

**Caso:** Hombre de 72 años con ACV en el hemisferio derecho que le deja paralizada la parte izquierda de su cuerpo. En su valoración, parece un hombre inteligente, lo cual se confirma al realizarle varias pruebas de la escala de inteligencia de Weschler para adultos (su inteligencia verbal estaba en el rango del 5% superior de la población); pero este hombre presentaba una falta de reacción ante sus síntomas, ya que tenía previsto recorrer una serie de rutas por el campo a corto plazo. Cuando el médico le preguntó si tenía algún impedimento físico el hombre le contestó que no (aún estando en una silla de ruedas). Al preguntarle nuevamente por qué estaba en una silla de ruedas, el paciente un poco enfadado con las preguntas que creía absurdas, contestó que tenía la pierna izquierda paralizada. Es decir, el sujeto sabía cual era su problema, podía reconocer verbalmente su discapacidad, pero no podía comprender sus implicaciones. Él aceptaba sin dificultad estar confinado en una silla de ruedas y la trascendencia de su discapacidad no le afectaba emocionalmente ni contaba con ella en sus planes.

La palabra emoción suele indicar algún tipo de sentimiento (positivo o negativo). Las emociones consisten en pautas de respuestas fisiológicas y conductas típicas de especie. En los humanos estas respuestas se acompañan de sentimientos. Solemos utilizar la palabra emoción para referirnos al sentimiento y no a la conducta, pero es ésta última, la que tiene consecuencias para la supervivencia y reproducción. Es decir, los objetivos útiles de las conductas emocionales son los que han guiado la evolución de nuestro cerebro.

### 1. LAS EMOCIONES COMO PAUTAS DE RESPUESTA

Componentes de la respuesta emocional:

- **Componente Comportamental:** Integrado por los movimientos musculares apropiados a la situación que los provoca (ej, un perro que defiende su territorio primero adopta una postura agresiva y, si el intruso no se va, corre hacia él y lo ataca).
- **Respuestas neurovegetativas:** Facilitan las conductas y adoptan una rápida movilización de energía necesaria para realizar movimientos enérgicos (en el ej del perro, la actividad de la división simpática del SNA aumenta, mientras que la división parasimpática disminuye; aumenta la frecuencia cardiaca del perro y los cambios en el diámetro de los vasos sanguíneos desvían la circulación de la sangre de los órganos digestivos a los músculos).
- **Respuestas hormonales:** Refuerzan las respuestas neurovegetativas. Las hormonas segregadas por la médula suprarrenal (adrenalina y noradrenalina) aumentan el flujo sanguíneo hacia los músculos y hacen que los nutrientes almacenados en los músculos se conviertan en glucosa. La corteza suprarrenal segrega hormonas esteroideas, que también contribuyen a que los músculos puedan disponer de glucosa.

La amígdala organiza las respuestas comportamentales, neurovegetativas y hormonales de situaciones, incluidas las que producen miedo, ira o desagrado. Además está involucrada en los efectos de los olores y las feromonas sobre la conducta sexual y maternal.

## • MIEDO

Parece ser que la amígdala controla la integración de los componentes del miedo.

### INVESTIGACIONES CON ANIMALES DE LABORATORIO

La amígdala es importante en las reacciones fisiológicas y comportamentales ante situaciones con un significado biológico, tales como las que nos avisan del dolor u otras consecuencias desagradables, o nos indican la presencia de comida, posibles parejas o rivales, niños necesitados de atención...

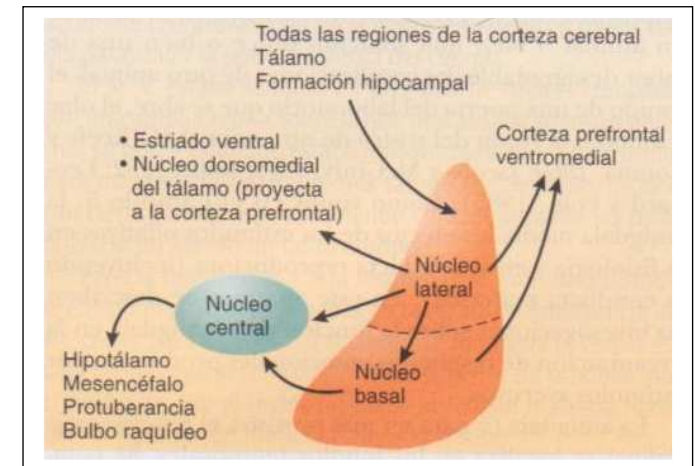
En varios núcleos de la amígdala hay neuronas que se activan cuando se presentan estímulos emocionalmente importantes. Sabemos también que la amígdala media los efectos de los estímulos olfativos en la fisiología y en la conducta reproductora (incluyendo la conducta maternal).

### Función de la amígdala en la organización de respuestas emocionales producidas por estímulos aversivos

La **amígdala** (o complejo amigdalino) se localiza en los lóbulos temporales. Se compone de varios grupos de núcleos, cada uno con sus aferencias y eferencias, y con diferentes funciones. Se divide en aproximadamente 12 regiones que incluyen a su vez subregiones.

#### Regiones principales de la amígdala

**Núcleo Lateral (LA):** Recibe información sensorial de todas las regiones de la neocorteza, incluyendo la corteza prefrontal ventromedial, el tálamo y la formación hipocámpica; y envía información al **Núcleo Basal (B)** y otras partes del cerebro, incluyendo al estriado ventral (media los efectos de los estímulos reforzantes en el aprendizaje) y al núcleo dorsomedial del tálamo, que proyecta a la corteza prefrontal. Los núcleos LA y B envían información a la corteza prefrontal ventromedial y al **Núcleo Central (CE)**, que a su vez proyecta a las regiones del hipotálamo, mesencéfalo, protuberancia y bulbo raquídeo que se encargan de la expresión de los distintos componentes de la respuesta emocional.



La activación del **Núcleo Central** induce una serie de respuestas emocionales: comportamentales, neurovegetativas y hormonales.

El **Núcleo Central de la amígdala es la región más importante del cerebro para la expresión de respuestas emocionales provocadas por estímulos aversivos**. Ante un estímulo amenazante, aumentar la actividad neural del CE y la producción de proteína Fos. La lesión del CE (o de los núcleos que le proporcionan información sensitiva) reduce las conductas emocionales y respuestas fisiológicas: si se destruye, los animales no manifiestan miedo ante estímulos aversivos, son más dóciles cuando son manipulados por los humanos, baja su nivel en sangre de hormonas relacionadas con el estrés (siendo menos propensos a las úlceras o enfermedades provocadas por él).

Cuando se activa la amígdala central (estimulación eléctrica o inyección de aminoácido excitador) el animal presenta signos comportamentales y fisiológicos de miedo y agitación; la estimulación a largo plazo del CE produce enfermedades inducidas por estrés como las úlceras gástricas. Esto sugiere que las respuestas endocrinas y neurovegetativas controladas por el CE figuran entre las responsables de los efectos nocivos del estrés prolongado.

Algunos estímulos activan automáticamente el CE de la amígdala y provocan reacciones de miedo (ruidos fuertes, animales de gran tamaño, alturas...). Pero lo más importante es la capacidad de aprender que una situación es peligrosa. Una vez producido el aprendizaje, el estímulo o la situación evocará miedo (aumenta la frecuencia cardíaca y la tensión arterial, se tensan los músculos, las glándulas suprarrenales segregan adrenalina y el animal estará cauteloso y alerta para responder).

La respuesta emocional condicionada, es el aprendizaje emocional más básico. En el aprendizaje de estas respuestas interviene la amígdala. Se desencadena por un estímulo neutro que se ha emparejado con un estímulo que suscita una reacción emocional. Es decir, este condicionamiento clásico ocurre cuando a un estímulo neutro le sigue con regularidad otro estímulo que provoca de forma automática una respuesta (perro que escucha siempre un timbre antes de comer, cuando escuche el timbre en otra ocasión comenzará a salivar).

Se ha investigado mucho sobre la función de la amígdala en la instauración de las respuestas emocionales condicionadas clásicamente. En ratas, se emparejó un estímulo auditivo con una descarga eléctrica en las patas. La descarga eléctrica ya produce por sí misma una respuesta emocional incondicionada (la rata salta, aumenta su tensión arterial y frecuencia cardíaca, su respiración se hace más rápida y sus glándulas suprarrenales segregan catecolaminas y hormonas esteroideas relacionadas con el estrés). Cuando se presentan varias veces los dos estímulos emparejados, se establece un condicionamiento clásico. Posteriormente, las ratas al oír el estímulo auditivo, mostraban el mismo tipo de respuestas fisiológicas que al recibir la descarga, así como un bloqueo comportamental (paralización defensiva) para recibir la descarga.

Las investigaciones indican que los cambios físicos responsables del condicionamiento clásico tienen lugar en el núcleo lateral de la amígdala. Las neuronas del núcleo lateral se comunican con las del núcleo central, que a su vez lo hacen con las regiones del hipotálamo, mesencéfalo, protuberancia y bulbo raquídeo responsables de los componentes comportamentales, neurovegetativos y hormonales de una respuesta emocional condicionada.

El aprendizaje ocurre tanto en el núcleo central como en el lateral.

La amígdala apareció en una etapa temprana de la evolución del encéfalo y está muy implicada en respuestas vitales para la supervivencia. A veces las respuestas emocionales son inadecuadas.

La corteza prefrontal ventromedial (CPFvm) es importante en el control de la expresión de las respuestas emocionales: ej, participa en el proceso de extinción. El estímulo condicionado (EC) inducía una respuesta condicionada (RC). Si posteriormente, se presenta el EC solo, la RC (respuesta emocional) desaparecerá. El valor de la respuesta emocional condicionada reside en que prepara al animal para afrontar o evitar un estímulo aversivo. Si el estímulo condicionado tiene lugar repetidamente, y el estímulo aversivo no le sigue, es mejor que la respuesta emocional (que es perjudicial y desagradable) desaparezca.

**Conexiones de la amígdala. Algunas de las regiones importantes que reciben aferencias del núcleo central de la amígdala y las respuestas emocionales que controlan estas regiones.**



La **extinción** no es lo mismo que el olvido. En ella, el animal aprende que al EC no le sigue un estímulo aversivo, y como resultado de este aprendizaje se inhibe la expresión de la **respuesta emocional condicionada (RC)**. El recuerdo de la asociación entre EC y estímulo aversivo no se borra. **Esta inhibición implica un control inhibitorio de la amígdala, y está mediada por la corteza prefrontal medial**. Su lesión perjudica la extinción, y su estimulación inhibe las respuestas emocionales condicionadas y el ejercicio de la extinción activa a las neuronas de esta región.

La **amígdala recibe aferencias del sistema olfativo, la corteza asociativa del lóbulo temporal, la corteza frontal y el resto del sistema límbico**. Sus aferencias llegan a la corteza frontal, hipotálamo, formación hipocámpica y los núcleos del tronco del encéfalo que controlan funciones neurovegetativas y algunas conductas típicas de la especie. El registro eléctrico de neuronas individuales de la amígdala indica, que algunas de ellas responden cuando el animal percibe determinados estímulos con significado emocional. La estimulación de la amígdala provoca respuestas emocionales y su destrucción las suprime.

### **INVESTIGACIONES CON HUMANOS:**

Los humanos también adquieren **respuestas emocionales condicionadas**. Ej, si enchufas un electrodoméstico y te da un calambre, la primera respuesta es defensiva (sueltes el aparato para poner fin al calambre). Es decir, hay una respuesta específica (su finalidad, eliminar el estímulo doloroso). El sistema neurovegetativo controlaría las respuestas inespecíficas provocadas por el estímulo doloroso (dilatación de pupilas, aumento de la tensión y frecuencia cardíaca...); otra respuesta no específica sería la secreción de hormonas relacionadas con el estrés. Pasados unos días, incluso con el electrodoméstico arreglado, si al enchufarlo saltan chispas, probablemente lo sueltes antes de que te de calambre, aumentarías tu frecuencia cardíaca... es decir, habría una respuesta emocional condicionada.

Los datos indican que **la amígdala interviene en las respuestas emocionales en humanos**. La estimulación de ciertas zonas del cerebro (ej, hipotálamo) produce respuestas neurovegetativas asociadas con miedo y ansiedad pero, sólo cuando se estimula la amígdala realmente se siente miedo. Se sabe que la lesión en la amígdala disminuye la respuesta emocional de las personas (suelen tener dificultades para adquirir respuestas emocionales condicionadas, al igual que en ratas). En un estudio se observó que la respuesta de sobresalto de un hombre con una lesión en la amígdala derecha no aumentaba debido a una emoción desagradable. Lo normal es que una respuesta de sobresalto por un ruido repentino, sea más intensa cuando se miran fotos desagradables que si son neutras. Se supone que esta acentuación de la respuesta se debe a la emoción negativa provocada por la escena desagradable. El paciente del estudio presentaba la misma respuesta de sobresalto ante distintas fotografías.

La mayoría de los miedos en humanos se adquieren por transmisión social, no por contacto directo con el estímulo (ej un niño puede tener miedo a un perro porque éste ha atacado a otra persona, o porque otras personas le tienen miedo).

**En un estudio de neuroimagen funcional se demostró la adquisición social vicaria o indirecta de una respuesta de temor** (un grupo de sujetos observó como un individuo frente a un ordenador recibía una descarga en su muñeca cuando la pantalla se ponía azul, y nada si se mostraba otro color; después de ver varios emparejamientos del color azul con el dolor, los sujetos mostraron signos de miedo - cambios en la conductibilidad de la piel debidos al aumento de sudoración ante el estímulo doloroso- y además la Rmf indicaba que ver el estímulo de peligro aumentaba la activación de la amígdala).

**También se puede adquirir una respuesta de miedo condicionada por instrucción** (a un grupo de sujetos se les colocó electrodos en la muñeca y se les puso frente al ordenador, seguidamente se les comunicó que cuando apareciera en la pantalla el color azul les daría un descarga y si aparecía otro color no ocurriría nada. Los sujetos no recibieron ninguna descarga, pero las instrucciones provocaron la respuesta de miedo y la activación de la amígdala cuando aparecía el color de peligro). Los estudios de personas con lesión en la amígdala y los estudios de neuroimagen funcional indican que la amígdala media los efectos de las emociones en el aprendizaje.

En humanos, al igual que en animales, la corteza prefrontal medial juega un papel decisivo en la extinción de una respuesta emocional condicionada (en un estudio se administró descargas reales en la muñeca de sujetos tras la aparición del color azul en el ordenador, luego se suprimió la descarga tras el color azul. Hubo un aumento de actividad en la amígdala relacionada con la adquisición de la respuesta emocional condicionada; y un aumento en la corteza prefrontal medial relacionada con la extinción de la respuesta condicionada).

**La lesión de la amígdala interfiere en los efectos de las emociones sobre la memoria.** Si una persona se enfrenta a un acontecimiento de gran contenido emocional es más probable que se recuerde dicho acontecimiento (en un estudio se mostró a pacientes normales, y a uno con degeneración bilateral de la amígdala, unas diapositivas que narraban una historia en la que una parte era sobre un accidente impactante. Todos los sujetos recordaron mejor esta parte de la historia excepto el que tenía dañada la amígdala que no presentó dicho aumento de recuerdos; en otro estudio con enfermos de Alzheimer testigos de un gran terremoto ocurrido hace años, se encontró que los recuerdos de este acontecimiento se relacionaban inversamente con el daño en la amígdala, a más degeneración, menor recuerdo del suceso).

Los estudios de neuroimagen funcional indican que la amígdala participa en la formación de recuerdos emocionales (en un estudio se observó que cuando los sujetos recordaban escenas de gran contenido emocional, aumentaba la actividad en la amígdala derecha, pero no al recordar escenas de contenido neutro). El ver palabras que entrañan situaciones amenazantes (masacre, violación, mutilar...) incrementa la actividad bilateral de la amígdala.

Una mujer que había sufrido una lesión en la corteza auditiva de asociación, no podía percibir ni producir los aspectos melódicos o rítmicos de la música; ni siquiera indicar la diferencia entre música armónica e inarmónica; aún así podía conocer el estado de ánimo al que conduce la música. Pacientes con lesión en la amígdala presentan los síntomas opuestos: no tenían problemas con la percepción musical, pero no podían reconocer la música atemorizante, aunque aún podían reconocer la música alegre y la triste. Es decir, las lesiones de la amígdala afectan al reconocimiento de un estilo musical que normalmente se asocia con miedo.

## • **IRA, AGRESIÓN Y CONTROL DE IMPULSOS**

**Las conductas agresivas** implican gestos de amenaza o ataque dirigidos a otros animales. **Son típicas de especie**, es decir, los patrones de movimientos están organizados por circuitos neurales cuyo desarrollo viene programado por los genes del animal.

Muchas de estas conductas se relacionan con la reproducción (intentar conseguir pareja, defender el territorio, proteger a las crías...), otras con la defensa propia (ante la amenaza de un depredador o un animal de su misma especie).

Las conductas agresivas se pueden manifestar por ataques reales o por **conductas de amenaza** (conducta estereotipada que previene al otro animal de que será atacado si no huye o muestra sumisión). El animal amenazado puede mostrar una **conducta defensiva** (conducta de amenaza o ataque contra el animal que le está amenazando) o una **conducta de sumisión** (acepta la derrota y no desafiará al otro animal). Se suelen dar más las conductas de amenaza que las de ataque, ya que refuerzan la jerarquía social en grupos de animales, mantienen alejados a los intrusos y no implican peleas reales con daños.

La **depredación** es el ataque a un miembro de otra especie, normalmente para servirse de alimento. Cuando un animal ataca a uno de su misma especie o se defiende de un ataque se muestra alertado y excitado, y la actividad de la división simpática de su sistema neurovegetativo es alta. El ataque de un depredador es más "a sangre fría", suele ser eficaz y no se acompaña de activación simpática elevada.

## INVESTIGACIONES CON ANIMALES DE LABORATORIO:

### Control neural de la conducta agresiva

El control neural de la conducta agresiva es jerárquico (movimientos de ataque y defensa están programados por circuitos neurales del tronco del encéfalo).

El que un animal ataque depende de muchos factores, incluyendo la naturaleza de los estímulos del medio ambiente que lo provocan y la experiencia previa del animal. La actividad de los circuitos del tronco del encéfalo está controlada por el hipotálamo y la amígdala (influyen también en otras conductas). La actividad del sistema límbico está controlada por sistemas perceptivos que detectan el estado del entorno, incluyendo la presencia de otros animales.

Investigando los circuitos neurales implicados en la conducta defensiva y depredadora en gatos, se colocaron electrodos (de cánula) en diversas regiones del cerebro y se observaron los efectos de la estimulación eléctrica en esas regiones en la conducta del animal; se observó que la conducta depredadora y defensiva pueden provocarse estimulando distintas partes de la SGPA y que el hipotálamo y la amígdala influyen en estas conductas mediante conexiones excitadoras e inhibitoras con la SPGA. Se descubrió que las tres regiones principales de la amígdala y dos regiones del hipotálamo influyen en la furia defensiva y la depredación, conductas que al parecer están organizadas por la SGPA. Todavía no se ha verificado la existencia de una posible conexión entre el hipotálamo lateral y la SPGA ventral.

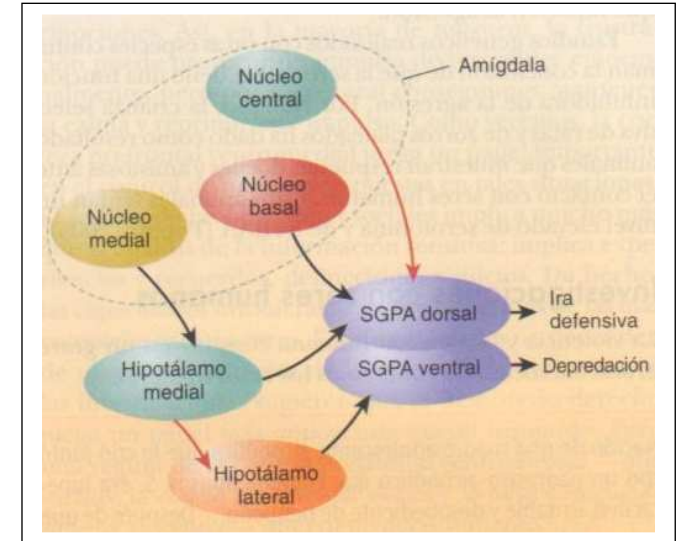
Es decir, la sustancia gris periacueductal (SGPA) está implicada en la conducta defensiva y en la depredadora. Estos mecanismos están modulados por el hipotálamo y la amígdala.

### Función de la serotonina

La actividad de las neuronas serotoninérgicas inhibe las conductas arriesgadas, incluida la agresión. La destrucción de axones serotoninérgicos del prosencéfalo intensifica la agresión (posiblemente al suprimir un efecto inhibitor), mientras que la administración de fármacos que facilitan la transmisión serotoninérgica la reduce. Estudiando la actividad serotoninérgica se observó que los niveles bajos de 5-HIAA (un metabolito de la serotonina 5-HT) en el Líquido Ceforraquídeo (LCR), se relacionan con un aumento de las conductas de riesgo y agresivas en monos y seres humanos. Cuando se libera 5-HT la mayor parte del neurotransmisor es recaptado por los botones terminales, pero una parte se metaboliza en 5-HIAA, que se elimina en el LCR (por lo que niveles altos de este metabolito en el LCR indican un nivel elevado de actividad serotoninérgica).

En un estudio con monos se observó que los que tenían un nivel más bajo de este metabolito mostraban una conducta de riesgo (agresión a animales más fuertes, saltar en árboles muy altos...). De los 49 monos machos jóvenes estudiados, el 46% con niveles bajos de 5-HIAA fallecieron; los monos con niveles altos de esta sustancia sobrevivieron. La serotonina no solo inhibe la agresión: más bien controla las conductas arriesgadas, que incluyen la agresión.

En otras especies se confirma que la serotonina tiene función inhibitora de la agresión.



**Interconexiones de la amígdala, hipotálamo y SGPA, y sus efectos en la furia defensiva y depredación en gatos. Flechas negras indican activación, y rojas inhibición.**

## INVESTIGACIONES CON HUMANOS:

Violencia y agresión constituyen un grave problema en nuestra sociedad.

### Función de la serotonina

Las neuronas serotoninérgicas juegan un papel inhibitor en la agresión humana. Niveles bajos del metabolito de la serotonina (5-HIAA) en el LCR se asocian con agresión y otras formas de conducta antisocial (violaciones, incendios, asesinatos...).

En un estudio con varones con trastorno de la personalidad (con historias de agresiones compulsivas) se observó que los que tenían un nivel más bajo de actividad serotoninérgica solían tener familiares cercanos con historial de problemas comportamentales similares.

Si niveles bajos de liberación de serotonina contribuyen a la agresión, es posible que los fármacos agonistas de la serotonina ayuden a reducir la conducta antisocial. La fluoxetina (Prozac), un agonista de la serotonina, disminuye la irritabilidad y la agresividad (evaluada mediante pruebas psicológicas).

El caso de un niño de dos años con una conducta agresiva (daba patadas a familiares, atravesó al hámster con un lápiz y luego trató de estrangularlo, se autolesionaba, le expulsaron de la guardería...) mejoró con agonistas monoaminérgicos y un tratamiento de terapia de la conducta.

En un estudio se encontró una asociación entre las diferencias existentes en los genes responsables de la producción de los transportadores de serotonina y la reacción de la amígdala al ver expresiones faciales de emociones negativas.

El **gen transportador de serotonina** tiene dos alelos (largo y corto). Las personas portadoras de al menos un alelo corto tienen una posibilidad algo mayor de presentar niveles altos de ansiedad o de padecer trastornos afectivos como la depresión. En un estudio, los participantes tenían que mirar caras que expresaban miedo e ira observándose que en la amígdala derecha de las personas portadoras de la forma corta del gen transportador de serotonina se daba una tasa de actividad más alta durante esta tarea. Mediante TEP se midió el nivel cerebral del transportador de serotonina; las personas con niveles más altos de transportador en la amígdala mostraban menos activación (medida con Rmf) de la amígdala cuando miraban caras que denotaban emoción.

### Función de la corteza prefrontal ventromedial

Se piensa que la violencia impulsiva es consecuencia de un deficiente control de las emociones. Una frustración puede provocar una mala respuesta emocional, pero normalmente reprimimos ese impulso. **La corteza prefrontal ventromedial (CPFvm) juega un papel importante en las respuestas emocionales.** El análisis de situaciones sociales implica mucho más que el análisis de la información sensitiva: implica experiencias, recuerdos, deducciones y juicios. Se involucran muchas capacidades que no dependen de una parte concreta de la corteza cerebral, pero se cree que el hemisferio derecho juega un papel más importante que el izquierdo. Una región de la CPFvm (que incluye la corteza orbitofrontal medial y la corteza cingulada anterior subgenual) interviene decisivamente. **La CPFvm se localiza en la base del lóbulo frontal anterior, al lado de la línea media; recibe aferencias directas del tálamo dorsomedial, la corteza temporal, el área tegmental ventral, el sistema olfativo y la amígdala. Sus eferencias se dirigen a varias regiones cerebrales, entre ellas, la corteza cingulada, la formación hipocámpica, la corteza temporal, el hipotálamo lateral y la amígdala. También se comunica con otras regiones de la corteza frontal (la más importante la corteza prefrontal dorsolateral -CPFdl-).** Es decir sus aferencias le aportan información sobre el entorno, y de los planes que está haciendo el resto del lóbulo frontal; y sus eferencias le permiten influir en diversas conductas y respuestas fisiológicas, incluyendo las respuestas emocionales, organizadas por la amígdala.

La CPFvm tiene conexiones inhibitoras con la amígdala que son responsables de la extinción de respuestas condicionadas que vimos antes. Estas conexiones inhibitoras, están también involucradas en la supresión de respuestas emocionales en otras situaciones.

Las personas con una lesión prefrontal medial presentan conductas impulsivas y, a menudo estallidos de ira inadecuados. Estos individuos pueden explicar las implicaciones de una situación social compleja pero no pueden responder adecuadamente cuando estas situaciones les atañen a ellos. El caso más famoso y el primer documentado es el de **Phineas Gage**, un capataz de una empresa constructora de ferrocarriles, que al manipular dinamita y una barra de acero, ésta le pasó por su mejilla, le atravesó el cerebro y le salió por la parte superior de la cabeza. Aunque sobrevivió se convirtió en un hombre diferente. De ser un hombre serio y trabajador, pasó a ser irresponsable, de actitud infantil y sin preocuparse por nadie, con muchos cambios temperamentales (como el Dr Jekyll y Mr.Hyde), no era capaz de hacer planes, y sus acciones parecían extrañas. El accidente le produjo una amplia lesión bilateral en la CPFvm.

Las personas con lesión en la CPFvm conservan la capacidad de valorar con precisión el significado de situaciones concretas, pero sólo teóricamente. Ejemplo, un paciente con una lesión en la corteza orbitofrontal tenía una excelente capacidad de juicio social (si se le planteaban decisiones sobre lo que deberían hacer otras personas en dilemas morales, éticos o prácticos, daba una respuesta razonada) pero las decisiones sobre su vida dejaban mucho que desear (irresponsabilidad, pérdida de trabajo, no distinción entre decisiones importantes de las que no lo son...). El paciente había aprendido pautas normales de conducta social antes de la lesión, y aunque podía recordar dichas pautas cuando se le preguntaba cómo aplicarlas, las situaciones de la vida real no las provocaban.

La CPFvm actúa como conexión entre los mecanismos cerebrales implicados en las respuestas emocionales automáticas (aprendidas o no) y los implicados en el control de conductas complejas. Esta función incluye utilizar las reacciones emocionales para guiar la conducta y controlar la manifestación de estas reacciones en diversas situaciones sociales.

En el caso inicial, el hombre tenía una lesión cerebral que disminuía su capacidad de juicio pero no afectaba su inteligencia verbal. Su lesión abarcaba el lóbulo parietal y el frontal del hemisferio derecho, por lo que no se pueden atribuir sus síntomas a una sola región.

**La lesión de la CPFvm causa alteraciones graves en el control de la conducta y la capacidad de toma de decisiones. Esto es consecuencia de una regulación emocional anómala.**

Existe una relación significativa entre la disfunción emocional y la deficiencia de aptitudes en la vida real, pero no existe relación entre las capacidades cognitivas y las aptitudes en la vida real; lo que indica que los problemas emocionales subyacen a las dificultades en la vida real que presentan las personas con daño de la CPFvm.

Las reacciones emocionales guían los juicios morales así como las decisiones que implican riesgos y recompensas personales, y la corteza prefrontal interviene en estos juicios. Hasta hace poco, se consideraba que los juicios morales derivaban de una toma de decisiones consciente y racional, pero investigaciones sobre el papel de los mecanismos neurales de la emoción sugieren que las emociones juegan un papel importante (quizás el más importante) en la elaboración de los juicios morales.

Un ejemplo de dilema moral sería: ves que un tranvía con 5 personas va por una vía directa a un precipicio. Si activas el conmutador cambiarás la vía del tranvía y se salvarán, pero en la vía alternativa hay un trabajador obeso que morirá arrollado por el tranvía. ¿Deberías mirar como se cae el tranvía en el precipicio y se mueren las cinco personas, o activas el conmutador y las salvas pero sacrificas al trabajador? La mayoría piensa que activar el conmutador es la mejor opción (se salvan 5 y se muere 1). Pero si cambiamos la versión y no hay conmutador para cambiar de vía, pero tienes al lado al trabajador obeso y sabes que si lo empujas a la vía parará el tren con su cuerpo aunque morirá (tú eres flacucho y con tu cuerpo no se pararía el tren). En este caso la mayoría se resiste a empujar al hombre aunque el resultado sería el mismo (se salvan 5 y muere 1). En este caso imaginarse a uno mismo empujando a otro para que se muera es emocionalmente más desgarrador que accionar un conmutador. Por lo tanto **el juicio moral parece estar guiado por reacciones emocionales y no es solo un proceso de toma de decisiones lógico, racional.**



El caso del conmutador es un dilema impersonal, y el de arrojar al trabajador a la vía es un dilema personal.

Ante dilemas morales de este tipo se activan regiones cerebrales implicadas en las reacciones emocionales, incluida la CPFvm (decisiones inofensivas como ir o no a una fiesta no activan estas regiones).

La CPFvm media el papel de las emociones en los juicios morales. Adultos que habían sufrido un daño en esta región en su infancia, mostraban indiferencia hacia las posibles consecuencias de sus conductas. Su capacidad de razonar social y moralmente era diferente (esto no era así si la lesión era a una edad más tardía pudiendo realizar ese tipo de juicios incluso si no actúan de acuerdo a ello). Se piensa que las personas aprenden a establecer juicios morales y sociales en fases tempranas de la vida, basados parcialmente en sus propias reacciones emocionales. Es decir si la lesión es en la infancia nunca aprenderá a incorporar sus reacciones emocionales a los procesos de toma de decisiones. Si la lesión es tardía puede cambiar su conducta respecto a otras personas, pero no afectan a su capacidad de razonamiento.

En el ejemplo del dilema anterior, personas con lesión en la CPFvm que muestran una reacción emocional anómala, probablemente eligen un juicio moral utilitario (tiran al trabajador a la vía).

**En un estudio se presentó escenas a sujetos con lesión en la CPFvm, a sujetos con otro tipo de lesión cerebral y a sujetos control normales.**

- **Escena sin sentido moral:** Coges una receta para hacer un bizcocho. Un ingrediente es el chocolate blanco. A ti éste no te gusta, aunque lo hay en casa. Pero también tienes chocolate negro, que sí te gusta. ¿sustituirías el chocolate para evitar comer el que no te gusta?
- **Escena de moral impersonal:** Estas de vacaciones en una isla y unos turistas se alejan en un bote mar adentro. Escuchas que se avecina una violenta tormenta que alcanzará a los turistas. La única opción de garantizar su seguridad es coger una lancha prestada (de un hombre mezquino) que hay en el muelle para avisarlos. ¿cogerías la lancha para avisar a los turistas?
- **Escena de moral personal:** Estas en un crucero con problemas y hay que abandonarlo. Hay pocos botes salvavidas para todas las personas. Tu bote comienza hacer aguas. Si no se hace nada se hundirá antes de que llegue la ayuda. En el bote hay un herido que no logrará sobrevivir. Si se le tira al agua el bote se mantendrá a flote y se salvaran el resto de pasajeros. ¿tirarías a esa persona al agua?

Los pacientes con lesiones en la CPFvm tomaron las mismas decisiones que el resto en los juicios sin sentido moral y en los de moral impersonal (estas decisiones se resuelven de forma racional y no tienen un fuerte componente emocional; sólo se considera el resultado o la utilidad de la elección); pero en la escena de moral personal si hubo diferencia con el resto, ya que éstos seguían haciendo un juicio utilitario. Es decir estos pacientes tienden a responder sí en la escena de tipo moral.

De todo esto sacamos que la CPFvm está implicada en hacer juicios morales. Al hacer un juicio que implica un conflicto entre un juicio utilitario (se muere 1 pero se salvan 5) y un juicio moral personal (¿matarías a 1 para salvar a 5?) se activa la CPFvm, principalmente la corteza cingulada anterior (CCA). Ésta tiene muchas conexiones con la corteza prefrontal dorsolateral (CPFdl): participa en varias funciones cognitivas (memoria operativa, selección de respuesta, verificación de información recuperada de la memoria a largo plazo y la evaluación y ejecución de estrategias).

Cuando los conflictos morales activan la CCA, esta región activa a su vez a la CPFdl, la cual inicia un proceso que pondera los factores emocionales y los racionales para tomar una decisión. Es decir, los dilemas de moral personal activan tanto la CPFdl como la CCA.

Muchos investigadores sostienen que la violencia impulsiva es consecuencia de una regulación hormonal deficiente. La amígdala juega un papel importante en la manifestación de la ira y reacciones emocionales violentas, mientras que la CPF juega un importante papel en la supresión de dicha conducta, haciéndonos ver sus consecuencias negativas.

La amígdala madura en una etapa temprana del desarrollo, la CPF lo hace más tarde (final de la infancia y comienzo de la vida adulta). A medida que madura la CPF los adolescentes son más veloces en el procesamiento cognitivo, en la capacidad de razonamiento abstracto, en su capacidad para cambiar la atención de un tema a otro y en la capacidad para inhibir respuestas inapropiadas. La conducta agresiva en las interacciones entre padre e hijo durante la adolescencia se relaciona positivamente con el volumen de la amígdala, y negativamente con el volumen de la corteza prefrontal medial derecha.

Estudiando el cerebro de asesinos impulsivos y emocionales se observó una disminución de la actividad prefrontal y un aumento de la actividad subcortical (incluyendo la de la amígdala); en los asesinos a sangre fría, calculadores y depredadores (sin ira ni furia) su actividad era más normal. Se piensa que el aumento de actividad en la amígdala refleja un aumento de la tendencia a manifestar emociones negativas, y la disminución de la activación de la CPF refleja una capacidad para inhibir la actividad de la amígdala y controlar así las emociones de la persona. Las personas con trastorno de personalidad antisocial tienen aproximadamente un 11% de reducción del volumen de sustancia gris de la CPF.

En otro estudio con psicópatas que habían cometido crímenes (entre las características de un psicópata se incluyen: mentira patológica, astucia, manipulación, insensibilidad emocional, falta de empatía, deficiente control de la conducta, falta de objetivos realistas a largo plazo e irresponsabilidad) se hicieron dos grupos: psicópatas con éxito (evadieron ser capturados, demostrando ser más listos; controlaron su conducta pública), y psicópatas sin éxito (capturados y condenados). Mediante RM estructural se midió el volumen de su CPF y se observó que los psicópatas sin éxito tenían una reducción del 22,3% del volumen de sustancia gris prefrontal; se concluyó que "una estructura prefrontal relativamente intacta puede proporcionar a los psicópatas con éxito, los recursos cognitivos para manipular y engañar satisfactoriamente, además de una buena capacidad para decidir en situaciones de riesgo para evitar ser detenidos". Esto nos ayuda a entender porque una CPF que funciona adecuadamente ayuda a algunos psicópatas a controlar su conducta, pero no explica porque algunas personas se convierten en psicópatas.

Sabemos que la disminución de la actividad de las neuronas serotoninérgicas se asocia con agresión, violencia y conductas de riesgo; y que la disminución de la actividad de la CPF se asocia con una conducta antisocial. Estos dos hechos están relacionados. La CPF recibe gran cantidad de axones serotoninérgicos; el input serotoninérgico que llega a la CPF activa esta región (la fenfluramina, fármaco que estimula la liberación de serotonina, aumenta la actividad de la CPF, lo que inhibe la actividad de la amígdala y suprime la conducta agresiva). Un nivel bajo de liberación de serotonina disminuye la actividad de la CPF.

Hay evidencias de una deficiente inervación serotoninérgica de la CPFvm. Se ha observado que una sustancia que induce la liberación de serotonina aumenta la actividad de la corteza orbitofrontal en sujetos normales, pero no lo hace en los que tienen una historia de agresividad impulsiva. En un estudio de neuroimagen funcional se observaron bajos niveles de transportadores de serotonina en la CPF medial en personas con agresión impulsiva. Como estos transportadores se encuentran en la membrana de los botones terminales serotoninérgicos, se sugiere que en la CPF medial de dichos individuos hay una reducción de input serotoninérgico.

En un estudio de neuroimagen funcional se determinó el grado de actividad cerebral regional en personas con antecedentes de agresión impulsiva, antes y después de un tratamiento con inhibidores selectivos de la recaptación de la serotonina, en este caso fluoxetina (prozac), el fármaco aumentó la actividad de la CPF y redujo la agresividad.

**Las personas con lesión de la CPFvm manifiestan juicios morales de tipo utilitario. Los psicópatas sin éxito y criminales violentos presentan un bajo nivel de actividad en esta región; el volumen de sustancia gris en ella es más bajo de lo normal en personas con trastorno de personalidad antisocial. La liberación de serotonina en la CPF activa esta región, se cree que el input serotoninérgico a esta región es la razón de la capacidad de la serotonina para inhibir las conductas de riesgo y las agresivas. En la CPFvm de personas con agresividad impulsiva hay un input serotoninérgico menos denso.**

## • CONTROL HORMONAL DE LA CONDUCTA AGRESIVA

Puesto que muchas conductas agresivas (de machos y hembras) se relacionan con la reproducción, en estas conductas influyen las hormonas, especialmente los esteroides sexuales. La mayoría de las conductas reproductoras están controladas por los efectos organizadores y activadores de las hormonas, por ello no es de extrañar que las hormonas afecten a muchas formas de conducta agresiva, al igual que afectan a las conductas reproductoras.

### AGRESIÓN ENTRE MACHOS

En los roedores, la secreción de andrógenos se inicia en el periodo prenatal, luego disminuye y vuelve a aumentar en la pubertad (donde se inicia también la agresión entre machos). Lo que indica que esta conducta está controlada por circuitos neurales estimulados por andrógenos. La castración reduce la agresividad y la inyección de testosterona la restablece.

La androgenización tiene un efecto organizador. La secreción de andrógenos en una fase temprana del desarrollo modifica el cerebro en vías de desarrollo, haciendo que los circuitos neurales que controlan la conducta sexual masculina sean más sensibles a la testosterona; asimismo, la androgenización temprana tiene un efecto organizador que estimula el desarrollo de los circuitos neurales sensibles a la testosterona que facilitan la agresión entre machos.

El efecto organizador de los andrógenos sobre la agresión entre los machos es importante pero no es un fenómeno "todo o nada". La administración prolongada de testosterona acaba provocando la agresión entre machos, incluso en roedores castrados tras el nacimiento. La exposición temprana a andrógenos en las etapas tempranas de la vida reduce el tiempo de exposición necesario para activar la conducta agresiva en una etapa posterior. Es decir, la androgenización temprana sensibiliza los circuitos neurales (cuanto más temprana sea la androgenización, más eficaz será la sensibilización).

Los andrógenos estimulan la conducta sexual masculina interactuando con los receptores de los andrógenos de neuronas localizadas en el **área preóptica medial (APM)**, la cual **media los efectos de los andrógenos en la agresión entre machos**.

La administración de testosterona en el APM restaura la agresión en machos castrados; la testosterona activa directamente la conducta estimulando las neuronas de esta área sensible a los andrógenos. Es decir, el APM participa en conductas relacionadas con la reproducción: conducta sexual masculina, conducta maternal y la agresión entre machos.

**Los andrógenos afectan al ataque ofensivo (no son necesarios para la conducta defensiva que manifiestan hembras y machos). En los machos, los andrógenos ejercen efectos organizadores y activadores del ataque ofensivo, del mismo modo que lo ejercen en la conducta sexual masculina.**

Los machos atacan fácilmente a otros machos, pero no suelen atacar a las hembras; esta discriminación se basa en la acción de feromonas específicas. Si se secciona el nervio vomeronasal (se priva al cerebro de las aferencias del OVN) se suprime la conducta de agresión. Si se impregna a un ratón macho con orina de un ratón hembra, éste no será atacado por otros machos.

Se observó que una mutación dirigida contra una proteína esencial para que el OVN detecte feromonas suprime la capacidad del macho para discriminar entre machos y hembras. Los ratones con mutación dirigida, no reconocen a los machos intrusos y hasta intentan copular con ellos

### AGRESIÓN ENTRE HEMBRAS

**Los roedores hembra se pelearán en un territorio neutral con menor frecuencia que los machos.** La agresión entre hembras también parece estar facilitada por la testosterona. Tras extirpar los ovarios a ratas hembra y administrar inyecciones diarias de testosterona, estradiol y placebo durante días, al colocar una hembra no familiar junto a ellas se observó que la testosterona aumentó la agresividad y el estradiol no tuvo ningún efecto.

Los andrógenos tienen un efecto organizador en la conducta agresiva en hembras (hay un cierto grado de androgenización prenatal en el desarrollo normal).

La mayoría de los fetos de roedores, comparten el útero de su madre con hermanos y hermanas dispuestos en fila. Un ratón hembra puede tener uno o dos hermanos a su lado o ninguno (sería una hembra 1M, 2M o 0M). **El estar al lado de un feto macho afecta al nivel sanguíneo de andrógenos de los fetos hembra en la etapa prenatal.** Las hembras entre dos machos (2M) tienen niveles sanguíneos de testosterona más elevados que las que están entre dos hembras (0M). **En la vida adulta, las hembras 2M tienen mayor probabilidad de mostrar agresividad entre hembras.**

**Las hembras de algunas especies de primates son más propensas a pelear cuando se acerca el momento de la ovulación (mayor impulso sexual y acercamiento a los machos) y antes de la menstruación.**

## **EFFECTOS DE LOS ANDRÓGENOS SOBRE LA CONDUCTA AGRESIVA HUMANA**

Los niños suelen ser más agresivos que las niñas. La manera en que los tratamos y los modelos a los que les exponemos influyen en las diferencias sexuales en cuanto a agresividad. Pero a parte de las influencias sociales, las biológicas (como la exposición a los andrógenos) también influyen.

**La androgenización prenatal aumenta la conducta agresiva en todas las especies estudiadas.** Tras la pubertad los andrógenos ejercen efectos activadores. El nivel de testosterona en los niños aumenta en torno a la pubertad (suele aumentar la conducta agresiva). La posición social de los niños cambia durante la pubertad, y la testosterona afecta tanto a sus músculos como a su cerebro, por lo que no se puede asegurar que este efecto se deba a las hormonas, ni que de ser así, esté mediado por el cerebro.

**La exposición prenatal de andrógenos de una hembra 2M tiene un efecto organizador de la conducta agresiva.** En un estudio se observó la **tendencia a la agresión de gemelas dicigóticas de 13 años que habían compartido útero con un hermano** (hembras 1M) con otras que lo habían compartido con una hermana (hembras 1F). Se observó un ligero aumento de la agresividad en las chicas 1M. Los niveles de testosterona en las niñas 1M y 1F no diferían, por lo que el aumento de la agresividad probablemente se debía a un aumento de exposición prenatal a los andrógenos. No podemos descartar que el crecer junto a un hermano de la misma edad influya en la tendencia de una niña a la agresión.

**Las chicas con hiperplasia suprarrenal congénita (HSG) que han estado expuestas a niveles anormalmente altos de andrógenos** (producidos por sus glándulas suprarrenales) en el periodo prenatal, tienen preferencia por los juegos de chicos, **muestran un nivel más elevado de agresión** y en la edad adulta se sienten atraídas sexualmente por mujeres.

**Es difícil demostrar el efecto activador de los andrógenos en el aumento de agresividad humana** (no podemos castrar a varones para ver si disminuye su agresividad; aunque en el pasado a los agresores sexuales convictos se les castraba y con ello se eliminaba la agresividad y el impulso sexual del delincuente).

Algunos casos de agresividad (sobre todo la sexual) se ha tratado con esteroides sintéticos que inhiben la producción de andrógenos en los testículos (preferible a la castración, ya que sus efectos no son irreversibles). Estos fármacos disminuyen la agresión sexual pero no otras formas de agresión (en un estudio con monos se observó que estos fármacos reducían la actividad sexual y la agresión a las hembras, pero aumentaba la agresión a los machos).

Una forma de determinar si los andrógenos afectan a la agresividad en humanos sería examinar los niveles de testosterona en personas agresivas. En un estudio con soldados se observó que había una relación positiva entre el nivel de testosterona y agresividad; los efectos más pronunciados se observaron en los varones con menor rango socioeconómico.

**Se sugiere que el principal efecto social de los andrógenos puede ser aumentar la motivación para conseguir dominar y que el aumento de la agresión puede derivar de este efecto** (es decir, los andrógenos potencian la motivación por dominar a los demás y ésta puede llevar a veces a la agresión).

La relación no implica causalidad. También el entorno de una persona puede afectar a su nivel de testosterona (perder a un juego puede disminuir los niveles de testosterona y ganarlo hace que te sientas mejor y los aumenta). Es decir, **en ningún estudio correlacional se puede asegurar que un nivel elevado de testosterona provoque que la persona se vuelva dominante o agresiva**, aunque puede que su éxito en lograr una posición dominante aumente sus niveles.

Sabemos que hay atletas que toman esteroides anabolizantes (incluyen andrógenos naturales y hormonas sintéticas con efectos androgénicos) para aumentar su fuerza y masa muscular (y supuestamente para aumentar su competitividad). En un estudio se observó que los levantadores de pesas que consumían anabolizantes eran más agresivos y hostiles. Aunque puede ser que los hombres más agresivos y competitivos fueran los consumidores de anabolizantes.

**Los estudios con monos sugieren que la testosterona y el alcohol tienen efectos sinérgicos, especialmente en animales dominantes.**

Los datos sugieren que los efectos del alcohol interactúan tanto con la posición social como con la testosterona. En un estudio con monos, el alcohol aumentaba la agresión entre machos dominantes, pero sólo en época de celo (la concentración de testosterona es mayor). Durante épocas no reproductoras, el alcohol sólo aumentaba la conducta agresiva de los monos dominantes si se les administraba testosterona; tratamiento que no resultó eficaz en los monos subordinados, que presumiblemente habían aprendido a no ser agresivos. **Quizás estos efectos se relacionan con la agresividad de hombres al beber.**

## 2. COMUNICACIÓN DE LAS EMOCIONES

Hemos visto las emociones como respuestas (comportamentales, neurovegetativas y hormonales) organizadas, que preparan al animal para hacer frente a las situaciones ambientales. Con el tiempo se han desarrollado otras respuestas con funciones sociales, como la de indicar a otros como nos sentimos y que es lo que probablemente vamos a hacer (mostrar a un enemigo que estamos furiosos y es mejor que se vaya...); esta comunicación de emociones **se hace mediante cambios posturales, expresiones faciales y ruidos no verbales** (suspiros, gruñidos y gemidos).

### • EXPRESIÓN FACIAL DE LAS EMOCIONES: RESPUESTAS INNATAS

**Darwin** sugirió que **las expresiones humanas de emoción** han evolucionado a partir de emociones similares en otras especies y que **son respuestas innatas no aprendidas** (la expresión de burla de un hombre o el gruñido de un lobo estarían determinados biológicamente por mecanismos cerebrales innatos como toser o estornudar). Basó sus conclusiones observando a sus hijos, y en su correspondencia con personas aisladas en otras partes del mundo, sugiriendo que si estas personas mostraban las mismas expresiones faciales emocionales, debían ser heredadas, no aprendidas. En el caso del lenguaje, las personas aisladas desarrollaban lenguajes distintos, es decir, las palabras son arbitrarias y no hay razón biológica que justifique el uso de determinadas palabras para representar conceptos. La producción de esas palabras no implica respuestas innatas, sino que han de aprenderse.

**Ekman** llevó a cabo estudios transculturales mediante fotografías para reconocer expresiones faciales de emoción. Los sujetos de las distintas culturas no tuvieron problemas en reconocer dichas expresiones, apoyando así la hipótesis de Darwin.

En un estudio se comparó las expresiones faciales de niños ciegos y niños con visión normal. Sus expresiones fueron similares, por lo que no hay aprendizaje por observación. Estos datos no serían concluyentes con adultos ciegos (han podido oír suficientes descripciones como para reproducirlas).

### • BASE NEURAL DE LA COMUNICACIÓN DE LAS EMOCIONES: RECONOCIMIENTO

Una comunicación eficaz es bidireccional. La capacidad para mostrar el estado de ánimo resulta útil sólo si otras personas son capaces de reconocerlos.

En un estudio se observó a personas en situaciones alegres cuando estaban solas y se encontró que estas situaciones sólo producían signos sutiles de alegría.

Pero cuando las personas en esas situaciones estaban acompañadas era más probable que sonrieran; incluso niños de diez meses muestran esa tendencia.

El reconocimiento de las expresiones faciales de las emociones en otra persona suele ser automático, rápido y exacto.

## LATERALIZACIÓN DEL RECONOCIMIENTO DE LAS EMOCIONES

Podemos reconocer los sentimientos de los demás mediante la vista y el oído. **El hemisferio derecho juega un papel más importante que el izquierdo en la interpretación de las emociones.** Pacientes con lesión en el hemisferio derecho muestran dificultad para producir o describir imágenes mentales de expresiones faciales de emociones (si le dices a una persona con esa lesión que imagine a alguien enfadado, luego tiene problemas para responder si le preguntas si esa imagen tiene la frente fruncida; pero si le preguntas a qué número se parece un cacahuete, no tienen ningún problema en responder).

En un estudio los sujetos tenían que escuchar el significado de las palabras y decir si describían una situación en la que uno se sentía contento, triste...; luego los sujetos tenían que juzgar el estado emocional a partir del tono de voz. Se observó que la comprensión de la emoción a partir del significado de la palabra aumentaba la actividad en ambos lóbulos frontales, aunque más del izquierdo que del derecho, mientras que la comprensión de la emoción a partir del tono de voz provocaba un aumento de la actividad solo en la corteza prefrontal derecha (ej un sujeto con un trastorno de "sordera pura para palabras" provocado por una lesión en la corteza temporal izquierda, no podía comprender el significado de un discurso, pero identificaba la emoción que expresaba la entonación; esto indica que el reconocimiento del tono de voz y la comprensión de las palabras son funciones independientes).

**Estudios con personas normales ponen de manifiesto que juzgamos mejor las expresiones faciales o el tono de voz cuando la información se presenta al hemisferio derecho que al izquierdo. Las exploraciones con TEP realizadas cuando las personas juzgan la emoción transmitida mediante la voz muestran que el hemisferio derecho se activa más que el izquierdo. Los estudios de personas con lesiones cerebrales en uno de los dos hemisferios corroboran dichos hallazgos. Además, indican que el reconocimiento de un rostro en particular implica a circuitos neurales diferentes de los que se requieren para reconocer la expresión facial de la emoción.**

## FUNCIÓN DE LA AMÍGDALA

**La amígdala desempeña un papel especial en la respuesta emocional, y puede que también en el reconocimiento de las emociones. Lesiones en la amígdala deterioran la capacidad de las personas para reconocer las expresiones faciales de emoción (sobre todo la de miedo); la actividad de la amígdala aumenta cuando se observan fotografías de rostros que expresan miedo, y solo hay un pequeño aumento (o incluso disminución) cuando expresan felicidad. Pero no hay evidencias de que la lesión de la amígdala afecte a la capacidad de reconocer emociones en el tono de voz.**

La amígdala recibe información visual, que utilizamos para reconocer las expresiones faciales de la emoción, directamente desde el tálamo y no desde la corteza visual de asociación. La amígdala recibe aferencias visuales de dos fuentes: una cortical y otra subcortical.

**El input subcortical proporciona la información más importante para esta área. La amígdala recibe información visual magnocelular (sistema primitivo) de los tubérculos cuadrigéminos superiores y el núcleo pulvinar (en el tálamo posterior), y esta información se utiliza para hacer juicios sobre las expresiones de temor. Debido a este input, las personas con lesiones de la corteza visual que desembocan en ceguera en parte del campo visual pueden, sin embargo, reconocer expresiones faciales de emociones que se presenten en el campo ciego (no son conscientes de estar mirando el rostro de la persona) fenómeno que se denomina **visión ciega afectiva**, (en un paciente con estas características, cuando veía rostros con expresiones de miedo -de lo que no tenía una percepción consciente- se activaban los tubérculos cuadrigéminos superiores, el tálamo posterior y la amígdala. Por lo que probablemente esta vía subcortical aporta información visual a la amígdala y a otras regiones implicadas en la percepción emocional).**

**También podemos reconocer las emociones que expresan las posturas corporales o el movimiento de una persona, y la amígdala recibe y procesa asimismo ese input.** Cuando miramos a la cara de otra persona nuestra percepción de su estado emocional está afectada tanto por la postura corporal como por la expresión facial.

### La corteza visual recibe información de dos sistemas neurales:

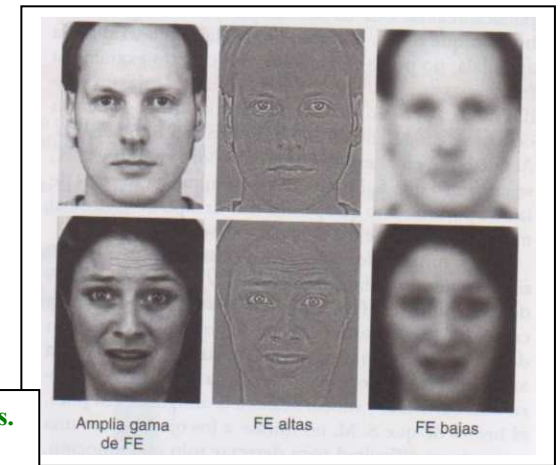
- **El sistema magnocelular** (llamado así por las capas de grandes células en el núcleo geniculado lateral del tálamo que transmiten información visual desde el ojo a la corteza visual), proporciona información sobre el movimiento, profundidad y diferencias muy sutiles de luminosidad en la escena que tenemos ante nuestros ojos. Este sistema aparece en una etapa temprana de la evolución del cerebro de los mamíferos y proporciona a la mayoría de estos (perros, gatos...) una visión del mundo monocromática y algo borrosa.
- **El sistema parvocelular** (llamado así por las capas de pequeñas células que se encuentran en el núcleo geniculado lateral), se encuentra sólo en algunos primates (incluido el hombre) y nos permite la visión en color y la capacidad para detectar pequeños detalles.

La parte de la corteza visual de asociación responsable del reconocimiento de las caras, el **área facial fusiforme**, recibe información principalmente (pero no exclusiva) del sistema parvocelular, mientras que la información que recibe la **amígdala desde los tubérculos cuadrigéminos superiores y el núcleo pulvinar** procede del sistema magnocelular, más primitivo.

En un estudio de neuroimagen funcional se presentaron fotografías de rostros que mostraban expresiones neutras o de temor a los participantes. Algunas fotografías eran neutras y otras filtradas con un programa de ordenador (solo mostraban frecuencias espaciales altas o bajas). Las frecuencias espaciales altas muestran pequeños detalles de transiciones entre luz y oscuridad (estimula el sistema parvocelular), mientras que las frecuencias espaciales bajas muestran imágenes borrosas (estimula el sistema magnocelular).

El área facial fusiforme era superior en el reconocimiento de caras individuales y usaba esencialmente la información de las frecuencias espaciales altas (del sistema parvocelular) para hacerlo. La amígdala (así como los tubérculos cuadrigéminos superiores y el pulvinar, que le aportan información visual) podían reconocer una expresión de miedo basándose en la información de las frecuencias espaciales bajas (del sistema magnocelular) pero no en la de las altas.

**El sistema magnocelular (más primitivo) responde a frecuencias espaciales (FE) bajas.**  
**El sistema parvocelular (que evolucionó más recientemente) responde a FE altas**



En otro estudio se registró los potenciales eléctricos de la amígdala y de la corteza visual de asociación mediante electrodos implantados en personas a las que se estaba evaluando como candidatas a neurocirugía para subsanar un trastorno convulsivo epiléptico. Se les enseñaron fotografías con caras neutras, de miedo, alegría y desagrado. Se observó que las caras de miedo producían una mayor respuesta y que la amígdala se activaba antes de que lo hiciera la corteza visual. Esto confirma que la amígdala recibe información del sistema magnocelular (que transmite la información muy rápidamente), lo que permite reconocer las expresiones faciales de miedo.

Aunque la amígdala juega un papel indispensable en el reconocimiento de las expresiones faciales de miedo, otras regiones del cerebro pueden realizar esta tarea. En un caso, una mujer con lesión bilateral de la amígdala no podía mirar a los ojos cuando examinaba fotografías de caras. Se registró los movimientos oculares mientras esta mujer conversaba con otra persona, pero la mujer tampoco dirigía la mirada a los ojos, miraba más a la boca de la persona.

Por sí mismos los ojos pueden transmitir una expresión de miedo. Ver ojos con expresión de miedo activa la amígdala ventral, región que recibe la mayoría de las aferencias corticales y subcorticales de la amígdala. El hecho de que la mujer no mirase a los ojos sugiere una causa de dificultad para detectar solo esta emoción. Cuando se le indicó que mirase a los ojos de la persona que estaba examinando, la mujer reconoció una expresión de miedo; si no se le recordaba que mirase a los ojos, dejaba de hacerlo y perdía la capacidad de reconocer la expresión de miedo.

Una de las razones por las que la lesión bilateral de la amígdala afecta al reconocimiento de las expresiones faciales de temor parece ser la incapacidad de mirar a los demás a los ojos.

### PERCEPCIÓN DE LA DIRECCIÓN DE LA MIRADA

Estudios con monos, indican que las **neuronas del surco temporal superior (STS)** están implicadas en el reconocimiento de la dirección de la mirada de otros monos (o incluso de las personas). Algunas neuronas de esta región respondían cuando el mono miraba fotografías del rostro de un mono o humano, pero sólo si la cara de la fotografía estaba orientada hacia una dirección determinada.

La dirección de la mirada es importante ya que nos indica si la expresión emocional va dirigida hacia uno mismo o hacia otra persona (si ante una expresión de miedo vemos hacia donde mira la persona, esto puede resultarnos útil). Las personas reconocen más rápidamente la ira si los ojos de la otra persona se dirigen directamente al observador, y el miedo si se dirige a cualquier otro lado. Una expresión de enfado dirigida al observador indica que la persona quiere que el observador deje de hacer lo que está haciendo.

**La dirección de una mirada que expresa emoción tiene un valor informativo. Las neuronas del STS responden a la dirección de la mirada y transmiten esta información a otras partes del cerebro, entre ellas la amígdala.**

La neocorteza que rodea al STS proporciona este tipo de información. La lesión de esta región altera la capacidad de los monos para discriminar la dirección de la mirada de otro animal, pero no su capacidad para reconocer el rostro de otros animales.

La corteza parietal posterior se ocupa de percibir la localización de los objetos en el espacio. En un estudio en el que se pidió a los sujetos que observaran el dibujo animado de una cara. Cuando la dirección de la mirada cambiaba, se observaba un aumento de actividad en el STS derecho y en la corteza parietal posterior. Posiblemente las conexiones entre las neuronas del STS y la corteza parietal hacen posible que la orientación de la mirada de otra persona dirija la propia atención a una localización determinada del espacio.

### FUNCIÓN DE LA IMITACIÓN EN EL RECONOCIMIENTO DE LAS EXPRESIONES EMOCIONALES: EL SISTEMA DE NEURONAS ESPECULARES

Se ha descubierto un posible nexo entre la somatestesia y el reconocimiento emocional. Se ha encontrado que el deterioro más grave de esta capacidad se debe a lesiones en la corteza somatosensitiva del hemisferio derecho. El ver una expresión facial hace que inconscientemente nos imaginemos a nosotros mismos haciendo esa expresión (solemos imitar lo que vemos). La representación somatosensitiva de lo que se siente es lo que hace que la expresión que se percibe proporcione las señales que utilizamos para reconocer la emoción que expresa la cara que estamos viendo. Se sugiere que la capacidad de pacientes con lesiones en el hemisferio derecho para reconocer expresiones faciales de miedo se relaciona con su capacidad para percibir estímulos somatosensitivos. Es decir, pacientes con alteración somatosensitiva (causada por lesión en el hemisferio derecho) tendrán dificultad para reconocer emociones.

**Las neuronas especulares** se activan cuando un animal realiza una conducta determinada o cuando ve a otro animal realizarla (participan en el aprendizaje imitativo). Estas neuronas que se localizan en el área premotora ventral del lóbulo frontal, reciben aferencias del surco temporal superior y la corteza parietal posterior. Este circuito se activa cuando vemos a una persona realizar una acción dirigida a conseguir un fin y la retroalimentación de dicha actividad nos ayuda a entender qué es lo que esa persona intenta conseguir.

Es decir, el sistema de neuronas especulares que se activa al observar los movimientos faciales de otras personas, nos proporciona la retroalimentación para entender como se sienten. Con ello, el sistema neural especular puede estar implicado en nuestra capacidad de empatizar con las emociones de los demás.



Las neuronas especulares de la corteza premotora ventral reciben información visual concerniente a la expresión facial de otras personas que activa los circuitos neurales responsables de dichas expresiones. La retroalimentación de esta actividad, que se puede transmitir a la corteza somatosensitiva, nos ayuda a comprender las intenciones emocionales de otras personas.

Un ejemplo es la enfermedad neurológica conocida como *síndrome de Moebius*. Es una patología congénita que implica un desarrollo anómalo de los nervios craneales sexto (abducens) y séptimo (facial), lo que provoca parálisis facial e incapacidad para realizar movimientos oculares laterales. El estar afectado de esta enfermedad, implica no poder representar expresiones faciales de emoción, y dificultad para reconocer las expresiones emocionales de otras personas.

**Las neuronas audiovisuales** (responden ante los sonidos de determinadas acciones y ante la visión de dichas acciones) también juegan un papel en la comunicación de las emociones. Cuando escuchamos a otras personas hacer sonidos emocionales no verbales nuestro sistema de neuronas especulares se activa y la retroalimentación de dicha activación puede contribuir a que reconozcamos las emociones que expresan dichos sonidos.

## DESAGRADO

**El daño de la corteza de la ínsula y los núcleos basales perjudica la capacidad de las personas para reconocer las expresiones faciales de desagrado.**

Percibir un olor desagradable y ver una cara con expresión de desagrado activan la corteza de la ínsula.

El desagrado es una emoción provocada por algo que sabe o huele mal, o por una acción considerada de mal gusto. Su expresión facial es característica. En la ínsula se halla la corteza gustativa primaria (esta región se relaciona también con el reconocimiento del "mal gusto").

En un estudio se pidió a los participantes que tras mostrarles unas expresiones faciales le dieran a una palanca según creyeran que la expresión era de miedo o desagrado. Cuando veían caras de desagrado se activaban la corteza de la ínsula y parte de los lóbulos basales. Cuando los sujetos veían una expresión neutra, pero le daban a la palanca de desagrado, se activaban las mismas regiones cerebrales del desagrado.

Tras una encuesta on-line, se sugiere que la emoción de desagrado tiene su origen en la prevención de enfermedades. Se les pidió a los participantes que ante una lista de pares de fotografías indicasen las más desagradables de cada una de ellas (por ejemplo un pañuelo con un fluido azul frente a uno con un fluido amarillento; o una cara normal frente a una sudorosa). Para los participantes, las fotografías que parecieron tener un mayor riesgo de enfermedad eran las más desagradables.

**Estudios de neuroimagen funcional muestran un aumento de actividad en la corteza de la ínsula (que contiene la corteza gustativa primaria) cuando las personas huelen olores desagradables o contemplan rostros que manifiestan desagrado.**

## **BASE NEURAL DE LA COMUNICACIÓN DE LAS EMOCIONES: EXPRESIÓN**

Las expresiones faciales de las emociones son automáticas e involuntarias (aunque pueden modificarse por las normas sociales de manifestación). **Es difícil producir una expresión facial realista de una emoción y otras estereotipadas cuando no las sentimos.**

**Las sonrisas de felicidad genuina, en contraposición a las falsas** o las sociales, implican la **contracción de un músculo** cercano a los ojos, la parte lateral del orbicularis oculi ("músculo de Duchenne"). **Duchenne** comprobó que el cigomático mayor obedece a la voluntad, y **el orbicularis oculi** interviene en las emociones agradables del alma y la falsa alegría no puede contraerlo.

La dificultad de los actores para reproducir de forma voluntaria una expresión facial convincente de emoción llevó a **Stanislavsky** a elaborar su sistema de **actuación metódica** en la que los actores se imaginaban a sí mismos en una situación capaz de provocarles la emoción deseada. Al evocar dicha emoción, la expresión facial surge de forma natural.

La circunvolución cingulada anterior participa en el control de los aspectos motores de la risa, mientras que la apreciación del humor al parecer involucra a la corteza prefrontal ventromedial. Las expresiones genuinas de emoción están controladas por circuitos neurales especiales.

Esta observación se confirma con los siguientes trastornos neurológicos con síntomas complementarios:

- **Parálisis facial intencional:** debida a una lesión en la región de la corteza motora primaria correspondiente a la cara, o de las fibras que conectan esta región con el núcleo motor del nervio facial, que controla e movimiento de los músculos responsables de la expresión facial. **El paciente no puede mover voluntariamente los músculos faciales**, pero sí expresar una emoción genuina con esos músculos (ej, una mujer con esta lesión al intentar separar los labios y mostrar los dientes, al no poder mover la parte izquierda del rostro no podría hacerlo; pero ante una auténtica sonrisa, los mostraría sin problemas)
- **Parálisis facial emocional:** debida a una lesión en la región de la ínsula de la corteza prefrontal, de la sustancia blanca del lóbulo frontal, o de partes del tálamo. Este sistema conecta con el sistema responsable de los movimientos voluntarios de los músculos faciales en el bulbo raquídeo o en la región caudal de la protuberancia. **El paciente en este caso, puede mover voluntariamente los músculos faciales, pero no puede expresar las emociones con el lado afectado** (ej, un hombre con esta lesión podría abrir los labios sin problemas y mostrar sus dientes; pero al sonreír solo levantaría la parte izquierda de la boca).

Estos dos síndromes indican que los mecanismos cerebrales responsables de los movimientos voluntarios de los músculos faciales son diferentes de los mecanismos que controlan la expresión involuntaria y automática de las emociones mediante los mismos músculos.

En un estudio sobre los mecanismos cerebrales implicados en la risa (expresión emocional más intensa que la sonrisa), se informó del caso de un paciente con crisis epilépticas acompañadas de carcajadas vacías (el paciente se reía pero no estaba feliz). La crisis comenzaba en la región anterior de la circunvolución cingulada izquierda. La extirpación de un tumor cercano puso fin a las crisis y a las carcajadas vacías.

Se sugiere que la corteza cingulada anterior está implicada en el movimiento muscular que produce la risa. La lesión de la corteza prefrontal ventromedial derecha altera la capacidad de las personas para comprender - y divertirse- con los chistes.

En otro estudio se encontró que diferentes tipos de chistes activaban diferentes regiones cerebrales, pero todos activaban una región: la CPFvm derecha.

A un grupo de pacientes se les presentó chistes socialmente aceptables y socialmente no aceptables (con contenido sexual) realizados con dibujos animados. Cuanto más divertidos eran los chistes causaban una activación creciente de varias regiones, entre ellas el núcleo accumbens (implicado en el refuerzo y recompensa) y la CPFvm derecha; mientras que los chistes más transgresores de las normas sociales producían una activación creciente de varias regiones, incluyendo la amígdala derecha y la corteza orbitofrontal izquierda.

El hemisferio derecho desempeña un papel más importante en el reconocimiento de las emociones a partir de la voz y de la expresión facial de otras personas (especialmente de las emociones negativas). La misma especialización hemisférica parece ser válida para la expresión de las emociones. Cuando las personas demuestran emociones con sus músculos faciales, **el lado izquierdo de la cara suele mostrar una expresión más intensa.**

En un estudio se cortaron por la mitad fotografías que expresaban una emoción. Prepararon imágenes en espejo y luego las unieron formando caras híbridas o quiméricas. Se observó que las mitades del lado izquierdo eran más expresivas que las del lado derecho. **Dado que el control motor es contralateral, estos resultados sugieren que el hemisferio derecho es más expresivo que el izquierdo.**

Observando a personas en condiciones naturales (parques, bares...) se apreció que el lado izquierdo de la cara manifestaba más intensamente las expresiones de emoción. Lo mismo ocurrió al observar a personas contando historias cómicas o tristes.

Utilizando la técnica de las figuras híbridas, se observó en un grupo de macacos de la India (al igual que en seres humanos) que expresaban las emociones con más intensidad con el lado izquierdo del rostro. También se puso de manifiesto que las expresiones emocionales se inician antes en el lado izquierdo de la cara. Esto sugiere que la especialización hemisférica de la expresión emocional surgió antes de que apareciera nuestra especie.

Las lesiones del hemisferio izquierdo no suelen afectar a las expresiones vocales de emoción. Ej, las personas con afasia de Wernicke suelen modular su voz en función del estado de ánimo, aunque las palabras que emiten carecen de sentido. A su vez, las lesiones del hemisferio derecho si deterioran la expresión, tanto mediante los músculos faciales como mediante el tono de voz, de las emociones.

Como sabemos, la amígdala está implicada en el reconocimiento de la expresión facial de la emoción, pero las investigaciones indican que no está implicada en la expresión emocional. Una mujer a la que se le extirpó la amígdala derecha como tratamiento de una crisis epiléptica grave, perdió la capacidad de reconocer las expresiones faciales de miedo, pero no le era difícil reconocer las caras de los individuos, pudiendo identificar el rostro de un hombre o mujer y calcular su edad. La lesión en la amígdala no afectaba la capacidad de producir sus propias expresiones faciales de miedo, ira, felicidad, desagrado, sorpresa... pero cuando vio fotografías suyas expresando miedo, no supo decir que emoción había expresado su rostro.

### 3. SENTIMIENTOS DE EMOCIÓN

Hemos visto dos aspectos de las emociones: la realización de la pauta de respuesta ante la situación que provoca emoción y la comunicación de estados emocionales. Ahora vemos el componente subjetivo: los sentimientos de emoción.

#### • LA TEORÍA DE JAMES-LANGE

Desde tiempos remotos, las personas han reconocido que las emociones se acompañan de sentimientos que parecen surgir del interior del cuerpo, lo que probablemente impulsó el desarrollo de teorías fisiológicas de la emoción.

**James y Lange** sugirieron que las emociones eran básicamente respuestas ante situaciones. La retroalimentación aportada por las reacciones fisiológicas y comportamentales ante situaciones generadoras de emociones daría lugar a los sentimientos; así pues, los sentimientos serían el resultado, no la causa, de las reacciones emocionales.

Su teoría postula que las situaciones generadoras de emociones provocan una serie de respuestas fisiológicas apropiadas (temblores, sudoración, aumento de la frecuencia cardiaca), y también conductas tales como cerrar los puños o luchar. El cerebro recibe retroalimentación sensitiva de los músculos y de los órganos que producen dichas respuestas, y es esta retroalimentación lo que constituye nuestra vivencia de la emoción.

James sostiene que nuestras vivencias emocionales están basadas en lo que vemos que estamos haciendo y en la retroalimentación sensitiva que recibimos de la actividad de nuestros músculos y órganos internos (cuando temblamos y nos sentimos mal, experimentamos miedo). Somos observadores de nosotros mismos. Por tanto, las pautas de respuestas emocionales y las expresiones de las emociones originan un tercer aspecto: los sentimientos o vivencias emocionales.

La descripción de James del proceso experimental puede parecerse contradictoria con nuestra propia experiencia. Muchos pensamos que experimentamos las emociones directamente, internamente; que las manifestaciones externas de las emociones son acontecimientos secundarios (pero ¿no se os han llenado los ojos de lágrimas viendo una peli que pensabais no os iba a afectar?).

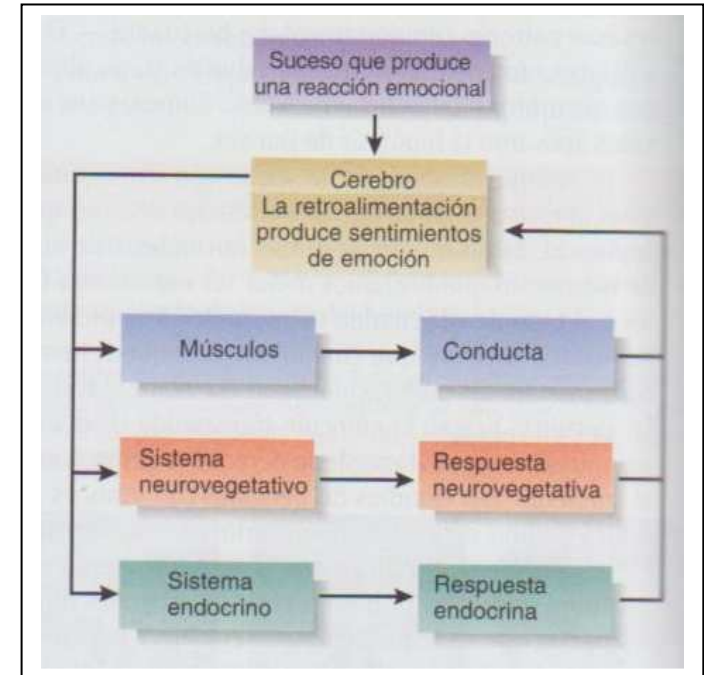
**Cannon** criticó la teoría de James postulando que los órganos internos eran relativamente insensibles, y no tenían capacidad de responder rápidamente, por lo que la retroalimentación a partir de esos órganos no podía explicar nuestros sentimientos. Observó que si se cortan los nervios que aportan la retroalimentación desde los órganos internos al cerebro no se alteraba la conducta emocional.

Estudios posteriores indicaron que las críticas de Cannon no eran relevantes. Aunque las vísceras no son sensibles a algunos tipos de estímulos (cortes, quemaduras...) aportan una retroalimentación mejor de lo que sospechaba Cannon. Es más, muchos de los cambios viscerales pueden ocurrir con la suficiente rapidez como para poder ser la causa de los sentimientos.

Cannon señaló que seccionando los nervios que comunican los órganos internos con el SNC no se suprime la conducta emocional de los animales (lo que obvia el verdadero sentido de la teoría de James-Lange). No demuestra que la vivencia emocional persista tras esta manipulación quirúrgica (sino sólo que las conductas emocionales se mantienen). No sabemos como se sienten los animales, solo gruñen e intentan morder si son amenazados.

James no atribuía todos los sentimientos a los órganos internos, decía que la retroalimentación desde los músculos era importante. La amenaza puede hacer que el animal gruña y muerda, y la retroalimentación desde los músculos faciales podría "constituir" un sentimiento de ira, incluso aunque se hubiera suprimido la retroalimentación desde los órganos internos.

La teoría de James es difícil de verificar porque explica los sentimientos no la causa de las respuestas emocionales, y los sentimientos son sucesos privados.



### Teoría de James –Lange de la emoción.

Un suceso del entorno desencadena respuestas comportamentales, neurovegetativas y endocrinas. La retroalimentación de estas respuestas produce sentimientos emocionales.

Es decir, las respuestas fisiológicas y comportamentales son provocadas directamente por las situaciones, y los sentimientos se deben a la retroalimentación que producen dichas conductas y respuestas.

### Ejemplos que apoyan la teoría de James-Lange:

- A un hombre se le seccionaron algunos nervios del SN simpático de uno de los lados del cuerpo para tratar un trastorno cardiovascular. Este hombre decía que la sensación de estremecimiento al escuchar música, ahora solo se daba en el lado del cuerpo no operado. Seguía disfrutando de ella pero con una reacción emocional alterada.
- **Hohman estudió personas con lesión en la médula espinal**, preguntándoles sobre la intensidad de sus sentimientos (si la retroalimentación es importante, los sentimientos serán menos intensos cuando la lesión es más alta, ya que produce insensibilidad en una región más extensa del cuerpo). **Las personas que ya no podían sentir las reacciones de la mayor parte del cuerpo, no experimentaban estados emocionales intensos.**

El caso de un sujeto demostró que la conducta de enfado (una respuesta emocional) no parece depender de sentimiento emocional de enfado. En cambio, esta conducta es evocada por la situación (y por cómo la persona la valora), aunque la lesión de la médula espinal haya reducido la intensidad de los sentimientos de la persona.

## • RETROALIMENTACIÓN DE LAS EMOCIONES SIMULADAS

**James** destacó la importancia de dos aspectos de las respuestas de emoción: las conductas emocionales y las respuestas neurovegetativas.

Los músculos de la cara nos ayudan a expresar nuestro estado emocional. La retroalimentación que aporta la contracción de los músculos faciales puede afectar al estado de ánimo de las personas e incluso alterar la actividad de su sistema neurovegetativo.

**Ekman** en un estudio, pidió a los sujetos que movilizaran ciertos músculos faciales para simular expresiones emocionales, pero sin decirles que emoción estaban intentando simular (ej, levante las cejas y júntelas, levante los párpados...) y registró respuestas fisiológicas controladas neurovegetativamente.

**Ekman demostró que incluso la simulación de una expresión emocional provoca cambios en la actividad del sistema neurovegetativo.** Observó que las distintas expresiones producían patrones de actividad distintos (la ira aumentaba la frecuencia cardíaca y la temperatura de la piel, el miedo aumentaba la frecuencia cardíaca pero disminuía la temperatura y la felicidad disminuía la frecuencia cardíaca y no afectaba a la temperatura).

La explicación de que los movimientos de los músculos faciales causen cambios en el estado de ánimo o en la actividad del sistema neurovegetativo puede ser que la conexión entre ambos es el resultado de la experiencia. Es decir, puede ser que el que ocurran determinados movimientos faciales junto a los cambios neurovegetativos ocasione un condicionamiento clásico, de tal manera que la retroalimentación de los movimientos faciales puede provocar la respuesta neurovegetativa (y producir un cambio en la emoción percibida). O puede que esta conexión sea innata. El valor adaptativo de las expresiones emocionales radica en que comunican sentimientos e intenciones a los demás. Investigaciones sobre el papel de las neuronas especulares y de la corteza somatosensitiva sugieren que una de las formas en que comunicamos sentimientos es mediante la imitación inconsciente.

**Puede que la retroalimentación de estos cambios explique por qué una emoción puede ser "contagiosa" (cuando vemos sonreír, imitamos la sonrisa y la retroalimentación interna hace que nos sintamos más felices).** En un estudio de neuroimagen funcional se pidió a los participantes que recordaran y trataran de experimentar episodios pasados de su vida (tristes, alegres, de ira, y de miedo). Recordar estas emociones activó la corteza somatosensitiva y los núcleos de la parte superior del tronco cerebral involucrados en el control de los órganos internos y en la detección de las sensaciones que se reciben de ellos. Estas respuestas son compatibles con la teoría de James.

La tendencia a imitar las expresiones de otras personas parece ser innata. En un experimento se les pidió a las madres que mostraran expresiones a los bebés. Incluso los niños recién nacidos (de unas 36 horas) tendían a imitar las expresiones que veían. Este efecto al ser a una edad temprana no podía deberse al aprendizaje.

La imitación proporciona una de las vías por las que los organismos comunican sus emociones - y evocan sentimientos de empatía-. La retroalimentación de nuestra propia expresión nos ayuda a ponernos en el lugar de la otra persona y aumenta la probabilidad de que ofrezcamos consuelo o ayuda. Una de las razones de que obtengamos placer al hacer sonreír a otro es que su sonrisa nos hace sonreír y sentirnos felices a nosotros mismos.

En un estudio con niños de 10 años que imitaban expresiones emocionales, se observó un aumento de actividad en el sistema frontal de neuronas especulares. Además, el nivel de activación neural se relacionó positivamente con medidas de las conductas de empatía de los niños y sus habilidades de relación con otros.

**La tendencia a imitar las expresiones faciales de otros parece ser consecuencia de la actividad del sistema cerebral de neuronas especulares.**