

 NATIONAL  
GEOGRAPHIC

# CIENCIA



## ASÍ FUNCIONA EL CEREBRO

9,95€ PVP CANARIAS 10,10€  
0 0 0 4 8  
9 771576 88002

**INTELIGENCIA  
ARTIFICIAL**

EL PODER  
DEL BIG DATA

**PROGRAMADOS  
AL NACER**

LOS SECRETOS DE  
NUESTRO RELOJ  
BIOLÓGICO

**REVOLUCIÓN  
EPIGENÉTICA**

NO TODO  
ES ADN

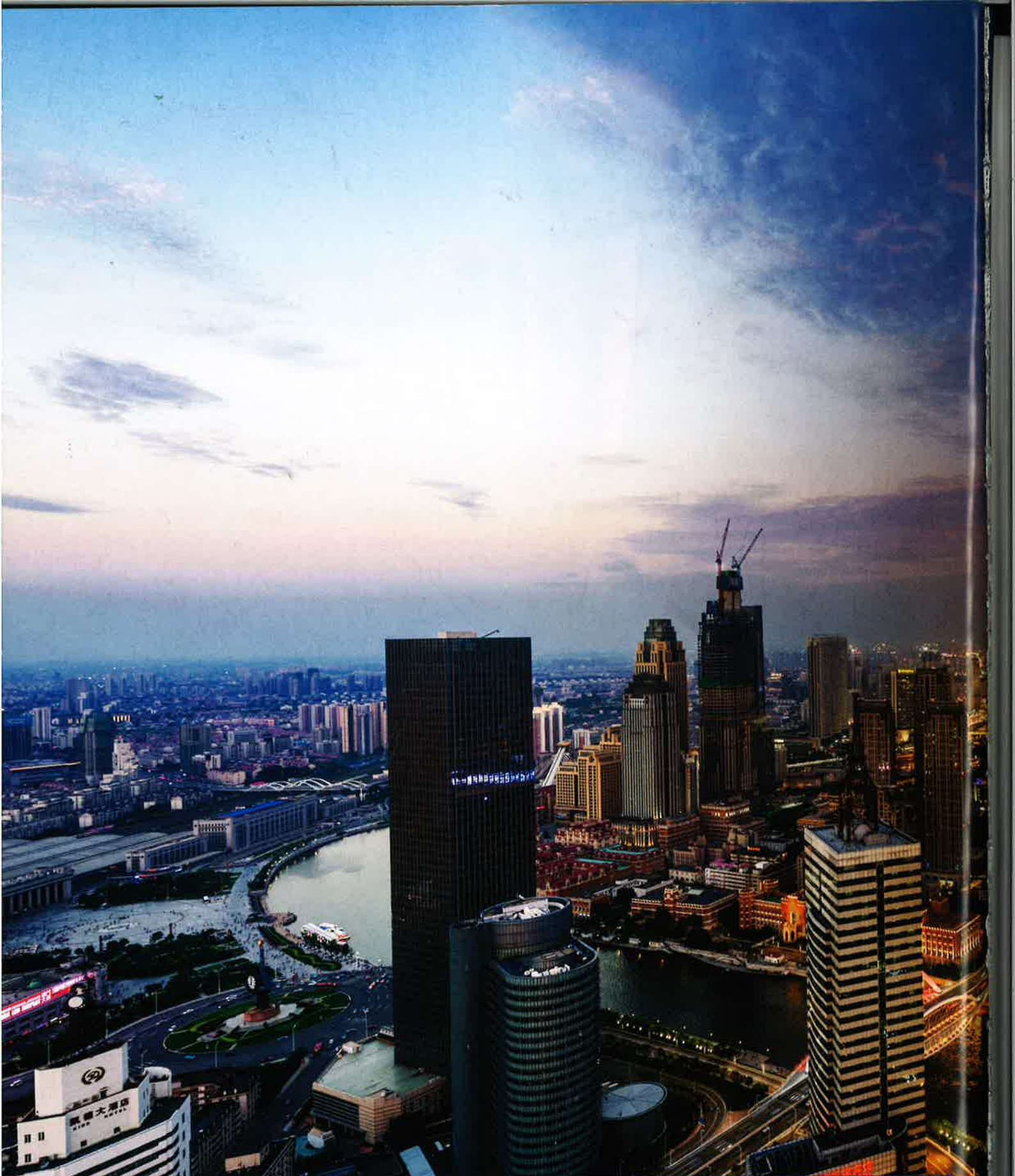
**FABRICANTES  
DE ÓRGANOS**

RECAMBIOS  
PARA EL CUERPO  
HUMANO

**CIUDADES  
DEL FUTURO**

SOSTENIBLES,  
HUMANAS E  
INTELIGENTES





### CIUDADES HIPERILUMINADAS

Según el Atlas Mundial de la Iluminación Artificial, publicado en la revista *Science*, el 99% de la población de Estados Unidos y Europa vive bajo cielos excesivamente contaminados por luz.



# Relojes DE LA VIDA

Nuestra forma de vivir no se ajusta a los ritmos biológicos naturales, y ese desfase afecta a todo el organismo. Cada vez está más claro que nuestra salud paga el precio de vivir contra reloj.

**MÓNICA LÓPEZ FERRADO.** PERIODISTA CIENTÍFICA







El ritmo circadiano se desajusta si vivimos constantemente de espaldas a él

**U**na mañana cualquiera, entre las ocho y las nueve, un río de personas se dirige al autobús, el metro o el tren para ir a trabajar. Un conductor de estos medios de transporte ya lleva horas despierto. Probablemente se ha levantado aún de noche, hacia las cuatro de la madrugada, para entrar a trabajar a las cinco, cuando sale el primer tren. Si es fin de semana, puede ser que coincida con otro tipo de fauna urbana: trasnochadores que vuelven de fiesta y se van a dormir cuando todo el mundo se levanta. Incluso podemos imaginar en el mismo vagón de tren a una enfermera que trabaja en turno de noche.

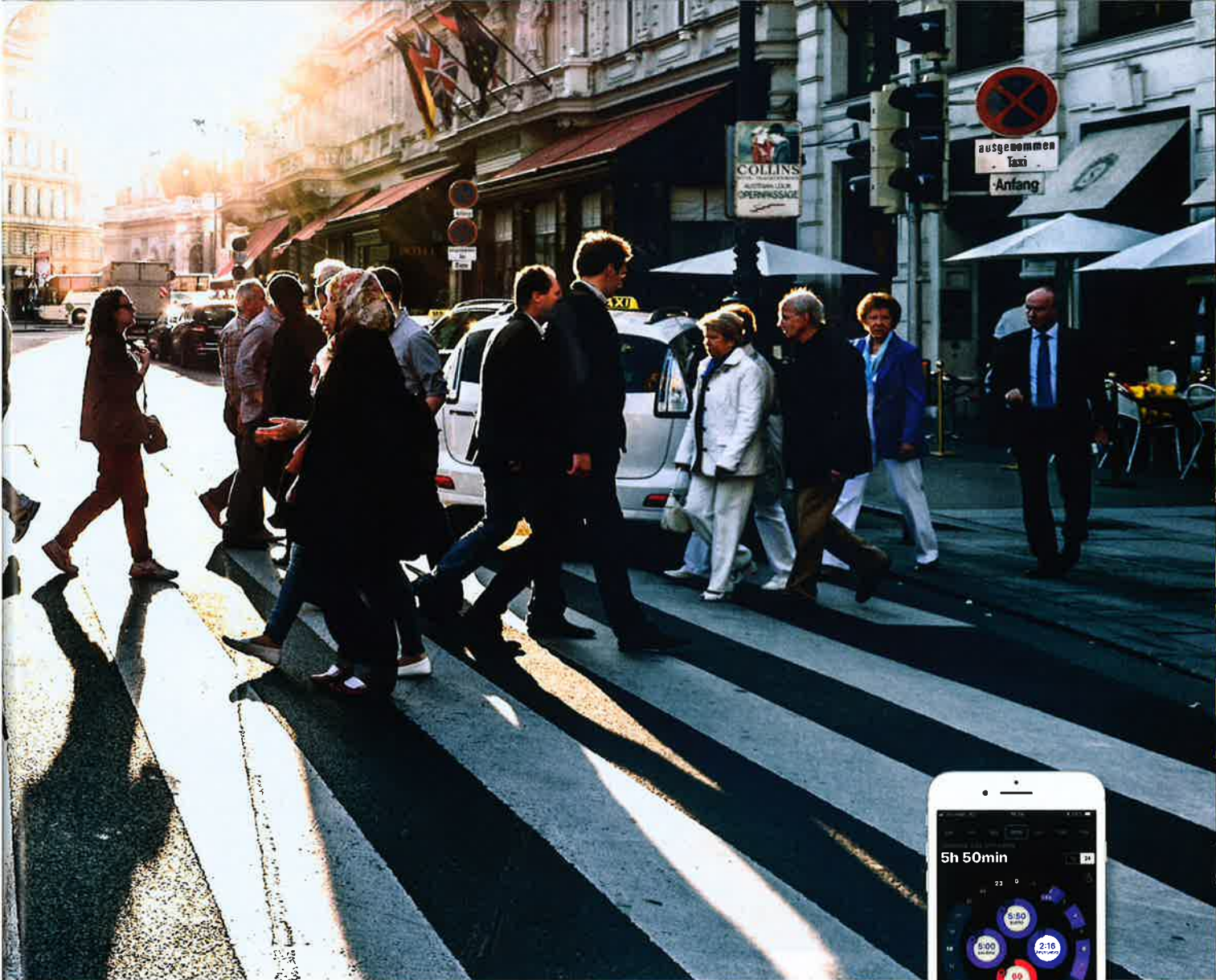
Y a un vigilante nocturno. Y a una madre que ha tenido que dar el pecho a su bebé durante la noche. **Todos los ocupantes de este vagón imaginario viven de espaldas a su reloj biológico, un dispositivo interno que todos los seres vivos tenemos y que marca los ritmos vitales.**

En los humanos –y en muchas especies– la evolución hizo que nuestros relojes se pudiesen en hora hace miles de años, en estrecha relación con el entorno natural en el que nos había tocado vivir y con los ciclos que lo regían. Al salir el sol, empezaba la jornada. Cuando oscurecía, acababa, y ya no había más que hacer que dormir. Había que aprovechar las mejores horas del día para alimentarse, y las mejores estaciones

#### COMPRENDIENDO NUESTRO RELOJ

Los científicos Jeffrey Hall, Michael Rosbash y Michael W. Young ganaron en 2017 el Nobel de Fisiología o Medicina por sus descubrimientos sobre los mecanismos moleculares que controlan el ritmo circadiano.





del año para reproducirse. Así, nuestros relojes se sincronizaron con los ritmos de la propia Naturaleza. Hoy, la mayoría de la población vive en entornos urbanos, y nuestros hábitos son muy distintos a los de nuestros antepasados. Sin embargo, **esos ritmos han quedado impresos en nuestra fisiología, incluso en nuestro ADN.**

### EL CUERPO MARCA LAS HORAS

Así pues ¿existe un desajuste entre nuestros hábitos y nuestros relojes biológicos? Cada vez son más los estudios que muestran que así es, y que vivir contra reloj implica que nuestra salud pague un elevado precio. Los relojes biológicos organizan las funciones del organismo de un modo cíclico,

con ritmos circadianos. Si nuestro cuerpo fuese una casa encontraríamos en cada una de sus habitaciones un reloj marcando la hora. Si cada una de estas estancias representase a un órgano y la decoración sus diferentes tejidos, encontraríamos en cada mueble o electrodoméstico pequeños relojes. Todos ellos deberían estar sincronizados, es decir, deberían marcar exactamente la misma hora. Cuando no es así es cuando surgen los problemas de salud.

**El más claro de los ciclos circadianos es el de sueño-vigilia. También hay ciclos ultradianos (que van de segundos a minutos) y ciclos infradianos (por ejemplo mensuales, como la menstruación o la renovación de la piel).** Todos ellos están regidos por un

### MONITORIZADOS

Cada día hay más *apps* y *wearables* que nos ayudan a analizar nuestros ciclos circadianos. Controlan el ritmo de sueño, los patrones menstruales o incluso los cambios en el ritmo del corazón a lo largo del día.





reloj principal que está en nuestro cerebro, el núcleo supraquiasmático (NSQ), unas 20.000 neuronas que se encuentran en el **hipotálamo, capaz de gobernar una gran variedad de ritmos como los ciclos hormonales, la fuerza muscular o la temperatura central.** Existen también relojes periféricos que forman parte de cada tejido, incluso de cada célula.

### **DIGERIR DE DÍA, DORMIR DE NOCHE**

Estamos diseñados para dormir de noche y estar activos de día. Si se altera el ritmo del sueño, se produce un efecto dominó sobre el resto de ritmos biológicos. Por ejemplo, el cortisol, la hormona que prepara el organismo para hacer frente a la actividad,

### **EMPEZAR EL DÍA CON ENERGÍA**

El cuerpo libera cortisona a primera hora del día para empezar con energía, haciendo que aumente la glucosa, la temperatura corporal y la presión arterial.

presenta su pico más alto un poco antes de levantarnos, lo que dispone nuestro cuerpo para empezar el día con energía, haciendo que aumente la glucosa, la temperatura corporal y la presión arterial. Hacia las once de la noche, baja el nivel de esta hormona. **Si durante varios días se cambia el horario del sueño, se desincroniza la producción de cortisol y puede aumentar a deshoras.** Su exceso puede llegar a provocar desgaste muscular, inmunodepresión e incluso muerte neuronal.

También estamos diseñados para digerir durante el día, y no por la noche, porque el aparato digestivo tiene un ciclo muy marcado. Entre otros elementos, la insulina aumenta su sensibilidad por la mañana y disminuye por la tarde. Así pues, si se come



## LA LUZ, LA GRAN PROTAGONISTA

# LA SALA DE MÁQUINAS DEL RELOJ CENTRAL

El núcleo supraquiasmático (NSQ), el reloj central del organismo, **se pone en hora principalmente a través de la luz** que captan los ojos.

Unas células especializadas de la retina detectan su presencia y envían esta información al NSQ, **que, al recibir la señal, interpreta que es de día**. Esto pone en marcha una serie de cambios químicos en la glándula pineal y otras partes del cerebro: se libera serotonina, conocida como la hormona de la felicidad, y también se suprime la producción de melatonina, la hormona que induce el sueño. En ausencia de luz, el NSQ no recibe el aviso de las células de la retina y eso **le da la pista de que es de noche**. Entonces se libera melatonina, que hace que la temperatura corporal baje y que muchos órganos permanezcan en reposo, lo que facilita la conciliación del sueño.

**Por eso, recibir luz durante las 24 horas altera el reloj biológico**. Del mismo modo, estar expuesto a la oscuridad continuamente también influye en el ritmo vital. **El ciclo sueño-vigilia en turnos diurnos y nocturnos es determinante** en esta sincronía. Igual que también lo es seguir las horas de las comidas. Son señales que el cuerpo recibe para desencadenar toda una serie de procesos.

**RETINA.** Las células de la retina detectan los estímulos luminosos.

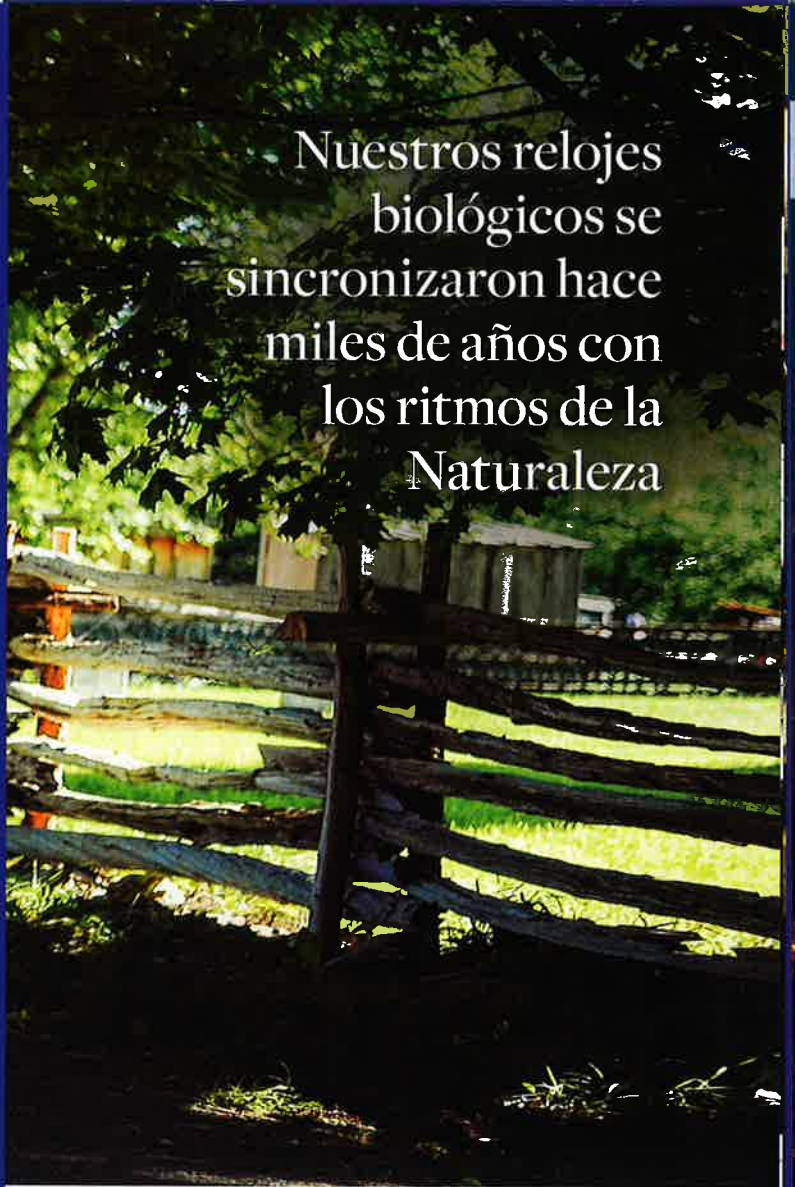
### 2. HIPOTÁLAMO.

Aloja el reloj central, el núcleo supraquiasmático, con 20.000 neuronas que determinan si hay ausencia o presencia de luz y generan un aviso.

### 4. GLÁNDULA PINEAL.

Desde el ganglio cervical, la señal viaja de nuevo hacia el cerebro alcanzando la glándula pineal, que segrega más melatonina si la señal es de ausencia de luz.

**GANGLIO CERVICAL SUPERIOR.** La señal recorre un largo camino: la primera parada es un ganglio cervical.



Nuestros relojes biológicos se sincronizaron hace miles de años con los ritmos de la Naturaleza

por la noche, las bajas concentraciones de esta hormona que produce el páncreas no permiten metabolizar bien la glucosa y se fuerza el aparato digestivo. Además, por la noche, el vaciamiento del estómago se hace más lento, y ante la llegada inesperada de alimento a horas que no tocan, el estómago aumenta la secreción normal de ácido y de enzimas en momentos en los que los mecanismos de protección gástricos se encuentran en sus mínimos.

Así pues, las personas que trabajan de noche e ingieren líquidos y alimentos durante esas horas, **padecen con frecuencia problemas digestivos y un aumento del azúcar en sangre**. En un estudio con enfermeras del turno de noche, realizado por la Universidad Autónoma de Madrid,



# La estación del año en la que se nace es uno de los factores más determinantes a la hora de definir si somos más diurnos o nocturnos

se ha visto que la incidencia de trastornos metabólicos, diabetes, sobrepeso, estreñimiento y arritmias es mayor que en sus compañeras del turno de día. Otro estudio del Instituto de Salud Global (ISGlobal), en Barcelona, muestra que cenar temprano reduce en un 20% el riesgo de padecer un cáncer de mama o de próstata. Todo parece indicar que estaría relacionado con la menor capacidad del cuerpo a altas horas para metabolizar la comida y el sobrepeso que conlleva.

## POR QUÉ NUESTROS RELOJES SE DESFASAN

Un fenómeno moderno es el hecho de que muchas personas viven durante la semana atadas a unos determinados horarios, levantándose temprano y yendo a dormir más o menos pronto, pero cuando llega el fin de semana los modifican radicalmente: se levantan tarde y trasnochan. Así lo hacen una semana tras otra, de tal manera que **su cuerpo padece continuamente el mismo jet lag que si viajasen de Europa a Estados Unidos el viernes por la tarde y volviesen el lunes**. Es lo que se conoce como *jet lag* social, y se sabe que tiene consecuencias sobre la salud.

Uno de los estudios sobre hábitos del sueño más grandes del mundo, el *Munich Chronotype Questionnaire*, de la Universidad de Múnich, ha pedido a sus 150.000 participantes que registren cada día sus hábitos de sueño, tanto en días laborables como en festivos. Los investigadores han extraí-

do conclusiones como que los niños pequeños tienen tendencia a levantarse pronto, los adolescentes tarde y los ancianos vuelven a levantarse pronto. Es decir, que **con la edad el reloj biológico envejece y se va modificando**. A los adolescentes, su reloj biológico les permite estar despiertos hasta entre las doce y las cuatro de la madrugada. Así pues, podríamos decir que las seis de la mañana es su medianoche biológica. A esta edad, pues, el *jet lag* social es mucho más agudo. Los científicos también han comparado el reloj biológico de poblaciones rurales y urbanas, y han concluido que la vida moderna, que nos priva de horas de exposición a la luz natural que necesitamos para sincronizar nuestro reloj interno, distorsiona los patrones del sueño y el reloj biológico. Si todos fuésemos agricultores y pasáramos el día entero trabajando al aire libre, nuestro cronotipo variaría entre unos y otros en tres o cuatro horas. Pero como todos recibimos luz artificial, incluso en épocas del año en que se ha escondido el sol, puede haber un desfase de incluso 12 horas.

## PODEMOS SER BÚHOS O ALONDRAS

Es bien sabido que existen personas más diurnas y otras más nocturnas. Según estudios realizados por la Universidad de Barcelona (UB), el reloj se sintoniza a edades tempranas. La estación del año en la que se nace es uno de los factores más determinantes a la hora de definir un patrón rítmico. Una persona nacida en otoño o invierno, con periodos de luz más cortos, será una alondra

### NO SOMOS DE EXTREMOS

Según un estudio de la Universidad de Barcelona, un 20% de la población es matutina, un 20% vespertina y un 60% no tiene ritmos tan marcados.







## TRABAJO POR TURNOS

# DORMIR DE DÍA CAUSA TRASTORNOS


**El trabajo por turnos puede ser cancerígeno.** Esta fue la conclusión a la que llegó, en 2007, la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), órgano dependiente de la Organización Mundial de la Salud (OMS). También hay evidencias sólidas que **relacionan estos desajustes con los trastornos psiquiátricos, con el síndrome metabólico y con otros trastornos y enfermedades.**

Se trata de un problema muy complejo, porque parece que estas consecuencias no se derivan del mero desajuste horario, sino de **la desincronización global entre los diferentes órganos, tejidos y células.**

Toda la función cognitiva se ve afectada en quienes viven de espaldas a su reloj interno. No solo tienen sueño constantemente, también les cuesta mantener la atención y merma su capacidad de memoria.

**A largo plazo, las consecuencias se agravan peligrosamente.** Se incrementa el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, obesidad, e incluso cáncer.





Desde el espacio se pueden observar las ciudades hiperiluminadas por la noche. Paradójicamente, en la Estación Espacial Internacional amanece 16 veces cada día y los astronautas necesitan un sistema de luces LED para regular su ciclo de sueño

#### ENGAÑAR A LOS SENTIDOS

## SINCRONIZAR EL RELOJ DE FORMA ARTIFICIAL

**Nuestro organismo no responde igual a todos los tipos de luz.** La roja tiene un bajo impacto en los receptores de la melatonina. Sin embargo, según un estudio de la Universidad de Surrey (Reino Unido), las luces azules con una longitud de onda de entre los 460 y los 480 nanómetros –que es el espectro

que domina en las pantallas del móvil, la tablet o el ordenador– son las que más nos mantienen en vigila. **Eso explica por qué si alguien utiliza estos aparatos antes de ir a dormir se puede desvelar fácilmente.** Existen ya algunas aplicaciones que, conforme se acerca la noche, cambian el tipo de luz que emiten. También hay relojes despertadores con luz integrada que **modifican su longitud de onda en función de la hora a la que estén programados** para imitar lo más fielmente posible el patrón de la luz natural. Una de las situaciones más extremas





de exposición a luz artificial es la de los astronautas que habitan durante largos periodos de tiempo en la Estación Espacial Internacional, que orbita alrededor de la Tierra en ciclos de 90 minutos, lo que se traduce en ciclos de luz y oscuridad muy cortos.

**Es imposible que su reloj interno se sincronice a ciclos tan cortos.** Además, la exposición continua a la luz les provoca problemas de desorientación temporal, altera su estado de alerta y su capacidad de atención. Sus ritmos se acaban sincronizando por las comunicaciones con sus colegas en la

Tierra. Sin embargo, esto no es suficiente. Para tratar de sincronizar de forma artificial el reloj de los astronautas, los investigadores de la Universidad de Surrey **han probado a programar en la estación en órbita luces LED enriquecidas con el espectro azul y rojo en ciclos de 24 horas.** Esta tecnología resulta muy útil en toda clase de entornos en los que el estado de alerta es fundamental y no hay luz. **Es también el caso de los submarinos y de las misiones a la Antártida,** en las que los investigadores pueden estar sin luz durante meses.





(tipología matutina) mientras que es más frecuente entre los que han nacido en primavera o en verano ser búhos (tipología vespertina). Según los estudios de la UB, un 20% de la población es matutina, un 20% vespertina y el 60% intermedia. Parece ser que **el grado de exposición de un bebé a la luz condiciona el cronotipo** que tendrá en el futuro.

### **EL CRONOBIOOMA (O CÓMO NOS SINCRONIZAN LOS GENES)**

En estas diferencias de cronotipo también existe una base genética. Científicos de la Universidad de Pensilvania (EE. UU.) han estudiado a fondo a los miembros de una familia que solían despertarse a las cuatro de la madrugada por sistema, mientras que se iban a dormir a las 19:30.


Todos eran portadores del gen PER2, involucrado en esta sintonización del reloj biológico. Los individuos que padecen trastornos del sueño ligados a esta alteración genética también padecen con frecuencia depresión y otros desórdenes psiquiátricos como trastorno bipolar o esquizofrenia, enfermedades que mejoran o empeoran con la exposición a luz natural a las horas adecuadas.

**Además del PER2, hay otros genes involucrados en la temporalidad de los procesos biológicos.** Por ejemplo, los ciclos de expresión génica en el tracto intestinal aseguran que los ácidos digestivos y las enzimas involucradas en la digestión se generan a las horas adecuadas. A nivel celular, la epidermis también cuenta con

### **LOS 4 GENES DEL RITMO**

Se han identificado cuatro tipos de genes reloj involucrados en la regulación del ritmo circadiano: *Period*, *Clock*, *Bmal1* y *Cry*.





La piel tiene su propio reloj y segrega más melanina durante el día. Si cruzamos el planeta y tomamos el sol cuando nos toca dormir, es fácil que nos quememos

su propio reloj y sufre *jet lag*. Si en menos de 24 horas viajamos de Barcelona a Cancún, y nos encontramos bajo el sol cuando nuestra piel debería estar aún bajo las sábanas, nos quemaremos más porque la proteína que protege la piel ante el sol –la melanina– no se expresa a las horas que, en principio, le corresponderían.

### UNA MEDICINA MÁS ACOMPASADA CON LA LUZ

La cronobiología se está incorporando a la medicina ya que puede explicar por qué, por ejemplo, **los infartos de miocardio se producen con mayor frecuencia por la mañana y los ataques de asma por la noche**. Del mismo modo, un fármaco no produce el mismo efecto si se toma por la mañana o

## FOTORRECEPTORES

# TU OJO SABE QUÉ HORA ES


Los fotorreceptores del sistema visual humano (SVH) son los elementos encargados de captar la luz y transmitir esta señal al cerebro, al NSQ, el control central del reloj biológico.

Estos fotorreceptores se localizan en el interior del ojo y tradicionalmente se han diferenciado en dos tipos: los conos y los bastones.

- **Existen aproximadamente unos seis millones de conos** distribuidos en la retina. Los conos son solo sensibles a altos niveles de iluminación y proporcionan información al cerebro sobre el color y el espacio.
- **Los bastones (más numerosos, en torno a 100 millones en la retina)** aportan visión en condiciones de bajos niveles de iluminación e información acerca del brillo.
- **Un ftopigmento denominado melanopsina** es un tercer tipo de fotorreceptor, que ha sido descubierto hace pocos años. Su función es enviar información lumínica al principal reloj biológico del cerebro para que ajuste los ritmos circadianos a la luz ambiental, los patrones de sueño y despertar, el tamaño de la pupila y la secreción de la hormona melatonina por la glándula pineal. Cuando la melanopsina capta la luz, el NSQ activa su respuesta y la glándula pineal produce la melatonina.

### CONOS, BASTONES Y MELANOPSINA

Se localizan en el interior del ojo y son los encargados de captar la luz.





# CRONOBIOLOGÍA DE UNA JORNADA

6:00

Máxima secreción de cortisol

6:45

Elevación de la presión arterial

7:30

Fin de la secreción de melatonina

8:00

Máximo grado de memoria inmediata

8:30

Aumenta la actividad intestinal

10:00

Estado de vigilia alto

12:00

Pico de capacidad intelectual

14:30

Coordinación óptima

15:30

Rapidez en tiempo de reacción



**EL TIC-TAC DE LA VIDA.** Igual que una planta, un animal o incluso una bacteria, el organismo humano varía su actividad a lo largo del día. De esa forma, su ritmo se va adaptando a las rotaciones de 24 horas del planeta.

por la noche. La absorción digestiva y la eliminación de las sustancias tiene sus ritmos, pero además los receptores de las células son más o menos sensibles al fármaco a diferentes horas. **La cronobiología se está incorporando incluso en algunas unidades de tratamiento de cáncer**, en las que a los enfermos se les administra la medicación con bombas de infusión programadas durante las 24 horas en función de los niveles de tolerancia del paciente, que van cambiando durante el día. En los momentos de mayor tolerancia se aumentan las dosis ya que así se consigue disminuir la toxicidad. La presión arterial también sigue un ritmo: aumenta de día y disminuye de noche. Por eso, en pacien-

tes hipertensos la tendencia es administrar fármacos con moléculas más lentas, que se liberan a lo largo de las 24 horas. Por la mañana, la sangre es más fácilmente coagulable y, además, aumenta la presión, y esa es la razón de que haya más riesgo de accidente cardiovascular. **En personas con insomnio se está empezando a aplicar la cronoterapia**, es decir, luminoterapia para regular la producción de melatonina.

Los estudios en cronobiología han servido también para recordarnos algo importante: exponernos a la luz de día, dormir cuando toca, comer a las horas adecuadas... son formas adecuadas de respetar los ciclos naturales y de preservar nuestra salud. ▢

## UNA NUEVA MEDICINA

La cronobiología se está incorporando a la medicina ya que puede explicar, por ejemplo, por qué los infartos de miocardio ocurren con mayor frecuencia por la mañana.



17:00

Eficiencia cardiovascular y máxima tensión muscular

18:00

Segundo pico de rendimiento intelectual

19:00

Máximo de memoria a largo plazo. Mayor fuerza muscular y flexibilidad

21:00

Temperatura corporal más alta. Secreción de melatonina

22:00

Cese de la actividad intestinal

24:00

Mayor grado de intolerancia a la glucosa

1:00

Sueño profundo

4:30

Mínima temperatura corporal

## TERAPIAS PERSONALIZADAS

# DIAGNÓSTICO: RELOJ ALTERADO

Averiguar si el reloj biológico de una persona está modificado puede ayudar a predecir el riesgo de sufrir determinadas alteraciones y a que un médico pueda prescribir cambios en los hábitos de vida (o incluso crioterapia) para recuperar el ritmo natural. Actualmente, se puede averiguar si nuestro reloj interno está en hora o desfasado estudiando nuestros patrones (de sueño, de comidas) o analizando a diferentes horas del día la temperatura corporal o los niveles

de determinadas hormonas, como la melatonina o el cortisol. No obstante, esos valores pueden cambiar un día por diversas circunstancias (haber dormido mal, estar enfermos), por lo que no resultan del todo fiables.

• **Un test sanguíneo muy preciso.** Científicos del Instituto Northwestern Medicine (EE. UU.) han desarrollado un test sanguíneo que logra conocer de forma muy precisa qué hora marca el reloj interno, independientemente de factores circunstanciales. El test analiza, mediante la extracción de dos únicas muestras de sangre, 40 marcadores genéticos relacionados con el ritmo circadiano y el resultado es inequívoco: su precisión es de 1,5 horas.