

# TEMA 25

## Actividad electroencefalográfica Regulación del ciclo sueño/vigilia

### 1. EEG

- 1.1. Características de la actividad EEG
- 1.2. Actividad cerebral y nivel de conciencia
- 1.3. Hipnograma

### 2. Ciclo sueño/vigilia

- 2.1. Núcleos y neurotransmisores
- 2.2. Regulación del ciclo
- 2.3. Sueño y edad

## 1. EEG

### 1.1 Características del EEG

El EEG o electroencefalograma es un registro de la actividad eléctrica neural del encéfalo. Permite intuir el funcionamiento del cerebro y evaluar su grado de actividad. La actividad EEG tiene su origen en los potenciales postsinápticos excitadores e inhibidores de las neuronas de la corteza cerebral. Se registra mediante electrodos situados sobre el cuero cabelludo, de forma bipolar (diferencia de potencial entre dos electrodos), o monopolar (de cada electrodo respecto a una referencia común). Los electrodos se sitúan en puntos predeterminados según una topografía aceptada internacionalmente por convención denominada Sistema 10-20 (es como la forma de poner los electrodos en el ECG, una forma concreta). En este registro, a diferencia que en el ECG, las ondas que se registran no siguen un patrón claro. Lo que se mide en EEG es la diferencia de potencial entre distintos campos eléctricos. Esta diferencia de potencial se suele ver entre células excitadoras e inhibitorias. En las imágenes se muestran la medición de los campos eléctricos (cuando muchas neuronas emiten potenciales de acción, hace que la superficie neuronal se vuelva más negativa y esta es la diferencia de potencial que percibimos) y el sistema 10-20.

El patrón de la actividad EEG varía en diferentes situaciones fisiológicas y patológicas. Las ondas que se registran en el EEG se clasifican según su frecuencia:

- **Alfa: 8-13 c/s (ciclos segundo):** En vigilia en reposo con ojos cerrados se encuentra actividad alfa.
- **Beta: >13 c/s:** En vigilia activa con ojos abiertos se encuentra actividad beta desincronizada.
- **Theta: 4-7 c/s:** en sueño No REM (Rapid Eye Movements (movimientos oculares rápidos) encontramos actividad theta y delta sincronizada, husos de sueño y complejos K. (se ven luego)
- **Delta <4 c/s:** en fase REM hay predominio de actividad theta y beta desincronizada, y ondas en “diente de sierra”.

Basic Neurophysiology and the Cortical Basis of EEG

32

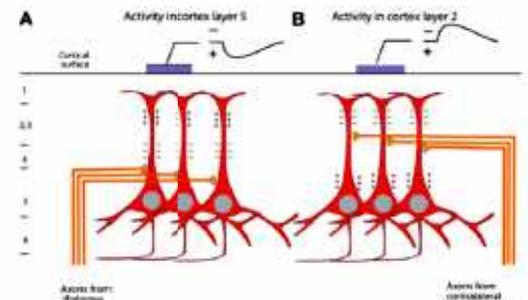
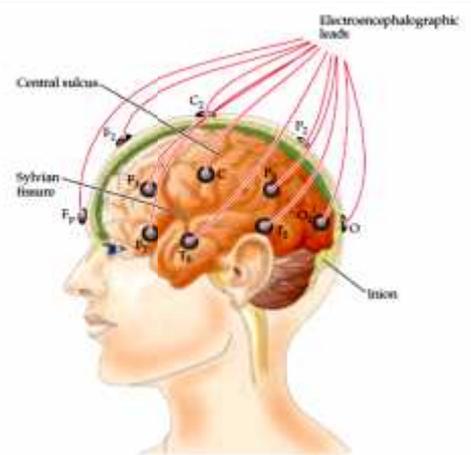
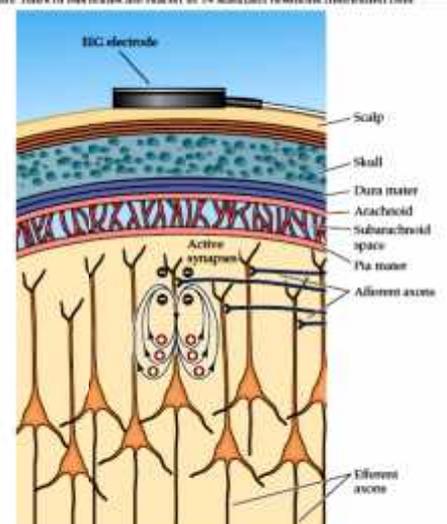


Fig. 6. Polarity of the surface EEG depends on the location of the synaptic activity within the cortex. See text. Modified from Kandel et al., 2000 with permission.



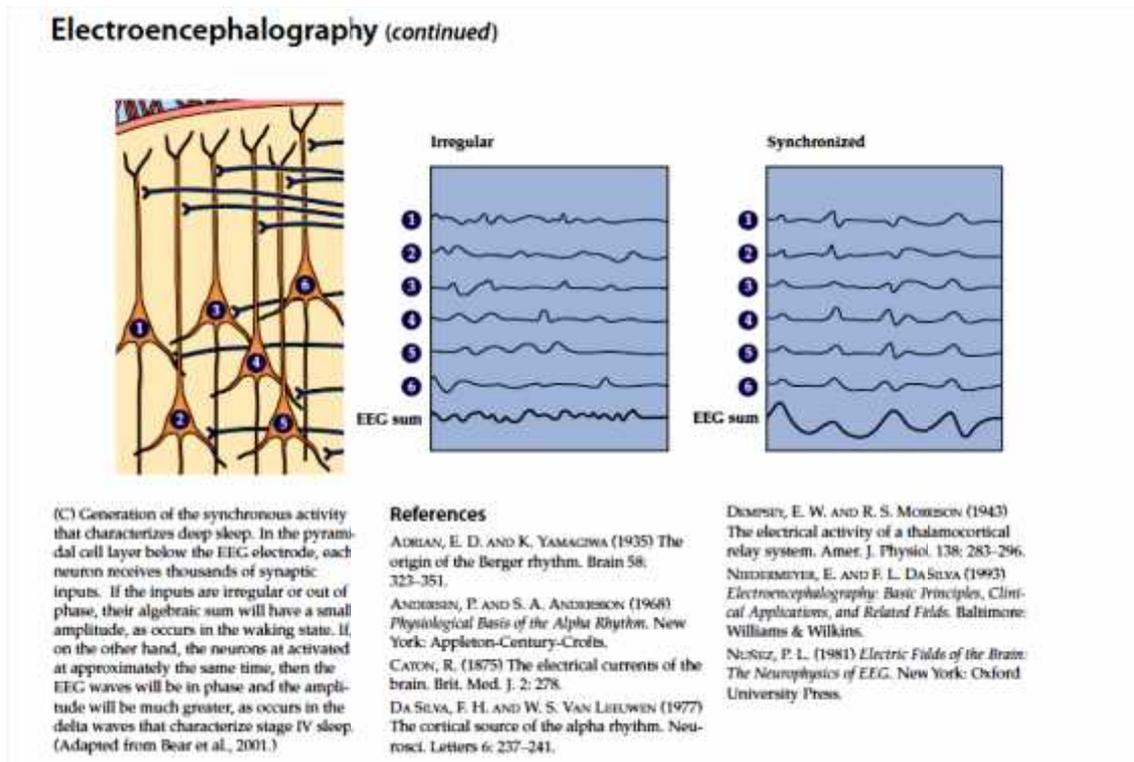
A) The electroencephalogram represents the voltage recorded between two electrodes applied on the scalp. Typically, pairs of electrodes are placed in 19 standard positions distributed over



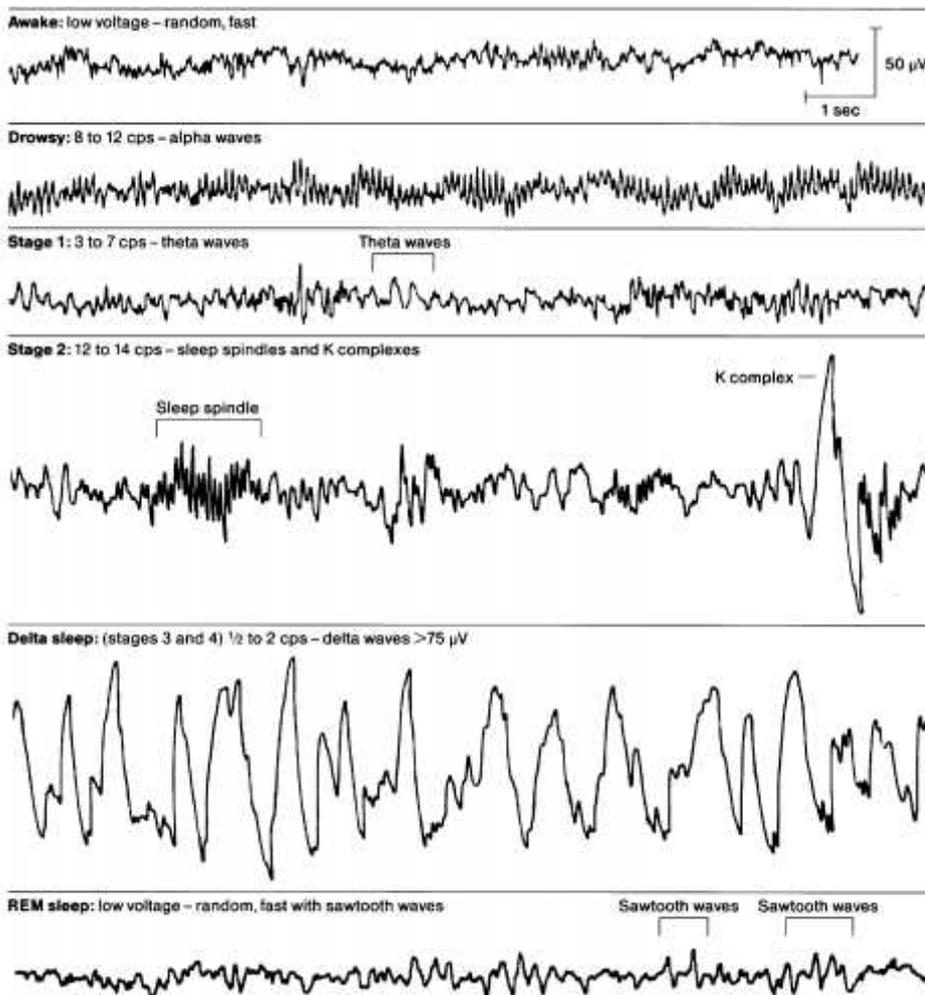
B) An electrode on the scalp measures the activity of a very large number of neurons in the underlying regions of the brain, each of which generates a small electrical field that changes over time. This activity (which is thought to be mostly synaptic) makes the more superficial extracellular space negative with respect to deeper cortical regions. The EEG electrode measures a synchronous signal because many thousands of cells are responding in the same manner at more or less the same time. (Adapted from Bear et al., 2001.)

La actividad de la corteza cerebral está regulada por grupos de **neuronas tálamo corticales** y **el sistema reticular activador ascendente**. Los **núcleos tálamo corticales** actúan como un **verdadero marcapasos** de la actividad cortical.

En reposo y durante el sueño lento (NREM) hay una oscilación rítmica lenta y profunda que da lugar a una actividad sincronizada, de baja frecuencia y amplitud elevada. En vigilia activa o en sueño REM hay una activación y una desincronización de las neuronas tálamo corticales que da lugar a una actividad rápida (beta) desincronizada y de baja amplitud.



En la imagen, se ve un ejemplo de EEG. Cuando la actividad neuronal es desincronizada, el sumatorio de los registros (parecido a derivaciones) da un EEG irregular, de poca amplitud y de alta frecuencia. Cuando la actividad neuronal se sincroniza, el sumatorio da un EEG amplio, lento y regular.



La imagen que se presenta en esta página es un conjunto de EEG en diferentes estados de consciencia de la persona.

Para resumir:

1. Despierto
2. Grogui
3. Fase primaria del sueño No REM.
4. Fase secundaria del sueño (aquí podemos ver los husos del sueño y los complejos K). No REM.
5. Fase terciaria y cuaternaria del sueño (ondas regulares y muy amplias, sueño más profundo) No REM.
6. Sueño REM con dientes de sierra. Es el más parecido al EEG de la vigilia.

## 1.2 Actividad cerebral y nivel de conciencia

Como hemos visto, las mayores diferencias en el EEG se dan de un sujeto despierto a otro dormido. Podemos clasificar el nivel de conciencia en:

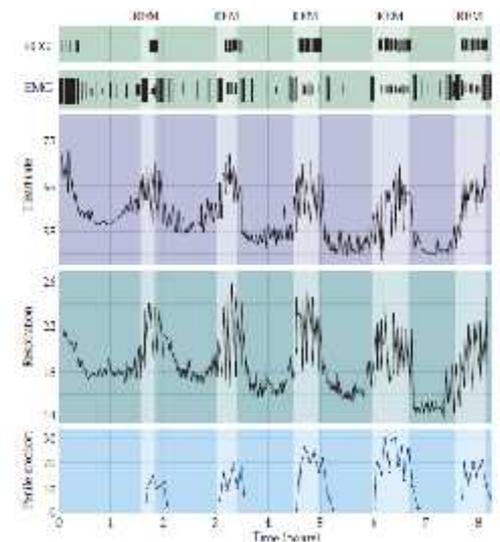
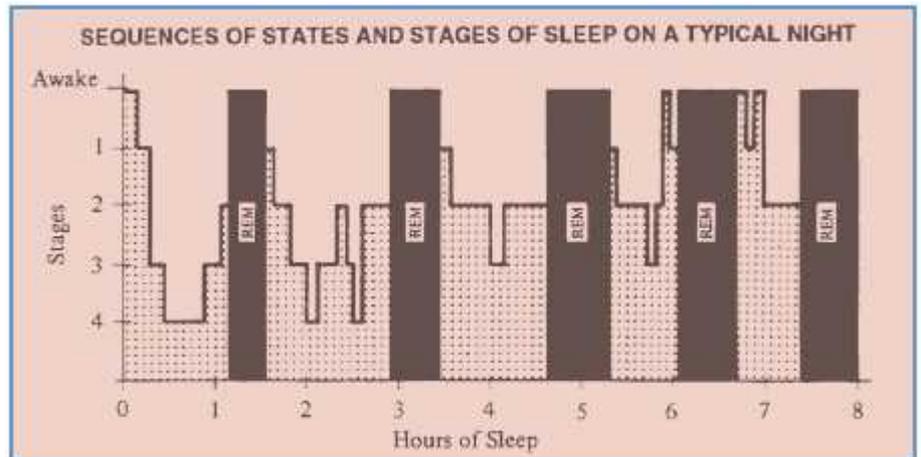
- **Vigilia:**
  - *Vigilia activa*
  - *Vigilia en reposo*
- **Sueño:**
  - *Sueño paradójico (REM)*
  - *Sueño lento (NREM), profundo, reposo neuronal*

Se cree que la actividad cerebral es menor a medida que descendemos en el orden de arriba. En la fase REM se producen movimientos oculares rápidos (Rapid Eye Movements) y atonía musculatura estriada (excepto diafragma y músculos extraoculares), es decir, durante la fase REM se nos mueven los ojos y no podemos movernos, es la parálisis del sueño. Hay una activación autonómica y la mayoría de las ensoñaciones tienen lugar en fase REM.

### 1.3 Hipnograma

Un hipnograma es el EEG descrito durante una noche de sueño completa. Como se ve en la imagen, está compuesto de diferentes estadios. La fase 4 es el momento de sueño más profundo, mientras que la fase REM es la más ligera de todas. Cuanto más nos aproximamos a la fase REM en el tiempo y menos tiempo de sueño profundo tenemos, más cerca estamos de despertarnos. Si despertamos durante una fase REM, somos capaces de recordar que estábamos soñando.

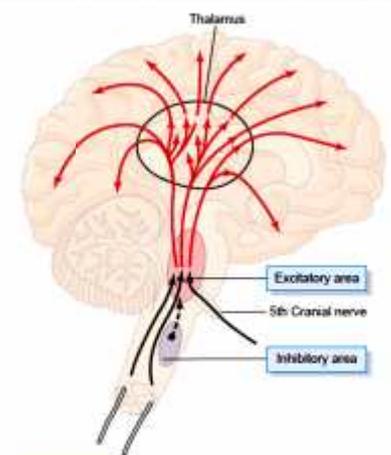
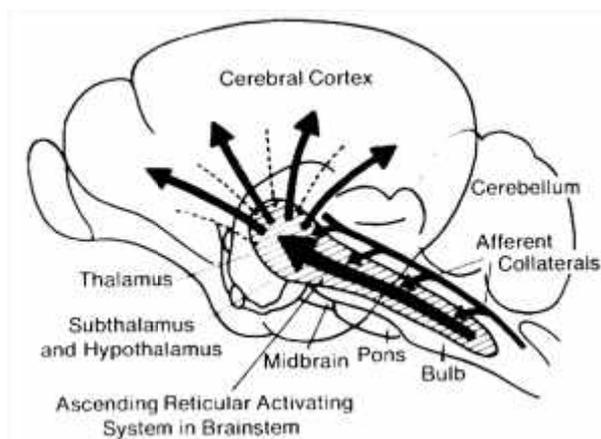
El sueño de un adulto normal se compone de períodos de fase REM y NREM de unos 90 mins de tiempo llamados ciclos del sueño. Un adulto normal experimenta de 4-6 ciclos por noche. En la imagen de la derecha podemos ver ciertos cambios que se dan entre la fase REM y la fase no NREM en cuanto a frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria e incluso erecciones se refiere.



## 2. Ciclo sueño/vigilia

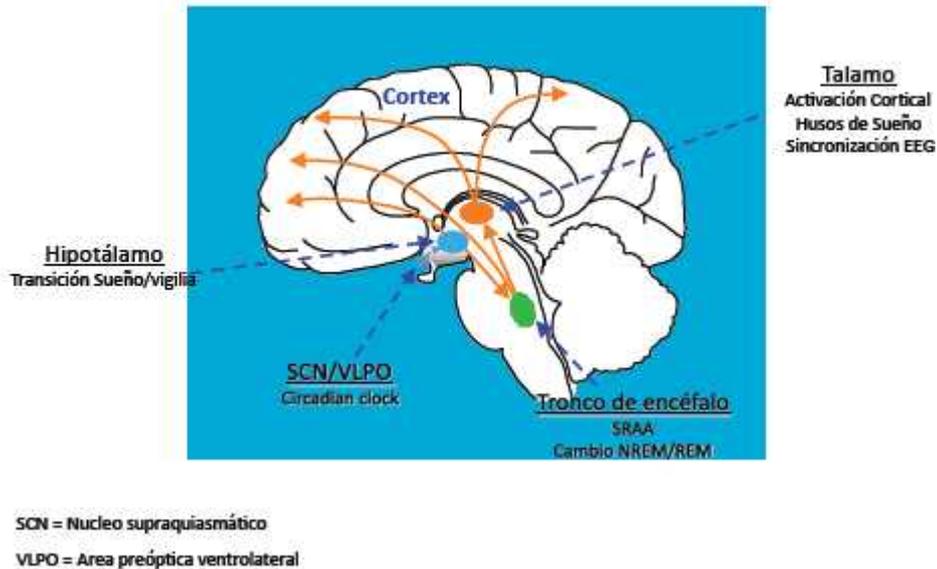
### 2.1 Núcleos y neurotransmisores

El ciclo sueño/vigilia es el ciclo natural y regulado a nivel del SNC que dictamina cuando dormimos y cuando estamos despiertos. La actividad cortical está determinada por la actividad talámica. Las distintas señales inhibitorias e excitatorias se dirigen al tálamo y de ahí se distribuyen a toda la corteza cerebral.



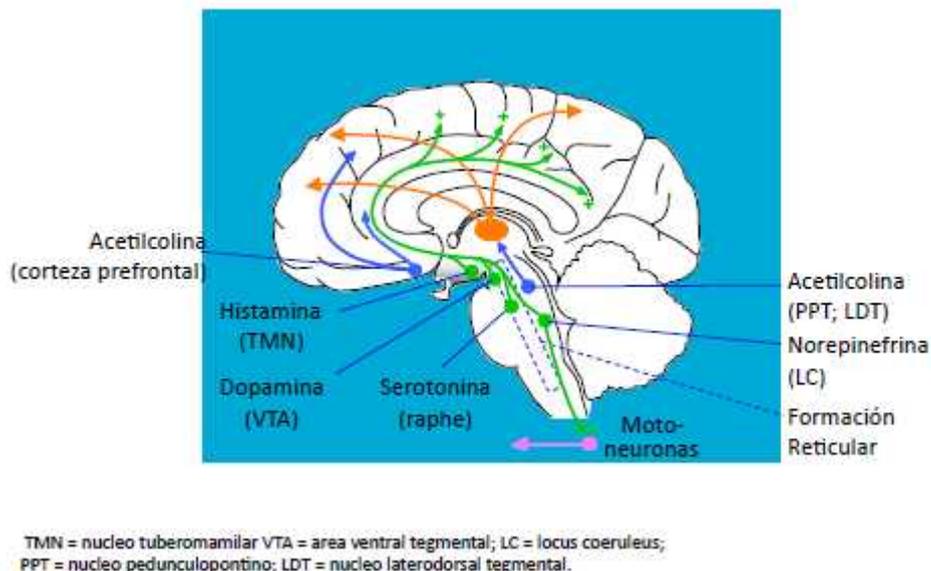
**Figure 9-1**  
Excitatory-activating system of the brain. Also shown is an inhibitory area in the medulla that can inhibit or depress the activating system.

Las distintas regiones que intervienen en el control de la actividad neuronal son:

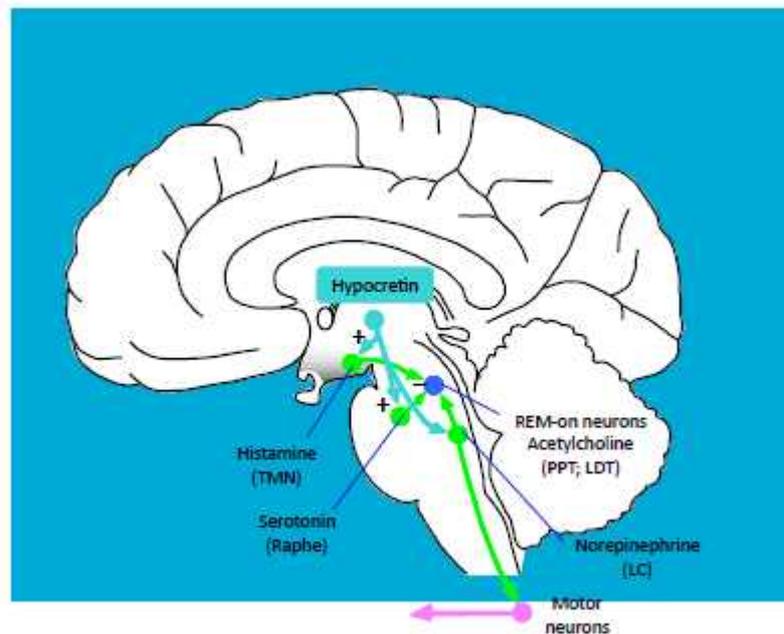


- **Tálamo:** sincroniza la actividad cerebral en las fases de sueño más profundo. También es el responsable de la activación cortical (mediante impulsos sensoriales) durante la vigilia u otros momentos. También se cree que origina los husos del sueño.
- **Hipotálamo:** se encarga de la transición del sueño/vigilia, es decir, determina el proceso de dormirse y de despertarse espontáneamente.
- **Núcleo supraquiasmático y área preóptica ventrolateral:** está muy en relación con el concepto de reloj biológico, es decir, permite la estabilización de los ciclos de sueño vigilia.
- **Troncoencéfalo: Sistema reticular activador ascendente:** Se encarga de la transición desde sueño REM a NREM y al revés.

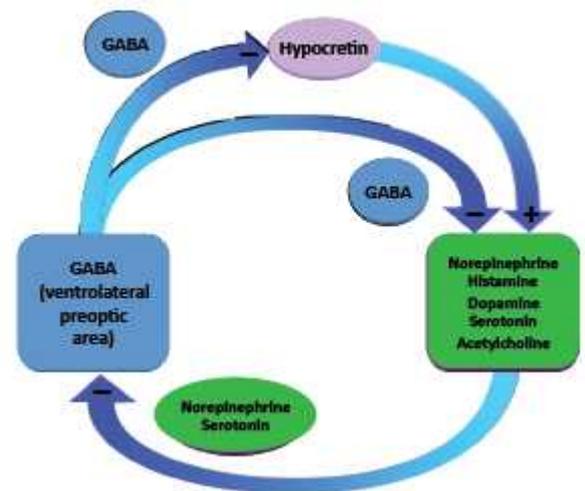
Los núcleos que intervienen en el ciclo sueño/vigilia son:



Se destaca el papel de la histamina. La histamina es un activador de la corteza cerebral. Esto se pone de manifiesto cuando tomamos antihistamínicos y vamos groguis por ahí.



En la imagen, se ve como las neuronas hipocretinergicas (productoras de hipocreatina) estimulan los núcleos estimuladores de la vigilia, que inhiben los centros generadores de sueño REM (núcleos del rafe, locus coeruleus y núcleo tuberomamilar). Basta con que se altere el funcionamiento de un único NT para que todo el sistema falle y se produzcan problemas de sueño. El esquema general de NTs es este:



#### NT de la vigilia

- **Norepinefrina: inhiben directamente el sueño**
- Histamina
- Dopamina
- **Serotonina: inhiben directamente el sueño (también son reguladores los de negrita)**
- Acetilcolina

#### NT del sueño

- GABA

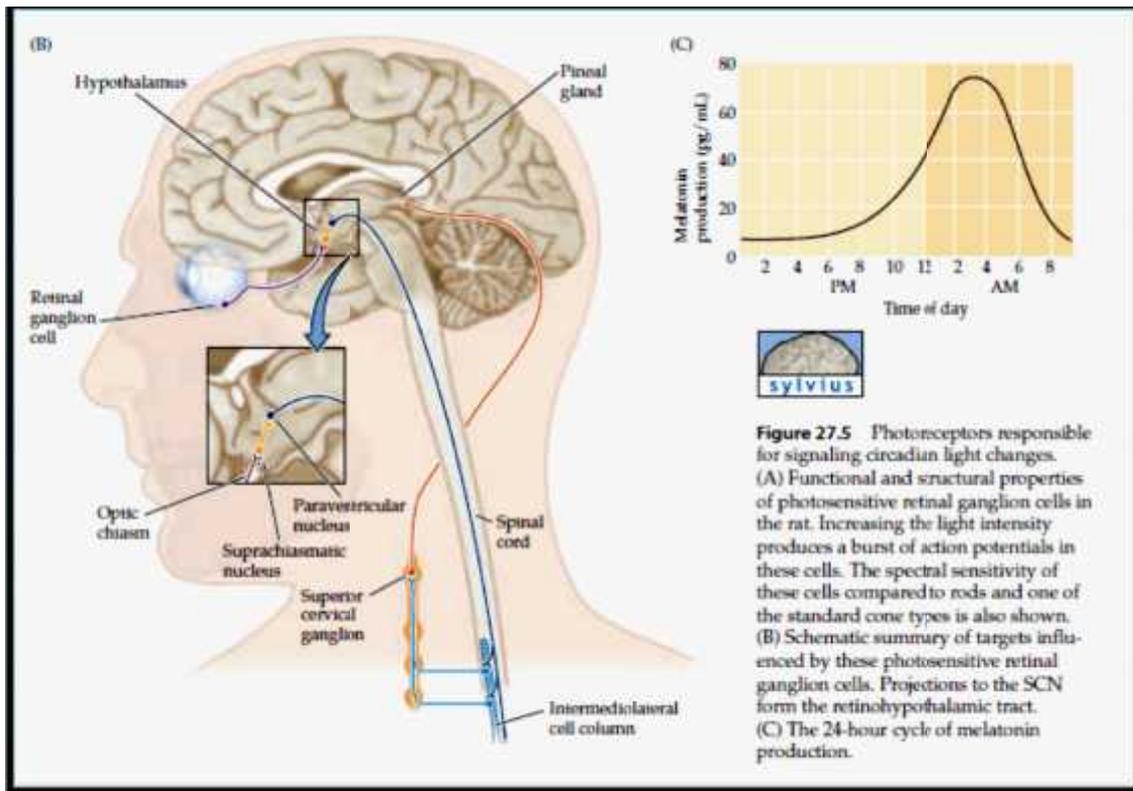
#### Reguladores

- **Hipocreatina: estimula directamente la vigilia e inhibe el sueño.**
- **GABA: inhibe a la hipocreatina y a todos los sistemas de la vigilia.**

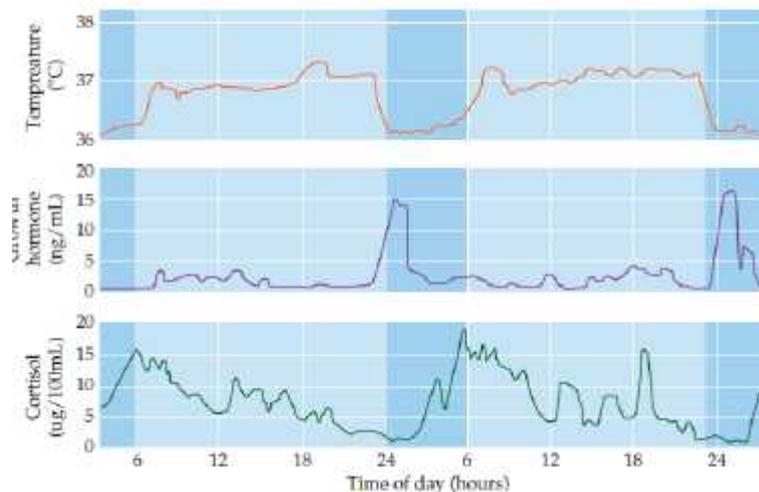
**Cuando la actividad de los sistemas activadores decae y se inicia la actividad gabaérgica del área preóptica ventrolateral, se da el inicio del sueño REM.**



También existe regulación del ciclo sueño/vigilia por la luz que captamos. Las células ganglionares de la retina que contienen melanopsina conectan con el núcleo supraquiasmático a través del haz retino hipotalámico. El supraquiasmático controlará entre otras la secreción de melatonina por la pineal. La melatonina es una hormona que se cree que está relacionada con el sueño. Cuando la luz ambiental del sol decrece, es decir, se hace de noche, la retina detecta este cambio y deja de inhibir la secreción de melatonina. Se ha visto que las concentraciones de melatonina alcanzan los puntos más altos a partir de las 3 A.M. Se cree que puede estar relacionada con el sueño pero no es seguro.



Sin explayarse mucho, el hipotálamo es el área común de integración relacionada con el control de los ritmos biológicos y funciones vegetativas (como el hambre, el sueño o la temperatura corporal). Se cree que puede estar relacionado con el sueño porque es necesaria una disminución de la temperatura corporal para poder dormir. En la imagen podemos ver las variaciones que se dan a lo largo del día en ciertos parámetros relacionados con el hipotálamo ( $T^a$  corporal, hormona del crecimiento y cortisol).



También hay teorías que afirman que la glucemia puede afectar a los ciclos sueño/vigilia. Una alta glucemia podría conducir a una entrada en sueño (pensar en la siesta de después de comer).

### 2.3 Sueño y edad

Los ciclos de sueño vigilia varían con la edad, volviéndose más cortos los periodos de sueño cuanto más viejos somos. En los niños, cuando acaban de nacer se pasan todo el día durmiendo y poco a poco sus ciclos se estabilizan y se mantienen despiertos cada vez más tiempo. En la imagen, las líneas es sueño, los puntos comida y los espacios en blanco vigilia. En el power se muestran muchas gráficas, pero el resumen es que, conforme se avanza en la edad, menos horas se duerme, menos profundo se vuelve el sueño (tiende a fase 2) y menos sueño REM hay. Se muestra una gráfica resumen del sueño y otra con la concentración de melatonina.

