

J. DE COSTA  
J.A. MADRID  
S. ZAMORA

**MANUAL  
DE CLASES PRÁCTICAS  
DE FISIOLÓGÍA ANIMAL**

UNIVERSIDAD DE MURCIA

**MANUAL  
DE CLASES PRÁCTICAS  
DE FISIOLÓGÍA ANIMAL**

J. DE COSTA  
J.A. MADRID  
S. ZAMORA  
(Ed.)

**MANUAL  
DE CLASES PRÁCTICAS  
DE FISIOLÓGÍA ANIMAL**

JOSÉ RODRÍGUEZ, FRANCISCO JAVIER MARTÍNEZ LÓPEZ,  
PILAR GARCÍA RIERA, PILAR MENDIOLA, JUAN FRANCISCO MARÍN,  
JORGE DE COSTA, CARLOS BELMONTE, FRANCISCA PÉREZ LLAMAS,  
JUAN ANTONIO MADRID, M<sup>a</sup> DOLORES HERNÁNDEZ, CLARA GARCÍA RÓDENAS,  
ANA ISABEL CASCALES, JOSÉ ÁNGEL LÓPEZ JIMÉNEZ, FRANCISCO PORTO,  
FRANCISCO RUEDA, GERMÁN ECHEVARRÍA, CLARA RUEDA, AMALIA PENALVA,  
JOSEFINA CONEJERO y MANUEL MARTÍNEZ

Unidad de Fisiología Animal, Facultad de Biología  
Universidad de Murcia

UNIVERSIDAD DE MURCIA

1993

MANUAL de clases prácticas de fisiología animal / editores J. de Costa, J.A. Madrid, S. Zamora ; autores José Rodríguez ... [et al.], - Murcia : Universidad, Secretariado de Publicaciones, 1993

236 p.

ISBN 84-7684-469-7

I. Fisiología animal - Prácticas. I. Costa, J. de. II. Madrid, J.A. III. Zamora, Salvador. IV. Rodríguez, José. V. Universidad de Murcia. Secretariado de Publicaciones, ed.

591.1(076)

© J. de Costa, J.A. Madrid y S. Zamora (Ed.)

Secretariado de Publicaciones  
Universidad de Murcia

I.S.B.N.: 84-7684-469-7  
Depósito Legal: L-1.697-1993

Impreso en Poblagràfic, S.A.  
Av. Estació, s/n. 25500-La Pobla de Segur (Lérida)

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b> .....	11
<b>1. ÉTICA Y LEGISLACIÓN EN EXPERIMENTACIÓN ANIMAL</b> .....	13
J. RODRÍGUEZ	
<b>2. DISECCIÓN DE RATA</b> .....	19
F.J. MARTÍNEZ Y M.P. GARCÍA-RIERA	
<b>3. PERMEABILIDAD DE MEMBRANAS CELULARES</b> .....	25
P. MENDIOLA, F.J. MARTÍNEZ Y J.F. MARÍN	
<b>4. SIMULACIÓN DE POTENCIALES NERVIOSOS</b> .....	31
C.L. GARCÍA-RÓDENAS Y J. DE COSTA	
<b>5. FISIOLÓGÍA SENSORIAL I. VISIÓN Y TACTO</b> .....	41
C. BELMONTE, G. ECHEVARRÍA Y P. MENDIOLA	
<b>6. FISIOLÓGÍA SENSORIAL II. AUDICIÓN, GUSTO Y OLFATO</b> ...	49
F. PÉREZ-LLAMAS Y C. BELMONTE	
<b>7. REFLEJOS Y COORDINACIÓN</b> .....	55
G. ECHEVARRÍA, J.F. MARÍN Y P. MENDIOLA	
<b>8. SIMULACIÓN DE FISIOLÓGÍA MUSCULAR. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MÚSCULO</b> .....	61
J. DE COSTA	
<b>9. MECÁNICA DE LA CONTRACCIÓN DEL MÚSCULO ESQUELÉTICO. PREPARADO NEUROMUSCULAR DE RATA</b> ....	73
J.A. MADRID Y M.D. HERNÁNDEZ	
<b>10. ESTUDIO DEL MÚSCULO LISO UTERINO</b> .....	79
J.F. MARÍN Y P. MENDIOLA	
<b>11. HEMATOLOGÍA (I)</b> .....	85
C. GARCÍA, P. MENDIOLA Y F.J. MARTÍNEZ	
<b>12. HEMATOLOGÍA (II)</b> .....	91
C. BELMONTE, A.I. CASCALES Y J. CONEJERO	
<b>13. ESPIROMETRÍA</b> .....	97
P. MENDIOLA Y C.L. GARCÍA-RÓDENAS	
<b>14. ESTUDIO DE LA ACTIVIDAD CARDÍACA</b> .....	103
J. DE COSTA Y P. MENDIOLA	

15. ELECTROCARDIOGRAFÍA Y PRESIÓN ARTERIAL . . . . .	109
J.A. LÓPEZ, J.F. MARÍN Y F. PÉREZ-LLAMAS	
16. MICROCIRCULACIÓN . . . . .	117
F.J. MARTÍNEZ Y M.P. GARCÍA-RIERA	
17. LOCALIZACIÓN DE ENZIMAS DIGESTIVOS . . . . .	121
M.P. GARCÍA-RIERA Y F.J. MARTÍNEZ	
18. ACLARAMIENTO DE CREATININA . . . . .	125
J.F. MARÍN Y F.J. MARTÍNEZ	
19. ANÁLISIS DE ORINA . . . . .	129
G. ECHEVARRÍA Y P. MENDIOLA	
20. GLUCEMIA. ACCIÓN DE LA INSULINA . . . . .	135
F. PÉREZ-LLAMAS Y J.A. LÓPEZ	
21. ORQUIDECTOMÍA Y SUS EFECTOS SOBRE LAS VESÍCULAS SEMINALES . . . . .	139
F.J. PORTO Y J.A. LÓPEZ	
22. CICLO ESTRAL DE LA RATA . . . . .	147
P. MENDIOLA, A. PENALVA Y F. PÉREZ-LLAMAS	
23. INDUCCIÓN EXPERIMENTAL DE LA LIBERACIÓN DE GAMETOS Y SEGUIMIENTO DEL DESARROLLO DE LA PUESTA EN ANFIBIOS . . . . .	151
F.M. RUEDA Y J. DE COSTA	
24. DETERMINACIÓN DEL RITMO CIRCADIANO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y LA TEMPERATURA CORPORAL . . . . .	159
J.A. MADRID, M. MARTÍNEZ-BEBÍA Y C.M. RUEDA	
25. SIMULACIÓN DE EJERCICIO EN MAMÍFEROS . . . . .	167
J. DE COSTA	
26. SIMULACIÓN DE LOS EFECTOS DE LA INHALACIÓN DE CO <sub>2</sub> Y DE LA TEMPERATURA EN MAMÍFEROS . . . . .	189
J. DE COSTA	
27. SIMULACIÓN DE ALTERACIONES DEL SISTEMA CIRCULATORIO EN MAMÍFEROS . . . . .	221
J. DE COSTA	

## 24. DETERMINACIÓN DEL RITMO CIRCADIANO DE LA FRECUENCIA CARDÍACA Y LA TEMPERATURA CORPORAL.

J. A. MADRID, M. MARTÍNEZ-BEBÍA, C.M. RUEDA

### INTRODUCCIÓN.

Desde que a mediados del siglo XIX Claude Bernard formuló el concepto de homeóstasis, la idea de un medio interno invariante y totalmente constante, ha presidido de forma mayoritaria el desarrollo de cualquier trabajo en el campo de las ciencias fisiológicas, tanto en el área de la medicina como en el de la biología. Paradójicamente, la aceptación de este principio no entró en contradicción con un hecho tan evidente como es la alternancia entre las fases de sueño y vigilia ni con las variaciones cíclicas, algunas de ellas claramente observables, de diversas variables biológicas de los seres vivos. Quizás por tratarse de unos hechos tan evidentes y cotidianos no despertaron la curiosidad científica hasta hace relativamente poco tiempo. Los botánicos fueron los primeros en estudiar, en el siglo XVIII, las variaciones cíclicas de los organismos. Posteriormente surgió el interés por la conducta cíclica de algunas variables en los animales y en el hombre. Sin embargo, estos primeros intentos aislados fueron recogidos con escepticismo por la comunidad científica internacional.

La aparición del concepto de "reloj biológico" y la demostración de la persistencia de los ritmos en condiciones ambientales constantes, en el primer cuarto de este siglo, pueden considerarse el punto de partida de la Cronobiología tal y como hoy la entendemos. Sin embargo, el análisis adecuado de los fenómenos cíclicos y su interpretación fisiológica no han tenido lugar hasta mediados los años cincuenta.

En la actualidad está perfectamente admitido que todos los seres vivos disponen de un sistema capaz de medir el tiempo, es decir de un "reloj biológico". Como consecuencia del funcionamiento de este "reloj" todos los organismos presentan oscilaciones en sus funciones, tanto en lo que se refiere a variables bioquímicas, fisiológicas, como de conducta. Por tanto, los valores de estas variables se van a repetir periódicamente cada cierto tiempo. La ritmicidad es, por tanto, una de las propiedades fundamentales de la materia viva.

La gran mayoría de los ritmos tienen un período aproximado de 24 horas, son los denominados ritmos *circadianos* (ritmo de temperatura corporal). También aparecen en los organismos ritmos con períodos inferiores a 20 h que se conocen como ritmos *ultradianos*, (ritmo de la respiración) y ritmos cuyo período es superior a las 28 horas, o ritmos *infradianos* (ciclo ovárico, ritmos anuales, etc.).

A partir de estudios de aislamiento temporal se ha podido determinar que el sistema circadiano humano está dirigido por dos marcapasos o "relojes primarios", denominados X e Y, cada uno de los cuales mantiene el control sobre un gran número de variables rítmicas. La frecuencia del sueño REM, el cortisol plasmático y la excreción urinaria de potasio mantienen una relación estable con el ritmo de temperatura corporal, mientras que los ritmos de la hormona de crecimiento, la excreción urinaria de calcio y la temperatura cutánea siguen el ritmo del ciclo actividad-reposo. El marcapasos X controla el primer grupo de variables, mientras que el Y gobierna el segundo grupo.

Con la realización de esta práctica se pretende observar las variaciones circadianas del organismo humano, en base a las fluctuaciones que presentan los valores de temperatura corporal y de frecuencia cardíaca. Así mismo, se valorará el grado de matutinidad-vespertinidad de cada sujeto con el fin de correlacionarlo con los ritmos de las variables anteriores.

### MATERIAL Y MÉTODO.

#### 1.- MATERIAL.

Para la realización de esta práctica se precisa:

- Termómetro clínico, precisión 0,01 °C.
- Cronómetro.

- Ordenador PC.
- Programa para el análisis de ritmos circadianos por el método del "COSINOR".

2.- DESARROLLO DE LA PRACTICA.

2.1.- PRIMERA PARTE. (a desarrollar fuera del laboratorio, individualmente).

Con la ayuda de un termómetro clínico se deberá tomar la temperatura oral y la frecuencia cardíaca (esta última medida durante al menos un minuto) cada dos horas aproximadamente durante un día completo, son especialmente importantes las mediciones efectuadas antes de dormir y al despertar estando aún en cama.

Las determinaciones se harán en estado de reposo y preferentemente antes de las principales comidas, con el fin de evitar en lo posible los efectos enmascarantes de la alimentación y del ejercicio físico sobre las variables a estudiar.

Hay que tener en cuenta que cuantas más medidas se obtengan más exacto será el cálculo del ritmo. Si se obtienen datos durante más de un día se superpondrán los datos en la misma gráfica, de tal modo que haya más de un valor por cada hora del día. A título de orientación, las medidas podrán realizarse según el siguiente esquema:

8 Desayuno	10	12	14 Almuerzo	16	18	20	22 Cena
------------	----	----	-------------	----	----	----	---------

2.2.- SEGUNDA PARTE. (a realizar en el laboratorio).

Con la ayuda del ordenador se hará el cálculo del ritmo de temperatura y de la frecuencia cardíaca de cada sujeto. Para ello se determinarán, en primer lugar, los parámetros propios del ritmo: *periodo* (tiempo que tarda en producirse una oscilación completa), *mesor* (valor medio del ritmo), *amplitud* (diferencia entre el valor máximo del ritmo ajustado y el *mesor*) y *acrofase* (momento del día en que se presenta el valor máximo). Al mismo tiempo, se hará la representación gráfica del ritmo de temperatura por el método del *cosinor*.

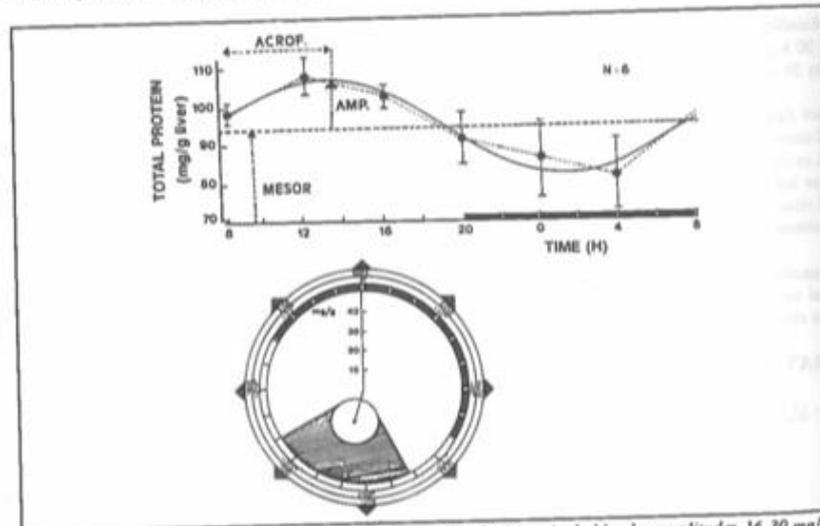


Figura 28.1.- Proteína hepática de hígado de rata. mesor = 94,96 mg/g de hígado; amplitud = 16,30 mg/g; acrofase = 13,10 h; CV = 93,04%. Tomado de Madrid y cols. Arch. Int. Physiol. Biochim. 100:83-87, 1992.

En la Figura 24.1 se ha representado, a título de ejemplo, el análisis ritmométrico de los niveles de proteína hepática de ratas ayunadas previamente durante 24 horas.

A continuación, individualmente, se contestará el cuestionario de Horne y Ostberg para conocer el grado de matutinidad-vespertinidad de cada sujeto. A nivel poblacional, las personas de carácter matutino presentan la acrofase del ritmo de temperatura antes que las personas de carácter vespertino. Trataremos de relacionar este carácter con las acrofases de temperatura y frecuencia cardíaca de todo el grupo de prácticas

### 3.- VERSIÓN CASTELLANA DEL CUESTIONARIO DE MATUTINIDAD-VESPERTINIDAD DE HORNE Y OTSBERG.

#### 3.1.- INSTRUCCIONES.

- Antes de contestar cada pregunta léala atentamente por favor.
- Conteste a todas las preguntas.
- Conteste las preguntas consecutivamente una tras otra.
- Debe contestar cada pregunta independientemente de las demás. No vuelva atrás para verificar sus respuestas.
- Todas las preguntas contienen respuestas preestablecidas. En cada pregunta ponga una cruz al lado de una sola respuesta. Algunas preguntas muestran una escala, en este caso ponga una cruz en el lugar apropiado de la escala.
- Conteste con toda sinceridad. Tanto las respuestas como los resultados se mantendrán en estricta reserva.
- Si lo desea, puede escribir comentarios en el espacio existente debajo de cada pregunta.

1. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te levantarías?

- 5  Entre las 5 y 6 de la mañana.  
 4  A las 7 de la mañana.  
 3  Entre las 8 y 9 de la mañana.  
 2  Entre las 10 y 11 de la mañana.  
 1  A las 12 de la mañana.

2. Si sólo pensaras en cuando te sentirías mejor y fueras totalmente libre de planificarte el día. ¿A qué hora te acostarías?

- 5  A las 8 p.m.  
 4  A las 9-10 p.m.  
 3  A las 11-12 p.m.  
 2  A la 1 p.m.  
 1  A las 2-3 p.m.

3. Para levantarte por la mañana a una hora específica. ¿Hasta qué punto necesitas que te avise el despertador?

- 4  No lo necesito.  
 3  Lo necesito poco.  
 2  Lo necesito bastante.  
 1  Lo necesito mucho.

4. En circunstancias ambientales normales. ¿Qué tal te resulta levantarte por las mañanas?

- 1  Nada fácil.  
 2  No muy fácil.  
 3  Bastante fácil.  
 4  Muy fácil.

5. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te encuentras durante la primera media hora?
- 1  Nada alerta.  
2  Poco alerta.  
3  Bastante alerta.  
4  Muy alerta.
6. Una vez levantado por las mañanas. ¿Cómo es tu apetito durante la primera media hora?
- 1  Muy escaso.  
2  Bastante escaso.  
3  Bastante bueno.  
4  Muy bueno.
7. Una vez levantado por las mañanas. ¿Qué tal te sientes durante la primera media hora?
- 1  Muy cansado.  
2  Bastante cansado.  
3  Bastante descansado.  
4  Muy descansado.
8. Cuando no tienes compromisos al día siguiente. ¿A qué hora te acuestas en relación con tu hora habitual?
- 4  Raramente o nunca más tarde.  
3  Menos de 1 hora más tarde.  
2  De 1 a 2 horas más tarde.  
1  Más de 2 horas más tarde.
9. Has decidido hacer un poco de ejercicio físico. Un amigo te propone hacerlo una hora dos veces por semana y según él la mejor hora sería de 7 a 8 de la mañana. ¿Cómo crees que te encontrarías?
- 4  Estaría en buena forma.  
3  Estaría en una forma aceptable.  
2  Me resultaría difícil.  
1  Me resultaría muy difícil.
10. ¿A qué hora de la noche te sientes cansado y con ganas de acostarte por este motivo?
- 5  A las 8-9 p.m.  
4  A las 10 p.m.  
3  A las 11-12 p.m.  
2  A la 1 p.m.  
1  A las 2-3 p.m.
11. Quieres estar en tu punto máximo de rendimiento para una prueba de dos horas que va a ser mentalmente agotadora. Siendo totalmente libre de planificar el día y pensando sólo en cuando te sentirías mejor. ¿Qué horario elegirías?
- 6  De 8 a 10 de la mañana.  
4  De 11 de la mañana a 1 del mediodía.  
2  De 3 a 5 de la tarde.  
1  De 7 de la tarde a 9 de la noche.

12. Si te acostaras a las 11 de la noche. ¿Qué nivel de cansancio notarías?
- 0  Ningún cansancio.
  - 2  Algún cansancio.
  - 3  Bastante cansancio.
  - 5  Mucho cansancio.
13. Por algún motivo te has acostado varias horas más tarde de lo habitual, aunque al día siguiente no has de levantarte a ninguna hora en particular. ¿Cuándo crees que te despertarías?
- 4  A la hora habitual y ya no dormiría más.
  - 3  A la hora habitual y luego dormiría.
  - 2  A la hora habitual y volvería a dormirme.
  - 1  Más tarde de lo habitual.
14. Una noche tienes que permanecer despierto de 4 a 6 de la madrugada debido a una guardia nocturna. Sin tener ningún compromiso al día siguiente, ¿qué preferirías?
- 1  No acostarme hasta pasada la guardia.
  - 2  Echar un sueñecito antes y dormir después.
  - 3  Hacer una buena dormida antes y un sueñecito después.
  - 4  Hacer toda la dormida antes de la guardia.
15. Tienes que hacer dos horas de trabajo físico pesado. Eres totalmente libre para planificarte el día. Pensando sólo en cuando te sentirías mejor, ¿qué horario escogerías?
- 4  De 8 a 10 de la mañana.
  - 3  De 11 de la mañana a 1 del mediodía.
  - 2  De 3 a 5 de la tarde.
  - 1  De 7 de la tarde a 9 de la noche.
16. Has decidido hacer ejercicio físico intenso. Un amigo te sugiere practicar una hora dos veces por semana de 10 a 11 de la noche. ¿Cómo crees que te sentaría?
- 1  Estaría en buena forma.
  - 2  Estaría en una forma aceptable.
  - 3  Me resultaría difícil.
  - 4  Me resultaría muy difícil.
17. Imagínate que puedes escoger tu horario de trabajo. Supón que tu jornada es de CINCO horas y que tu actividad es interesante y remunerada según tu rendimiento. ¿Qué CINCO HORAS CONSECUTIVAS seleccionarías?
- 1  Entre las 12 p.m. y las 4 a.m.
  - 5  Entre las 5 a.m. y las 8 a.m.
  - 4  Entre las 8 a.m. y las 9 a.m.
  - 3  Entre las 9 a.m. y la 1 p.m.
  - 2  Entre la 1 p.m. y las 5 p.m.
  - 1  Entre las 5 p.m. y las 12 p.m.
18. ¿A qué hora del día crees que alcanzas tu cota máxima de bienestar?
- 1  Entre las 12 p.m. y las 4 a.m.

- 5  Entre las 4 a.m. y las 8 a.m.
- 4  Entre las 8 a.m. y las 9 a.m.
- 3  Entre las 9 a.m. y las 4 p.m.
- 2  Entre las 4 p.m. y las 9 p.m.
- 1  Entre las 9 p.m. y las 12 p.m.

19. Se habla de personas de tipo *matutino* y *vespertino*. ¿Cuál de estos tipos te consideras ser?

- 6  Un tipo claramente *matutino*.
- 4  Un tipo más *matutino* que *vespertino*.
- 2  Un tipo más *vespertino* que *matutino*.
- 0  Un tipo claramente *vespertino*.

<u>Puntuación</u>	<u>Carácter</u>
70-86	Matutinidad extrema
59-69	Matutinidad moderada
42-58	Indefinido
31-41	Vespertinidad moderada
16-30	Vespertinidad extrema





Colección: Manuales y Materiales Didácticos, 28



**Secretariado de publicaciones  
e intercambio científico.**  
**UNIVERSIDAD DE MURCIA**