F. (2010). Evaluation of International Affective Picture System (IAPS) ratings in an athlete population and its relations to personality.

- Personality and Individual Differences*, 49(5), 461–466.  
<https://doi.org/10.1016/j.paid.2010.04.020>
- Tyng, C. M., Amin, H. U., Saad, M. N. M., & Malik, A. S. (2017). The influences of emotion on learning and memory. *Frontiers in Psychology*, 8(AUG).  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01454>
- Vahdat, S., Lungu, O., Cohen-Adad, J., Marchand-Pauvert, V., Benali, H., & Doyon, J. (2015). Simultaneous brain–cervical cord fMRI reveals intrinsic spinal cord plasticity during motor sequence learning. *PLoS Biology*, 13(6), 1–25.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002186>
- van der Kamp, J., Steenbergen, B., & Masters, R. S. W. (2018). Explicit and implicit motor learning in children with unilateral cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 40(23), 2790–2797. <https://doi.org/10.1080/09638288.2017.1360403>
- Van Dillen, L. F., Heslenfeld, D. J., & Koole, S. L. (2009). Tuning down the emotional brain: An fMRI study of the effects of cognitive load on the processing of affective images. *NeuroImage*, 45(4), 1212–1219.  
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.01.016>
- Van Es, D. M., & Knapen, T. (2019). Implicit and explicit learning in reactive and voluntary saccade adaptation. *PLoS ONE*, 14(1), 1–20.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203248>
- Wang, Y., Chen, J., & Yue, Z. (2017). Positive emotion facilitates cognitive flexibility: An fMRI study. *Frontiers in Psychology*, 8(OCT), 1–11.  
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01832>
- Wolpert, D. M., Diedrichsen, J., & Flanagan, J. R. (2011). Principles of sensorimotor learning. *Nature Reviews Neuroscience*, 12(12). <https://doi.org/10.1038/nrn3112>
- Wolpert, D. M., & Flanagan, J. R. (2001). Motor prediction. *Current Biology: CB*, 11(18), 729–732. [https://doi.org/10.1016/s0960-9822\(01\)00432-8](https://doi.org/10.1016/s0960-9822(01)00432-8)
- Xu, Z., Zhu, R., Shen, C., Zhang, B., Gao, Q., Xu, Y., & Wang, W. (2017). Selecting pure-emotion materials from the International Affective Picture System (IAPS) by Chinese university students: A study based on intensity-ratings only. *Heliyon*, 3(8), e00389.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00389>

## 11. ANEXOS

### ANEXO I.

#### I.I Escala PEDro

##### PEDro scale

- 
- |   |   |
|---|---|
| 1. eligibility criteria were specified  | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 2. subjects were randomly allocated to groups (in a crossover study, subjects were randomly allocated an order in which treatments were received)   | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 3. allocation was concealed   | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators   | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 5. there was blinding of all subjects   | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 6. there was blinding of all therapists who administered the therapy  | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 7. there was blinding of all assessors who measured at least one key outcome  | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 8. measures of at least one key outcome were obtained from more than 85% of the subjects initially allocated to groups  | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 9. all subjects for whom outcome measures were available received the treatment or control condition as allocated or, where this was not the case, data for at least one key outcome was analysed by "intention to treat" | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 10. the results of between-group statistical comparisons are reported for at least one key outcome  | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
| 11. the study provides both point measures and measures of variability for at least one key outcome   | no <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> where: |
- 

The PEDro scale is based on the Delphi list developed by Verhagen and colleagues at the Department of Epidemiology, University of Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). The list is based on "expert consensus" not, for the most part, on empirical data. Two additional items not on the Delphi list (PEDro scale items 8 and 10) have been included in the PEDro scale. As more empirical data comes to hand it may become possible to "weight" scale items so that the PEDro score reflects the importance of individual scale items.

The purpose of the PEDro scale is to help the users of the PEDro database rapidly identify which of the known or suspected randomised clinical trials (ie RCTs or CCTs) archived on the PEDro database are likely to be internally valid (criteria 2-9), and could have sufficient statistical information to make their results interpretable (criteria 10-11). An additional criterion (criterion 1) that relates to the external validity (or "generalisability" or "applicability" of the trial) has been retained so that the Delphi list is complete, but this criterion will not be used to calculate the PEDro score reported on the PEDro web site.

The PEDro scale should not be used as a measure of the "validity" of a study's conclusions. In particular, we caution users of the PEDro scale that studies which show significant treatment effects and which score highly on the PEDro scale do not necessarily provide evidence that the treatment is clinically useful. Additional considerations include whether the treatment effect was big enough to be clinically worthwhile, whether the positive effects of the treatment outweigh its negative effects, and the cost-effectiveness of the treatment. The scale should not be used to compare the "quality" of trials performed in different areas of therapy, primarily because it is not possible to satisfy all scale items in some areas of physiotherapy practice.

## **I.2 Calificación de los artículos con la escala PEDro.**

De 9-10, tienen una calidad metodológica excelente.

Los estudios con una puntuación entre 6-8 tienen una buena calidad metodológica.

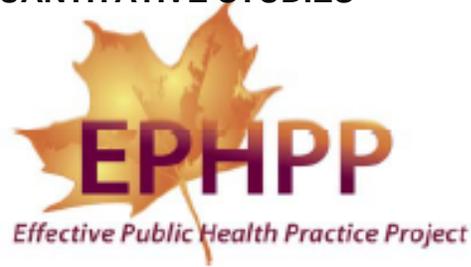
Entre 4-5 una calidad regular.

Por debajo de 4 puntos tienen una mala calidad metodológica.

## ANEXO II

### I.I QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES

#### QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES



#### COMPONENT RATINGS

##### A) SELECTION BIAS

(Q1) Are the individuals selected to participate in the study likely to be representative of the target population?

- 1 Very likely
- 2 Somewhat likely
- 3 Not likely
- 4 Can't tell

(Q2) What percentage of selected individuals agreed to participate?

- 1 80 - 100% agreement
- 2 60 - 79% agreement
- 3 less than 60% agreement
- 4 Not applicable
- 5 Can't tell

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK
See dictionary	1	2	3

##### B) STUDY DESIGN

Indicate the study design

- 1 Randomized controlled trial
- 2 Controlled clinical trial
- 3 Cohort analytic (two group pre + post)
- 4 Case-control
- 5 Cohort (one group pre + post (before and after))
- 6 Interrupted time series
- 7 Other specify \_\_\_\_\_
- 8 Can't tell

Was the study described as randomized? If NO, go to Component C.

No Yes

If Yes, was the method of randomization described? (See dictionary)

No Yes

If Yes, was the method appropriate? (See dictionary)

No Yes

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK
See dictionary	1	2	3

**C) CONFOUNDERS**

**(Q1) Were there important differences between groups prior to the intervention?**

- 1 Yes
- 2 No
- 3 Can't tell

**The following are examples of confounders:**

- 1 Race
- 2 Sex
- 3 Marital status/family
- 4 Age
- 5 SES (income or class)
- 6 Education
- 7 Health status
- 8 Pre-intervention score on outcome measure

**(Q2) If yes, indicate the percentage of relevant confounders that were controlled (either in the design (e.g. stratification, matching) or analysis)?**

- 1 80 – 100% (most)
- 2 60 – 79% (some)
- 3 Less than 60% (few or none)
- 4 Can't Tell

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK
See dictionary	1	2	3

**D) BLINDING**

**(Q1) Was (were) the outcome assessor(s) aware of the intervention or exposure status of participants?**

- 1 Yes
- 2 No
- 3 Can't tell

**(Q2) Were the study participants aware of the research question?**

- 1 Yes
- 2 No
- 3 Can't tell

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK
See dictionary	1	2	3

**E) DATA COLLECTION METHODS**

**(Q1) Were data collection tools shown to be valid?**

- 1 Yes
- 2 No
- 3 Can't tell

**(Q2) Were data collection tools shown to be reliable?**

- 1 Yes
- 2 No
- 3 Can't tell

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK
See dictionary	1	2	3

**F) WITHDRAWALS AND DROP-OUTS**

- (Q1) **Were withdrawals and drop-outs reported in terms of numbers and/or reasons per group?**  
 1 Yes  
 2 No  
 3 Can't tell  
 4 Not Applicable (i.e. one time surveys or interviews)
- (Q2) **Indicate the percentage of participants completing the study. (If the percentage differs by groups, record the lowest).**  
 1 80 -100%  
 2 60 - 79%  
 3 less than 60%  
 4 Can't tell  
 5 Not Applicable (i.e. Retrospective case-control)

RATE THIS SECTION	STRONG	MODERATE	WEAK	
See dictionary	1	2	3	Not Applicable

**G) INTERVENTION INTEGRITY**

- (Q1) **What percentage of participants received the allocated intervention or exposure of interest?**  
 1 80 -100%  
 2 60 - 79%  
 3 less than 60%  
 4 Can't tell
- (Q2) **Was the consistency of the intervention measured?**  
 1 Yes  
 2 No  
 3 Can't tell
- (Q3) **Is it likely that subjects received an unintended intervention (contamination or co-intervention) that may influence the results?**  
 4 Yes  
 5 No  
 6 Can't tell

**H) ANALYSES**

- (Q1) **Indicate the unit of allocation (circle one)**  
 community    organization/institution    practice/office    individual
- (Q2) **Indicate the unit of analysis (circle one)**  
 community    organization/institution    practice/office    individual
- (Q3) **Are the statistical methods appropriate for the study design?**  
 1 Yes  
 2 No  
 3 Can't tell
- (Q4) **Is the analysis performed by intervention allocation status (i.e. intention to treat) rather than the actual intervention received?**  
 1 Yes  
 2 No  
 3 Can't tell

**GLOBAL RATING****COMPONENT RATINGS**

Please transcribe the information from the gray boxes on pages 1-4 onto this page. See dictionary on how to rate this section.

<b>A</b>	<b>SELECTION BIAS</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
<b>B</b>	<b>STUDY DESIGN</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
<b>C</b>	<b>CONFOUNDERS</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
<b>D</b>	<b>BLINDING</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
<b>E</b>	<b>DATA COLLECTION METHOD</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
<b>F</b>	<b>WITHDRAWALS AND DROPOUTS</b>	<b>STRONG</b>	<b>MODERATE</b>	<b>WEAK</b>
		1	2	3
				Not Applicable

**GLOBAL RATING FOR THIS PAPER (circle one):**

- |   |          |                            |
|---|----------|----------------------------|
| 1 | STRONG   | (no WEAK ratings)          |
| 2 | MODERATE | (one WEAK rating)          |
| 3 | WEAK     | (two or more WEAK ratings) |

With both reviewers discussing the ratings:

Is there a discrepancy between the two reviewers with respect to the component (A-F) ratings?

No      Yes

If yes, indicate the reason for the discrepancy

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Oversight                                 |
| 2 | Differences in interpretation of criteria |
| 3 | Differences in interpretation of study    |

**Final decision of both reviewers (circle one):**

- |          |                 |
|----------|-----------------|
| <b>1</b> | <b>STRONG</b>   |
| <b>2</b> | <b>MODERATE</b> |
| <b>3</b> | <b>WEAK</b>     |

## I.2. QUALITY ASSESSMENT TOOL FOR QUANTITATIVE STUDIES DICTIONARY

### Quality Assessment Tool for Quantitative Studies Dictionary



The purpose of this dictionary is to describe items in the tool thereby assisting raters to score study quality. Due to under-reporting or lack of clarity in the primary study, raters will need to make judgements about the extent that bias may be present. When making judgements about each component, raters should form their opinion based upon information contained in the study rather than making inferences about what the authors intended. Mixed methods studies can be quality assessed using this tool with the quantitative component of the study.

#### A) SELECTION BIAS

(Q1) Participants are more likely to be representative of the target population if they are randomly selected from a comprehensive list of individuals in the target population (score very likely). They may not be representative if they are referred from a source (e.g. clinic) in a systematic manner (score somewhat likely) or self-referred (score not likely).

(Q2) Refers to the % of subjects in the control and intervention groups that agreed to participate in the study before they were assigned to intervention or control groups.

#### B) STUDY DESIGN

In this section, raters assess the likelihood of bias due to the allocation process in an experimental study. For observational studies, raters assess the extent that assessments of exposure and outcome are likely to be independent. Generally, the type of design is a good indicator of the extent of bias. In stronger designs, an equivalent control group is present and the allocation process is such that the investigators are unable to predict the sequence.

##### Randomized Controlled Trial (RCT)

An experimental design where investigators randomly allocate eligible people to an intervention or control group. A rater should describe a study as an RCT if the randomization sequence allows each study participant to have the same chance of receiving each intervention and the investigators could not predict which intervention was next. If the investigators do not describe the allocation process and only use the words 'random' or 'randomly', the study is described as a controlled clinical trial.

See below for more details.

##### *Was the study described as randomized?*

Score YES, if the authors used words such as random allocation, randomly assigned, and random assignment.

Score NO, if no mention of randomization is made.

##### *Was the method of randomization described?*

Score YES, if the authors describe any method used to generate a random allocation sequence.

Score NO, if the authors do not describe the allocation method or describe methods of allocation such as alternation, case record numbers, dates of birth, day of the week, and any allocation procedure that is entirely transparent before assignment, such as an open list of random numbers of assignments.

If NO is scored, then the study is a controlled clinical trial.

### *Was the method appropriate?*

Score YES, if the randomization sequence allowed each study participant to have the same chance of receiving each intervention and the investigators could not predict which intervention was next. Examples of appropriate approaches include assignment of subjects by a central office unaware of subject characteristics, or sequentially numbered, sealed, opaque envelopes.

Score NO, if the randomization sequence is open to the individuals responsible for recruiting and allocating participants or providing the intervention, since those individuals can influence the allocation process, either knowingly or unknowingly.

If NO is scored, then the study is a controlled clinical trial.

#### **Controlled Clinical Trial (CCT)**

An experimental study design where the method of allocating study subjects to intervention or control groups is open to individuals responsible for recruiting subjects or providing the intervention. The method of allocation is transparent before assignment, e.g. an open list of random numbers or allocation by date of birth, etc.

#### **Cohort analytic (two group pre and post)**

An observational study design where groups are assembled according to whether or not exposure to the intervention has occurred. Exposure to the intervention is not under the control of the investigators. Study groups might be non-equivalent or not comparable on some feature that affects outcome.

#### **Case control study**

A retrospective study design where the investigators gather 'cases' of people who already have the outcome of interest and 'controls' who do not. Both groups are then questioned or their records examined about whether they received the intervention exposure of interest.

#### **Cohort (one group pre + post (before and after))**

The same group is pretested, given an intervention, and tested immediately after the intervention. The intervention group, by means of the pretest, act as their own control group.

#### **Interrupted time series**

A study that uses observations at multiple time points before and after an intervention (the 'interruption'). The design attempts to detect whether the intervention has had an effect significantly greater than any underlying trend over time. Exclusion: Studies that do not have a clearly defined point in time when the intervention occurred and at least three data points before and three after the intervention

#### **Other:**

One time surveys or interviews

### **C) CONFOUNDERS**

By definition, a confounder is a variable that is associated with the intervention or exposure and causally related to the outcome of interest. Even in a robust study design, groups may not be balanced with respect to important variables prior to the intervention. The authors should indicate if confounders were controlled in the design (by stratification or matching) or in the analysis. If the allocation to intervention and control groups is randomized, the authors must report that the groups were balanced at baseline with respect to confounders (either in the text or a table).

### **D) BLINDING**

(Q1) Assessors should be described as blinded to which participants were in the control and intervention groups. The purpose of blinding the outcome assessors (who might also be the care providers) is to protect against detection bias.

(Q2) Study participants should not be aware of (i.e. blinded to) the research question. The purpose of blinding the participants is to protect against reporting bias.

**E) DATA COLLECTION METHODS**

Tools for primary outcome measures must be described as reliable and valid. If 'face' validity or 'content' validity has been demonstrated, this is acceptable. Some sources from which data may be collected are described below:

Self reported data includes data that is collected from participants in the study (e.g. completing a questionnaire, survey, answering questions during an interview, etc.).

Assessment/Screening includes objective data that is retrieved by the researchers. (e.g. observations by investigators).

Medical Records/Vital Statistics refers to the types of formal records used for the extraction of the data.

Reliability and validity can be reported in the study or in a separate study. For example, some standard assessment tools have known reliability and validity.

**F) WITHDRAWALS AND DROP-OUTS**

Score YES if the authors describe BOTH the numbers and reasons for withdrawals and drop-outs.

Score NO if either the numbers or reasons for withdrawals and drop-outs are not reported.

Score NOT APPLICABLE if the study was a one-time interview or survey where there was not follow-up data reported.

The percentage of participants completing the study refers to the % of subjects remaining in the study at the final data collection period in all groups (i.e. control and intervention groups).

**G) INTERVENTION INTEGRITY**

The number of participants receiving the intended intervention should be noted (consider both frequency and intensity). For example, the authors may have reported that at least 80 percent of the participants received the complete intervention. The authors should describe a method of measuring if the intervention was provided to all participants the same way. As well, the authors should indicate if subjects received an unintended intervention that may have influenced the outcomes. For example, co-intervention occurs when the study group receives an additional intervention (other than that intended). In this case, it is possible that the effect of the intervention may be over-estimated. Contamination refers to situations where the control group accidentally receives the study intervention. This could result in an under-estimation of the impact of the intervention.

**H) ANALYSIS APPROPRIATE TO QUESTION**

Was the quantitative analysis appropriate to the research question being asked?

An intention-to-treat analysis is one in which all the participants in a trial are analyzed according to the intervention to which they were allocated, whether they received it or not. Intention-to-treat analyses are favoured in assessments of effectiveness as they mirror the noncompliance and treatment changes that are likely to occur when the intervention is used in practice, and because of the risk of attrition bias when participants are excluded from the analysis.

### Component Ratings of Study:

For each of the six components A – F, use the following descriptions as a roadmap.

#### A) SELECTION BIAS

**Good:** The selected individuals are very likely to be representative of the target population (Q1 is 1) and there is greater than 80% participation (Q2 is 1).

**Fair:** The selected individuals are at least somewhat likely to be representative of the target population (Q1 is 1 or 2); and there is 60 - 79% participation (Q2 is 2). 'Moderate' may also be assigned if Q1 is 1 or 2 and Q2 is 5 (can't tell).

**Poor:** The selected individuals are not likely to be representative of the target population (Q1 is 3); or there is less than 60% participation (Q2 is 3) or selection is not described (Q1 is 4); and the level of participation is not described (Q2 is 5).

#### B) DESIGN

**Good:** will be assigned to those articles that described RCTs and CCTs.

**Fair:** will be assigned to those that described a cohort analytic study, a case control study, a cohort design, or an interrupted time series.

**Weak:** will be assigned to those that used any other method or did not state the method used.

#### C) CONFOUNDERS

**Good:** will be assigned to those articles that controlled for at least 80% of relevant confounders (Q1 is 2); or (Q2 is 1).

**Fair:** will be given to those studies that controlled for 60 – 79% of relevant confounders (Q1 is 1) and (Q2 is 2).

**Poor:** will be assigned when less than 60% of relevant confounders were controlled (Q1 is 1) and (Q2 is 3) or control of confounders was not described (Q1 is 3) and (Q2 is 4).

#### D) BLINDING

**Good:** The outcome assessor is not aware of the intervention status of participants (Q1 is 2); and the study participants are not aware of the research question (Q2 is 2).

**Fair:** The outcome assessor is not aware of the intervention status of participants (Q1 is 2); or the study participants are not aware of the research question (Q2 is 2).

**Poor:** The outcome assessor is aware of the intervention status of participants (Q1 is 1); and the study participants are aware of the research question (Q2 is 1); or blinding is not described (Q1 is 3 and Q2 is 3).

#### E) DATA COLLECTION METHODS

**Good:** The data collection tools have been shown to be valid (Q1 is 1); and the data collection tools have been shown to be reliable (Q2 is 1).

**Fair:** The data collection tools have been shown to be valid (Q1 is 1); and the data collection tools have not been shown to be reliable (Q2 is 2) or reliability is not described (Q2 is 3).

**Poor:** The data collection tools have not been shown to be valid (Q1 is 2) or both reliability and validity are not described (Q1 is 3 and Q2 is 3).

#### F) WITHDRAWALS AND DROP-OUTS - a rating of:

**Good:** will be assigned when the follow-up rate is 80% or greater (Q1 is 1 and Q2 is 1).

**Fair:** will be assigned when the follow-up rate is 60 – 79% (Q2 is 2) OR Q1 is 4 or Q2 is 5.

**Poor:** will be assigned when a follow-up rate is less than 60% (Q2 is 3) or if the withdrawals and drop-outs were not described (Q1 is No or Q2 is 4).

**Not Applicable:** if Q1 is 4 or Q2 is 5.