

# cronobiología – chronobiology

Authored by  
**memjavad**

November 15, 2025

## RECOMMENDED CITATION

memjavad (2025). *cronobiología – chronobiology*. Spanish Psychological Databases.  
Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=4603>

# Cronobiología

**Primary Disciplinary Field(s):** Biología, Fisiología, Medicina, Neurociencia.

## 1. Definición Central

La cronobiología es la rama de la ciencia que se dedica al estudio riguroso y sistemático de los [ritmos biológicos](#) y su relación con el tiempo. Estos ritmos son oscilaciones periódicas en las funciones fisiológicas, comportamentales y bioquímicas de los organismos vivos, que permiten a los seres vivos anticiparse y adaptarse a los cambios ambientales predecibles, como el ciclo día-noche o las estaciones. La cronobiología no solo describe estos patrones temporales, sino que también investiga los mecanismos subyacentes, tanto a nivel molecular como genético, que generan y mantienen estas oscilaciones endógenas. El objetivo fundamental es comprender cómo la temporalidad está integrada en la estructura biológica de los organismos, desde bacterias hasta mamíferos complejos, y cómo esta organización temporal afecta la salud y el comportamiento.

A diferencia de la simple observación de periodicidades, la cronobiología se enfoca en el estudio de los [relojes biológicos](#) internos, que son sistemas de cronometraje autónomos, hereditarios y altamente resilientes. Estos relojes permiten que los organismos mantengan una organización temporal coherente, asegurando que los procesos metabólicos y de reparación ocurran en el momento óptimo, incluso en condiciones ambientales inusuales o en ausencia temporal de señales externas. La disciplina abarca una vasta gama de fenómenos que van desde la regulación del ciclo sueño-vigilia, la fluctuación de hormonas, la división celular, y la respuesta inmunológica, hasta los patrones de floración en plantas y los movimientos migratorios de los animales. El concepto central que guía esta ciencia es que la salud, la homeostasis y la eficiencia biológica dependen críticamente de una correcta alineación entre el tiempo biológico interno, generado por el sistema circadiano, y el tiempo ambiental externo, dictado por el ciclo solar.

## 2. Etimología y Desarrollo Histórico

El término **cronobiología** deriva etimológicamente del griego *chrónos* (tiempo), *bíos* (vida) y *logía* (estudio), encapsulando su enfoque en la ciencia del tiempo biológico. Aunque el término fue formalizado en la segunda mitad del siglo XX, la observación de la periodicidad en la vida se remonta a la antigüedad. Uno de los primeros registros experimentales se atribuye a Androstenes, un general de Alejandro Magno, quien en el siglo IV a.C. notó que las hojas de ciertas plantas se abrían y cerraban diariamente. Sin embargo, el estudio científico moderno se inauguró formalmente en 1729 con el botánico francés Jean-Jacques d'Ortous de Mairan, quien diseñó un experimento crucial: demostró que el movimiento diario de las hojas de la planta *Mimosa pudica* persistía con un periodo de alrededor de 24 horas, incluso cuando la planta se mantenía en oscuridad constante. Este hallazgo fue la primera evidencia sólida de un mecanismo

de cronometraje endógeno.

El desarrollo crucial de la disciplina se consolidó en el siglo XX, impulsado por la necesidad de comprender cómo los organismos se adaptaban a los desafíos de los viajes aéreos rápidos y el trabajo por turnos. El científico rumano [Franz Halberg](#) es ampliamente considerado el "padre de la cronobiología moderna". Halberg acuñó el término formalmente en la década de 1950 e introdujo metodologías estadísticas rigurosas, como el cosinor, para definir y cuantificar los ritmos biológicos. Fue Halberg quien popularizó la nomenclatura esencial, incluyendo el término "circadiano" (del latín *circa diem*, que significa "alrededor de un día") para describir los ritmos con un periodo aproximado de 24 horas. Sus contribuciones sentaron las bases para diferenciar entre ritmos exógenos (impulsados por el ambiente) y ritmos endógenos (impulsados por el reloj interno).

Paralelamente, investigadores clave como Jürgen Aschoff y Colin Pittendrigh realizaron experimentos pioneros en búnkeres subterráneos y cámaras de aislamiento en las décadas de 1960 y 1970. Estos estudios fueron esenciales para confirmar la naturaleza auto-sostenida y hereditaria de los ritmos circadianos en humanos y animales, incluso en ausencia total de señales de tiempo ambiental. Pittendrigh, en particular, desarrolló la teoría del oscilador y estableció las leyes fundamentales que rigen la interacción entre el periodo libre del oscilador interno ( $\tau$ ) y el proceso de arrastre o sincronización (*entrainment*) por los factores ambientales. La culminación de esta era se produjo con el descubrimiento de los genes reloj en moscas de la fruta (*Drosophila*) por Seymour Benzer y Ronald Konopka, y posteriormente con el descubrimiento del mecanismo molecular completo en mamíferos, un trabajo que llevó al Premio Nobel de Fisiología o Medicina en 2017 a Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash y Michael W. Young.

### 3. Características Clave: Clasificación de Ritmos

La cronobiología clasifica los ritmos biológicos principalmente según su periodo, es decir, la duración de un ciclo completo. Esta clasificación no es meramente descriptiva, sino que ayuda a identificar los diferentes osciladores biológicos que los impulsan y la naturaleza de los zeitgebers (señales de tiempo) que los regulan. La correcta identificación del periodo de un ritmo es crucial para cualquier análisis cronobiológico, ya que dicta si el ritmo está bajo el control directo del reloj circadiano central o si es generado por otros marcapasos de alta o baja frecuencia.

**Ritmos Circadianos:** Son los ritmos más estudiados, definidos por un periodo que oscila alrededor de 24 horas (típicamente entre 20 y 28 horas, pero ajustado a 24 horas por la luz). Estos ritmos regulan procesos diarios esenciales y de alta amplitud, incluyendo el ciclo sueño-vigilia, la fluctuación de la temperatura corporal, la secreción de cortisol y melatonina, la sensibilidad a la insulina y la tasa de división celular. Son generados por el reloj biológico maestro y son fundamentales para la adaptación diaria del organismo.

**Ritmos Ultradianos:** Estos ritmos poseen un periodo significativamente menor a 24 horas, abarcando desde minutos hasta unas pocas horas. No están directamente controlados por el reloj circadiano central, aunque pueden estar modulados por él. Ejemplos prominentes incluyen los ciclos de secreción pulsátil de muchas hormonas (como la hormona liberadora de gonadotropina), las fases del sueño REM y no-REM (que duran aproximadamente 90 minutos) y los ritmos de alimentación y atención. Su función es permitir ajustes rápidos y de alta frecuencia a las demandas metabólicas y neuronales.

**Ritmos Infradianos:** Se caracterizan por tener un periodo mayor a 24 horas. Estos ritmos están asociados típicamente con ciclos ambientales que superan el ciclo diario. Los ejemplos más conocidos incluyen los ritmos circamensuales (cerca de un mes), como el ciclo menstrual femenino, y los ritmos circanuales (cerca de un año), que regulan fenómenos estacionales. Estos últimos son vitales para la preparación de los organismos para el invierno o el verano, incluyendo la hibernación, los cambios de pelaje, los patrones migratorios y la estacionalidad reproductiva en muchas especies de mamíferos y aves.

#### 4. Mecanismos Moleculares y el Reloj Maestro

El corazón del sistema circadiano en mamíferos es el **Núcleo Supraquiasmático** (NSQ), ubicado en el hipotálamo. El NSQ es una estructura bilateral compuesta por aproximadamente 20,000 neuronas que actúan como el marcapasos maestro, generando el periodo circadiano endógeno y coordinando la fase de los osciladores periféricos. El NSQ recibe información directa sobre la luz ambiental y utiliza esta señal para sincronizar su propio ritmo interno con el ciclo solar externo, transmitiendo luego esta señal de tiempo a todo el cuerpo a través de señales neuronales y humorales.

A nivel molecular, la generación de ritmos circadianos se basa en un mecanismo robusto de retroalimentación transcripcional-traduccionaI negativa (TTFL). Este bucle molecular se encuentra activo en las neuronas del NSQ y en casi todas las células periféricas del cuerpo. El ciclo se inicia cuando las proteínas activadoras **CLOCK** (Circadian Locomotor Output Cycles Kaput) y **BMAL1** (Brain and Muscle ARNT-Like 1) se heterodimerizan y se unen a secuencias promotoras específicas del ADN, conocidas como E-boxes. Esta unión estimula la transcripción de los genes represores principales: *Period* (PER1, PER2, PER3) y *Cryptochrome* (CRY1, CRY2).

Las proteínas PER y CRY recién sintetizadas se acumulan lentamente en el citoplasma. Una vez que alcanzan un umbral crítico de concentración, un proceso que típicamente tarda unas 12 a 16 horas y que requiere fosforilación y estabilización, estas proteínas se dimerizan y vuelven al núcleo. Dentro del núcleo, PER y CRY actúan como represores, uniéndose al heterodímero CLOCK:BMAL1 e inhibiendo su propia transcripción. Esta represión provoca una caída en los niveles de ARNm y proteínas PER y CRY. Cuando estas proteínas se degradan, el ciclo de represión se rompe, permitiendo que CLOCK y BMAL1 reinicien la transcripción, completando así

un ciclo que abarca aproximadamente 24 horas. Este sofisticado mecanismo no solo genera el ritmo, sino que también permite que el reloj sea sensible a las señales externas, como la luz, que pueden modular la expresión génica de PER y así ajustar la fase del ciclo.

## 5. Sincronización (Entrainment)

La sincronización, o *entrainment*, es el proceso por el cual el periodo libre intrínseco del reloj biológico ( $\tau$ ), que generalmente se desvía ligeramente de las 24 horas exactas, es ajustado o "arrastrado" por señales ambientales periódicas. Si la sincronización falla, el ritmo biológico del organismo se desfazaría progresivamente del ciclo día-noche, lo que llevaría a una severa desorganización interna. Los factores ambientales capaces de realizar esta función de ajuste se denominan **zeitgebers** (término alemán que significa "dador de tiempo").

El **zeitgeber** más poderoso y universal en mamíferos es la **luz**. La información lumínica no es captada por las células fotorreceptoras tradicionales (conos y bastones), sino por un tercer tipo de fotorreceptor en la retina: las células ganglionares intrínsecamente fotosensibles (ipRGCs), que contienen el fotopigmento melanopsina. Estas células transmiten la información lumínica directamente al NSQ a través del tracto retinohipotalámico. Dependiendo del momento en que se recibe la luz (es decir, si ocurre al principio, en medio o al final de la noche subjetiva), la señal lumínica provoca cambios en la expresión de los genes reloj que resultan en un avance o un retraso de la fase del reloj, ajustando así el  $\tau$  interno para que coincida con las 24 horas del ciclo solar.

Aunque la luz es dominante, existen otros zeitgebers importantes que ayudan a modular o reforzar la sincronización, especialmente en la vida social humana. Estos incluyen los horarios de alimentación (que actúan como zeitgebers poderosos para los osciladores periféricos, como el hígado), la actividad física regular, las interacciones sociales y los ciclos de temperatura. La desalineación entre el ritmo interno y los zeitgebers externos es la base fisiológica del **jet lag** (desfase horario) y el síndrome del trabajador por turnos. En estas condiciones, el cuerpo experimenta una **cronodisrupción**, un conflicto entre la señal de tiempo ambiental (por ejemplo, luz a medianoche) y la fase interna de sus osciladores, llevando a una cascada de problemas de salud.

## 6. Importancia e Implicaciones Biológicas

La cronobiología ha establecido que la temporalidad es un principio organizativo fundamental de la vida, esencial para la homeostasis y la supervivencia, comparable en importancia a la estructura anatómica o la composición química. La capacidad de anticipación que confieren los ritmos biológicos ofrece una enorme ventaja evolutiva, permitiendo a los organismos optimizar el uso de energía, maximizar la búsqueda de alimentos en momentos seguros y coordinar funciones vitales

como la reparación del ADN durante el sueño.

En la fisiología humana, esta organización temporal es omnipresente. Casi todos los sistemas orgánicos exhiben ritmos circadianos robustos: la presión arterial y la frecuencia cardíaca muestran un ritmo diurno; la producción de la hormona del crecimiento y la melatonina ocurre predominantemente de noche; y la función inmunológica varía significativamente, con la inflamación a menudo exacerbada en momentos específicos del día. La disrupción crónica de estos ritmos, ya sea por factores genéticos o por estilos de vida modernos (trabajo por turnos, exposición excesiva a la luz artificial), está fuertemente correlacionada con la incidencia de patologías crónicas. Esto incluye un aumento en el riesgo de trastornos metabólicos como la obesidad y la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer y trastornos neuropsiquiátricos como el trastorno afectivo estacional y la depresión.

## 7. Aplicaciones Prácticas y Medicina Cronobiológica

El conocimiento derivado de la cronobiología ha pasado de la teoría a la aplicación práctica, dando origen a la **crono-farmacología** y la **crono-terapia**. Estas disciplinas representan un cambio de paradigma en el tratamiento médico, reconociendo que la eficacia y la toxicidad de un fármaco no son constantes, sino que dependen del momento circadiano en que se administra. El objetivo es optimizar la ventana terapéutica y minimizar los efectos secundarios mediante la administración temporalmente programada de medicamentos.

**Crono-farmacología:** Se fundamenta en el hecho de que los procesos de Absorción, Distribución, Metabolismo y Excreción (ADME) de los fármacos son rítmicos y están controlados por genes reloj en órganos como el hígado y el riñón. Por ejemplo, ciertos tratamientos de quimioterapia para el cáncer, como el 5-fluorouracilo, han demostrado ser significativamente menos tóxicos para el paciente, manteniendo o incluso mejorando su eficacia, si se administran en momentos específicos del día o de la noche. De manera similar, los medicamentos para la hipertensión o el asma, cuyas exacerbaciones suelen ocurrir en la madrugada, se prescriben para que su pico de concentración plasmática coincida con el momento de mayor riesgo clínico.

**Tratamiento de Trastornos del Sueño:** La cronobiología es indispensable para el diagnóstico y tratamiento de los trastornos del ritmo circadiano de sueño-vigilia (TRCSV), como el síndrome de fase de sueño avanzada o el síndrome de fase de sueño retrasada. El tratamiento principal para reajustar la fase del reloj biológico implica la manipulación estratégica de los zeitgebers, particularmente la exposición controlada a la luz brillante (terapia de luz) y la administración de melatonina en momentos precisos para adelantar o retrasar el inicio del sueño.

**Optimización del Rendimiento y Seguridad:** Las aplicaciones se extienden a la optimización del rendimiento cognitivo y físico. La cronobiología informa sobre los momentos óptimos para la actividad física intensa, la concentración mental y la toma de decisiones, mejorando el rendimiento deportivo y reduciendo la probabilidad de accidentes laborales en industrias de alto riesgo al

diseñar horarios de trabajo que minimicen la fatiga circadiana.

## 8. Debates y Desafíos Actuales

A pesar de los logros en la identificación de los mecanismos moleculares, la cronobiología enfrenta desafíos significativos. Uno de los debates centrales radica en la jerarquía y la comunicación entre el reloj maestro del NSQ y los innumerables osciladores periféricos. Si bien el NSQ dicta el tiempo general, los osciladores periféricos son sensibles a zeitgebers locales, como los horarios de alimentación, lo que puede llevar a una desincronización interna que contribuye directamente a la enfermedad. El estudio de cómo esta desalineación interna (o "desacoplamiento") se manifiesta en patologías específicas como el síndrome metabólico sigue siendo un área de intensa investigación.

Otro desafío crucial, con importantes implicaciones sociales, es el concepto de **cronotipos**, que refleja las diferencias individuales en la hora preferida para dormir y despertar (matutinos, vespertinos o intermedios). Estas variaciones están determinadas genéticamente por diferencias en el periodo intrínseco del reloj. La sociedad moderna, con sus horarios escolares y laborales rígidos, impone una fuerte presión que favorece el cronotipo matutino. Esto obliga a los individuos vespertinos a despertar antes de que su reloj biológico lo indique, acumulando una "deuda de sueño" crónica y experimentando un fenómeno conocido como **jet lag social**. La lucha por implementar horarios escolares y laborales más flexibles y respetuosos con los cronotipos es un debate político y de salud pública basado en la evidencia cronobiológica.

Finalmente, la omnipresencia de la luz artificial, particularmente la luz azul emitida por dispositivos electrónicos, ha generado un debate sobre su impacto en la salud circadiana. Esta exposición nocturna suprime la producción de melatonina y retrasa la fase del reloj, contribuyendo al insomnio y a la cronodisrupción generalizada. La cronobiología continúa investigando los umbrales de luz seguros y aboga por políticas de iluminación pública y personal que protejan la integridad del sistema circadiano en la era moderna.

### Further Reading

[Cronobiología - Wikipedia](#)

[Circadian Rhythms: Basic Neurobiology and Clinical Applications - NCBI \(en inglés\)](#)

[Circadian rhythm - Wikipedia \(en inglés, para mecanismos moleculares detallados\)](#)

[Colección de artículos sobre Cronobiología en Nature \(en inglés\)](#)