

Técnico Superior
en Laboratorio de
Diagnóstico Clínico
y Biomédico

Análisis bioquímico (I)

Coordinadora

M^a Teresa Sanz Casla

ARÁN



Autores

Director

Julián Sanz Ortega

Profesor Titular de Anatomía Patológica y Facultativo Especialista de Área del Hospital Universitario Clínico San Carlos y de la Universidad Complutense de Madrid, desde 1996. Desde el año 2000 es Director Científico del Biobanco del Hospital Universitario Clínico San Carlos y del Biobanco de la RTICC de ISCIII. Responsable de Patología Molecular y Dianas Terapéuticas. Nombrado Presidente Territorial de Madrid de la Sociedad Española de Anatomía Patológica (SEAP) en el año 2012. Autor de 66 artículos científicos: publicaciones internacionales en revistas indexadas y nacionales.

Premio Extraordinario de la Universidad Complutense de Madrid y Premio de la Fundación San Nicolás de la Real Academia Nacional de Medicina en 1994.

Coordinadora

María Teresa Sanz Casla

Licenciada en Medicina y Cirugía por la Universidad Autónoma de Madrid. Cursó la especialidad de Análisis Clínicos en el Hospital Clínico Universitario San Carlos de Madrid y se doctoró en Medicina por la Universidad Complutense de Madrid con la Tesis sobre factores pronóstico en cáncer de mama.

Comenzó a ejercer su labor profesional, después de finalizar el periodo MIR, como Facultativo Especialista de Área en el Servicio de Análisis Clínicos del Hospital Universitario Clínico San Carlos de Madrid, donde continúa trabajando en la actualidad. Como docente ha participado y organizado cursos de formación para Técnicos Especialistas en Laboratorio y ha sido ponente en congresos y cursos sobre su especialidad. Dentro de su labor en el campo de la investigación destacan la dirección de tesis doctorales, la publicación de capítulos de libros y de artículos en revistas nacionales e internacionales, así como su participación en distintos proyectos de investigación.

Autores

M.^a Cruz Cárdenas Fernández

Facultativo Especialista Análisis Clínicos Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Clínico San Carlos. Madrid

Carmen Cotarelo Pérez

Facultativo Especialista de Análisis Clínicos. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

María Fenollar Cortés

Facultativo Especialista de Bioquímica Clínica. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

Elena Hernández Álvarez

Facultativo Especialista Análisis Clínicos Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Clínico San Carlos. Madrid

Raluca Oancea Ionescu

Facultativo Especialista de Análisis Clínicos. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

Isabel Ortega Madueño

Facultativo Especialista de Bioquímica Clínica. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

M.^a Teresa Sanz Casla

Facultativo Especialista Análisis Clínicos. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Clínico San Carlos. Madrid

M.^a Josefa Torrejón Martínez

Facultativo Especialista Bioquímica Clínica. Servicio de Análisis Clínicos. Hospital Universitario Clínico San Carlos. Madrid

Índice

Capítulo 1

Aplicación de técnicas utilizadas en el laboratorio de bioquímica clínica ...	15
1. Métodos ópticos. Conceptos básicos	16
2. Espectrometría de absorción molecular	22
3. Espectrometría de absorción atómica	31
4. Espectrometría de emisión atómica	34
5. Espectrometría de luminiscencia	36
6. Espectrometría de dispersión de la radiación	40
7. Fotometría de reflectancia. Química seca	43
8. Refractometría de líquidos	47
9. Espectrometría de masas	49
10. Cromatografía	55
11. Osmometría	63
12. Automatización	65
13. Uso eficiente de los recursos	68

Capítulo 2

Análisis de magnitudes bioquímicas relacionadas con el metabolismo de principios inmediatos	79
1. Patrones de alteración del metabolismo hidrocarbonado: determinaciones...	80
2. Patrones de alteración del metabolismo de lípidos y lipoproteínas: determinaciones	100

3. Patrones de alteración del metabolismo de proteínas: determinaciones. Separación de proteínas.....	122
--	-----

Capítulo 3

Análisis de magnitudes bioquímicas relacionadas con los productos finales del metabolismo	151
1. Compuestos nitrogenados no proteicos: urea y creatinina. Determinaciones. Aclaramientos	152
2. Cuerpos cetónicos	164
3. Determinación de bilirrubina total, directa e indirecta.....	168
4. Ácido láctico y pirúvico.....	174
5. Alteraciones del metabolismo de las purinas: determinación de ácido úrico..	181

Capítulo 4

Determinación de enzimas	193
1. Utilidad de la determinación enzimática en el diagnóstico clínico.....	194
2. Enzimas. Fisiología y cinética enzimática. Clasificación de las enzimas. Determinación de la actividad enzimática	212
3. Isoenzimas. Determinación.....	225
4. Patrones de alteración enzimática	233
Soluciones “Evalúate tú mismo”	247

capítulo

4

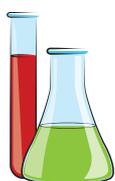
DETERMINACIÓN DE ENZIMAS

*M.^a Cruz Cárdenas Fernández,
Elena Hernández Álvarez,
M.^a Teresa Sanz Casla*

Sumario

1. Utilidad de la determinación enzimática en el diagnóstico clínico
2. Enzimas. Fisiología y cinética enzimática. Clasificación de las enzimas. Determinación de la actividad enzimática
3. Isoenzimas. Determinación
4. Patrones de alteración enzimática

El estudio de los productos finales del metabolismo de las **proteínas** (urea y creatinina), de los ácidos grasos (cuerpos cetónicos), de las **hemoproteínas** (bilirrubina), de los **hidratos de carbono** (ácido láctico y pirúvico) y de las **purinas** (ácido úrico) proporciona gran información sobre el **estado de salud** del individuo. En este capítulo conoceremos su **metabolismo** y las alteraciones que provocan **patología**, así como los **métodos** para su determinación.



La urea

representa el 45 % del total de los compuestos nitrogenados no proteicos en el plasma.

I. COMPUESTOS NITROGENADOS NO PROTEICOS: UREA Y CREATININA. DETERMINACIONES. ACLARAMIENTOS

Los **compuestos nitrogenados no proteicos** proceden del metabolismo de los principios inmediatos, fundamentalmente del **metabolismo de las proteínas y aminoácidos**. Existen más de 15 compuestos en el plasma que suponen una concentración de nitrógeno en el mismo de 250-400 mg/l. Su contenido en sangre completa es mayor que en la fracción del plasma, debido a la presencia del **glutathion** en los hematíes. Dentro de los compuestos nitrogenados no proteicos se encuentran: **la urea, los aminoácidos, el ácido úrico, la creatinina, la creatina y el amoniacó**.

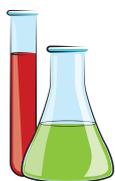
I.1. Urea

I.1.1. Metabolismo

La **urea** representa el 45 % del total de los compuestos nitrogenados no proteicos en el plasma. Es el **producto principal del metabolismo de las proteínas**, exógenas o endógenas, **y de los aminoácidos**, y se genera en el **ciclo de la urea** (Figura 1) que se produce en las mitocondrias de las **células hepáticas**.

Durante el **catabolismo** de las proteínas y aminoácidos se obtiene **grupos amino** ($-\text{NH}_2$). La mayoría son reutilizados para la **síntesis de nuevos aminoácidos**, pero los restantes han de ser eliminados, puesto que los grupos amino a altas concentraciones son tóxicos para el organismo, especialmente en el tejido nervioso, y su acúmulo da lugar a **daño cerebral**.

La formación de urea se realiza por la **introducción de dos grupos amino**: el primero es **amoniacó libre** generado en la mitocondria de



La urea es el

principal producto del metabolismo de las proteínas, exógenas o endógenas, y de los aminoácidos, y se genera en el ciclo de la urea que se produce en las células hepáticas.

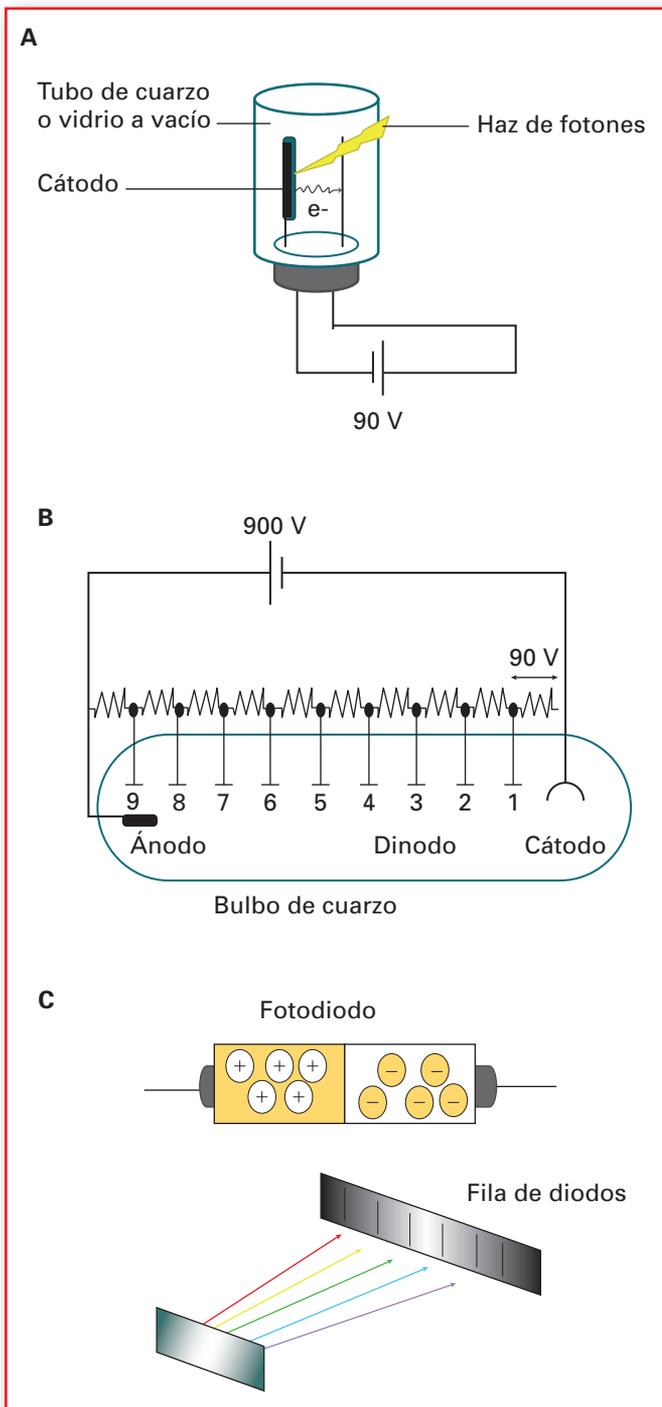


Figura 8. Representación de diferentes detectores ópticos. A. Fototubo: el haz de fotones produce la liberación de una corriente de electrones al incidir sobre el cátodo. B. Fotomultiplicador: la radiación electromagnética libera electrones del cátodo fotoemisor que pasan al primer dinodo. La corriente se va amplificando al ir pasando de un dinodo a otro hasta que llega al ánodo (10^7 electrones por cada fotón). C. Fotodiodos: cuando incide un fotón se produce el movimiento de cargas. Los fotodiodos tienen un tamaño aproximado de 0,02 mm, por lo que se pueden colocar formando una fila de diodos para detectar a la vez todas las longitudes de onda (espectros).

► **Fototubo:** consiste en un cátodo formado por un material fotosensible que es capaz de liberar **un electrón por cada fotón** que incide sobre él. Se genera así una corriente de electrones que migra hacia el ánodo y que se puede medir mediante un **amperímetro**. Este tipo de detector es poco sensible y solo se puede utilizar cuando la radiación que se quiere detectar es suficientemente intensa.

► **Fotomultiplicador:** el fundamento básico es el mismo que el del fototubo. La diferencia fundamental es que se consigue aumentar mucho la sensibilidad (10^6 - 10^7 veces) colocando **dínodos** (pequeños electrodos que amplifican la señal liberando electrones) entre el cátodo fotoemisor y el ánodo. La respuesta es más rápida, el nivel de ruido es más bajo y la corriente que se obtiene es mucho más intensa que con los fototubos.

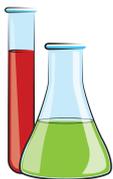
► **Fotodiodo:** los diodos están formados por **silicio**, material semiconductor que permite el paso de la corriente cuando le llega un haz de luz. La característica principal de los diodos es que tienen un **tamaño milimétrico**, de manera que se pueden alinear y permiten construir detectores capaces de registrar varios haces de luz a la vez (detectores multicanal). Son menos sensibles que los fotomultiplicadores.

► **Fotocélula o célula fotoeléctrica:** consiste en una lámina de un material conductor sobre la que se deposita una capa de material semiconductor. Esta capa está cubierta por un **metal transparente** que sirve como electrodo colector. Cuando la luz atraviesa el electrodo transparente, se produce un **flujo de electrones** que puede ser medido con un amperímetro.

2. ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN MOLECULAR

2.1. Fundamento

En bioquímica clínica, esta técnica se usa fundamentalmente para **cuantificar moléculas en disolución**. Utiliza radiación electromagnética en la



La espectrometría de absorción atómica es una técnica muy sensible que permite cuantificar elementos a nivel de traza (ppm o ppb) basándose en la ley de Lambert Beer.

La principal **desventaja** de la espectrometría de absorción atómica es que se mide la concentración total del analito en la muestra, independientemente de su **estado de oxidación**. Esto tiene gran importancia, por ejemplo, en la determinación de tóxicos, ya que en muchos casos el nivel de toxicidad del elemento depende fundamentalmente de la forma iónica en la que se encuentre.

4. ESPECTROMETRÍA DE EMISIÓN ATÓMICA

4.1. Fundamento

En la espectrometría de emisión atómica se estudia la **radiación emitida por los átomos excitados** en una muestra. Se puede utilizar tanto con fines cualitativos como cuantitativos.

► **Análisis cualitativo:** cuando un átomo es excitado por una fuente de energía, se encuentra en un estado inestable. Para desactivarse, emite un espectro de líneas característico que va a permitir su identificación mediante comparación con patrones (Figura 17).

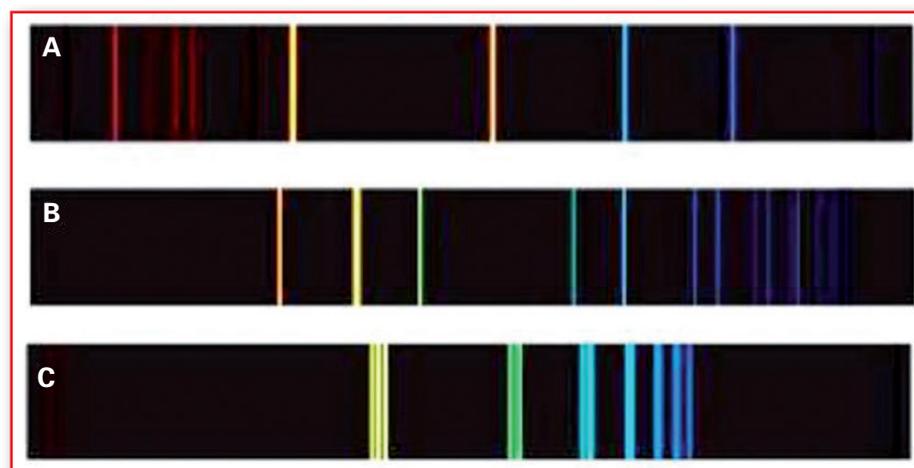
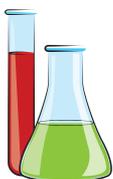


Figura 17. Espectros de emisión de líneas. A. Litio. B. Sodio. C. Potasio.



La espectrometría de absorción atómica requiere una etapa previa a la absorción llamada atomización, que es la que condiciona la sensibilidad y reproducibilidad de la técnica.

► **Análisis cuantitativo:** si suministramos energía a los átomos de una muestra para que pasen a un estado excitado, la intensidad de la radiación que emiten cuando se desactivan es proporcional al número de átomos que teníamos en estado fundamental (N_0):

$$I_{\text{emisión}} = K \cdot N_0$$

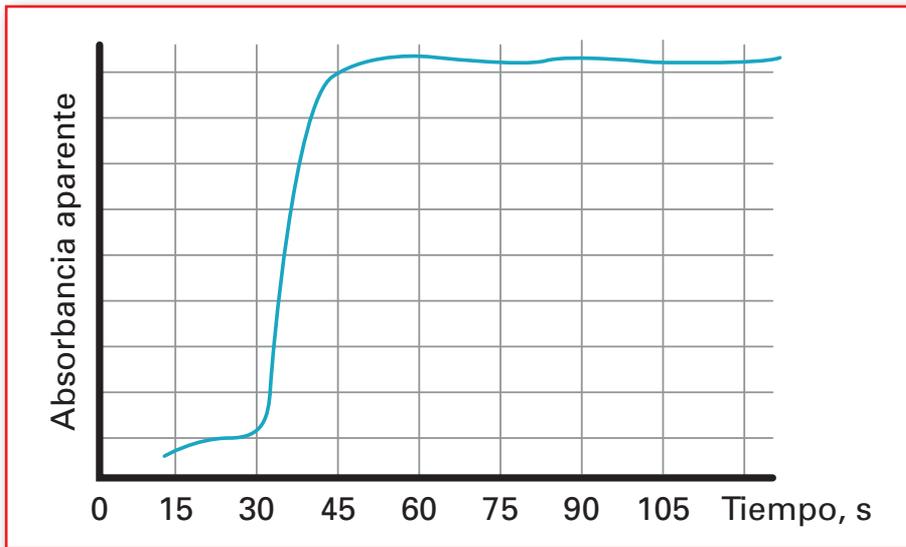
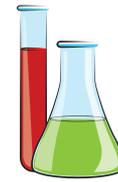


Figura 24. Curva de coagulación para la determinación del tiempo de tromboplastina: se mide la absorbancia aparente en función del tiempo. Cuando se forma el coágulo (30 segundos) aumenta la dispersión y, por tanto, la absorbancia aparente.



La nefelometría es más sensible que la turbidimetría, pero requiere una instrumentación específica (nefelómetros).

► **Cuantificación de microorganismos.** La turbidimetría se utiliza a menudo en los laboratorios de microbiología para determinar la cantidad de bacterias de cultivos en medio líquido. En este caso se suele utilizar la **densidad óptica**.

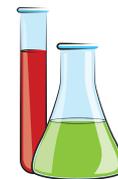
7. FOTOMETRÍA DE REFLECTANCIA. QUÍMICA SECA

7.1. Fundamento

Cuando se refleja un haz de luz podemos relacionar la intensidad de la luz reflejada (I_r) con la intensidad de la luz incidente (I_o) mediante la **reflectancia** (R):

$$R = \frac{I_r}{I_o}$$

Para que se produzca la **reflexión**, la luz debe incidir sobre una superficie, por lo que para poder usar esta técnica para determinar metabolitos en muestras biológicas (líquidas), se tienen que utilizar **reactivos** en fase sólida (**química seca**). Estos reactivos constan de una matriz que contiene una serie de componentes que **cambian su reflectancia cuando entran en contacto con la muestra** y reaccionan con el analito de interés. Este cambio se puede medir y relacionar con la **concentración**.



Las suspensiones son menos reproducibles que las disoluciones, por lo que hay que tener en cuenta otros factores como el tamaño y la forma de las partículas, además de su concentración, a la hora de preparar los patrones para construir la curva de calibración.

10. CROMATOGRAFÍA

10.1. Fundamento

Es una técnica de separación donde los componentes de una muestra se distribuyen entre una fase que se mueve (**fase móvil o eluyente**) y una fase que permanece quieta (**fase estacionaria**). El reparto entre estas dos fases se realiza en función del **coeficiente de distribución** (K_d):

$$K_d = \frac{C_e}{C_m}$$

C_e = Concentración molar de soluto en la fase estacionaria.

C_m = Concentración molar de soluto en la fase móvil.

El K_d depende de la naturaleza de **la fase móvil, la estacionaria y el soluto**. En una separación por cromatografía, la muestra se hace circular sobre la fase estacionaria junto con la fase móvil, de manera que los solutos se van repartiendo entre las dos fases según el K_d (Figura 36). Los que tengan un K_d suficientemente alto quedarán retenidos en la fase estacionaria, mientras que el resto permanecerán en la fase móvil. Los componentes que quedan en la fase estacionaria se pueden "despegar", haciendo circular una fase móvil distinta en la que sean más solubles.

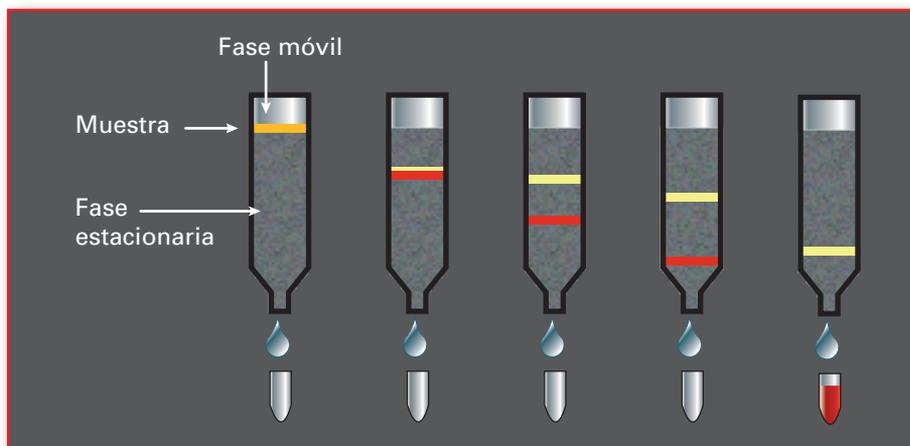


Figura 36. Representación de una cromatografía en columna. La muestra se coloca sobre la fase estacionaria y se hace circular junto con la fase móvil a través de ella. Los componentes de la mezcla van saliendo de la columna según su coeficiente de distribución entre las dos fases.



RECUERDA QUE

La espectrometría de masas permite la cuantificación e identificación de moléculas en matrices biológicas complejas a muy baja concentración.



RECUERDA QUE

La espectrometría de masas es una técnica muy versátil, ya que combinando distintas fuentes de ionización con distintos analizadores, se puede adaptar la instrumentación al análisis de moléculas de muy distinta naturaleza: desde moléculas inorgánicas sencillas hasta macromoléculas complejas como las proteínas.

TABLA 3

Clasificación de las técnicas cromatográficas

	Tipo de cromatografía	Características
Según la configuración del lecho cromatográfico	En columna	La fase estacionaria está dentro de un tubo
	En capa fina	La fase estacionaria está sobre una placa
Según el estado físico de la fase móvil	De gases	La fase móvil es un gas
	De líquidos	La fase móvil es un líquido
	De fluidos supercríticos	La fase móvil es un fluido ligeramente por encima de su temperatura y presión críticas
Según el mecanismo de separación	De adsorción	La separación se produce por las distintas afinidades de adsorción sobre la superficie de la fase estacionaria
	De reparto	La separación se produce por la diferencia de solubilidad de los analitos entre la fase móvil y la fase estacionaria
	De intercambio iónico	La separación se produce por fuerzas electrostáticas entre los componentes de una mezcla y la fase estacionaria
	De exclusión	La separación se produce por diferencia de tamaños y/o forma entre los componentes de una mezcla
	De afinidad	La separación se produce debido a la interacción biológica específica entre el analito y la fase estacionaria

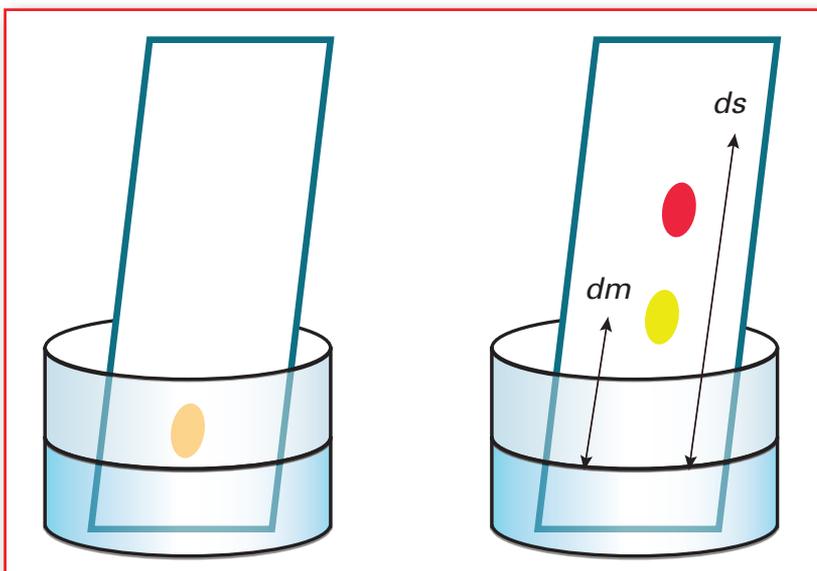


Figura 38. Cromatografía en capa fina. La muestra se coloca en un extremo de la placa. La fase móvil sube por capilaridad de forma que los componentes de la mezcla van quedando retenidos sobre la placa según su coeficiente de distribución.

$$R_f = \frac{dm}{ds}$$

► **Cromatografía en columna.** La fase estacionaria se deposita en el interior de una columna. La muestra se coloca en la parte superior. A continuación, la fase móvil se hace circular por la columna a través de la fase estacionaria, de manera que va arrastrando los componentes de la muestra que se irán repartiendo entre las dos fases según su coeficiente de distribución (ver Figura 36).

Tanto en los osmómetros de presión de vapor como de descenso crioscópico, el valor de la osmolaridad se obtiene en cuestión de minutos. En la mayoría de los laboratorios clínicos se utilizan los osmómetros de descenso crioscópico frente a los de presión de vapor, ya que presentan **mejor precisión** y una **respuesta lineal** para valores bajos de osmolaridad.

12. AUTOMATIZACIÓN

Los **analizadores automáticos o autoanalizadores** son máquinas diseñadas para medir sustancias químicas o caracterizar muestras biológicas con la menor participación posible del factor humano. Existen diferentes tipos de autoanalizadores:

- › **Analizadores selectivos.** En cada muestra se pueden seleccionar las pruebas que se hacen del repertorio total que es capaz de realizar el equipo.
- › **Analizadores discretos.** La muestra y el reactivo se aspiran por medio de agujas (la cantidad viene determinada por la programación de la técnica) y se depositan en una cubeta de reacción. Transcurrido un tiempo de incubación, se lleva a cabo la lectura. Por ejemplo: autoanalizadores de inmunoquímica o de bioquímica (Figura 45).

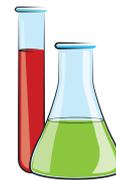


Figura 45. Fotografía de un autoanalizador de bioquímica.

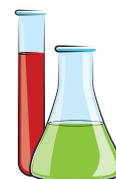


RECUERDA QUE

La osmolaridad de una disolución es la concentración efectiva de las partículas que causan la presión osmótica. Se expresa en osmoles por litro de disolvente.



La osmolaridad es la concentración de solutos que dan la presión osmótica.



La osmolaridad se puede determinar midiendo la presión osmótica a través de la presión hidrostática o las propiedades coligativas de una disolución.

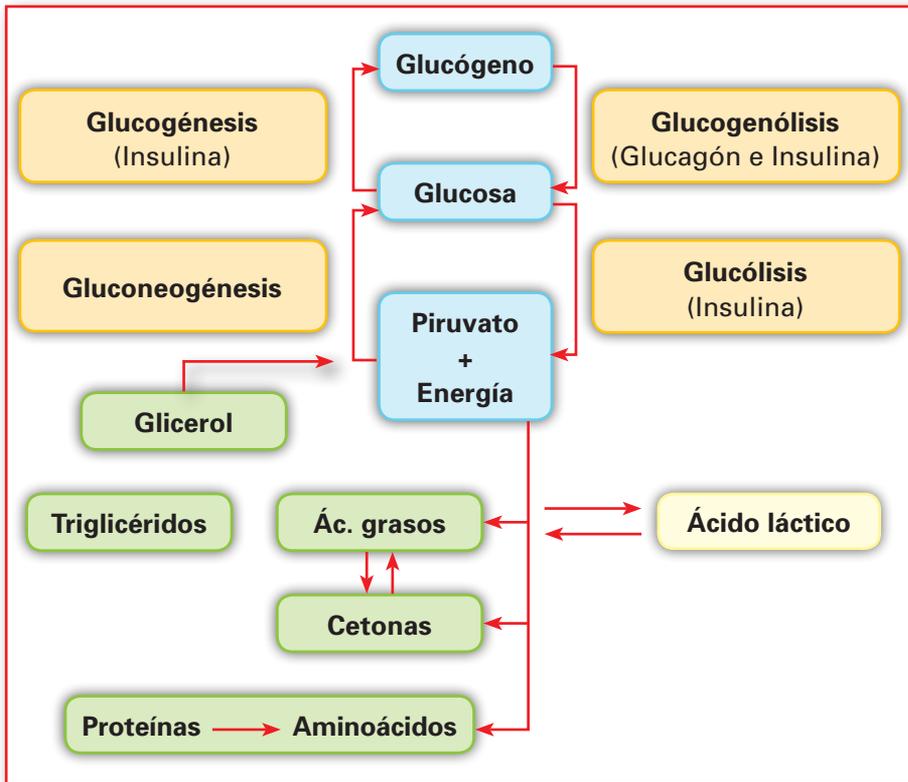


Figura 4. Metabolismo de los hidratos de carbono.

El metabolismo de los hidratos de carbono incluye:

Glucólisis: metabolización de la glucosa.

Glucogénesis: síntesis de glucógeno.

Glucogenólisis: metabolización del glucógeno.

Gluconeogénesis: síntesis de glucosa a partir de lípidos y proteínas.

1.3. Regulación hormonal

Diferentes hormonas están implicadas en la **regulación de los niveles de glucosa en sangre**: insulina, glucagón, hormona del crecimiento, adrenalina y cortisol (Figura 5).

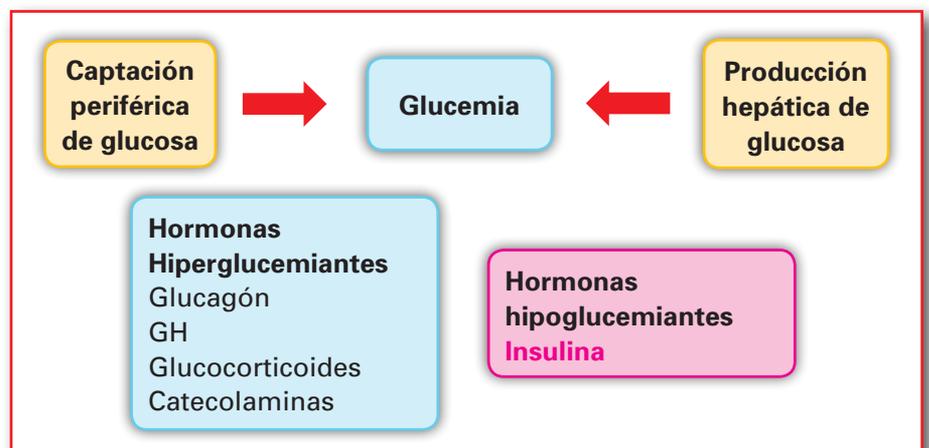
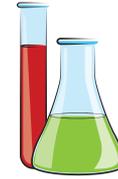


Figura 5. Regulación hormonal de la glucemia.



La hemoglobina glicosilada se utiliza para el diagnóstico y control de la diabetes; refleja los niveles de glucemia en los 2-3 meses previos al análisis.

Hb A1c

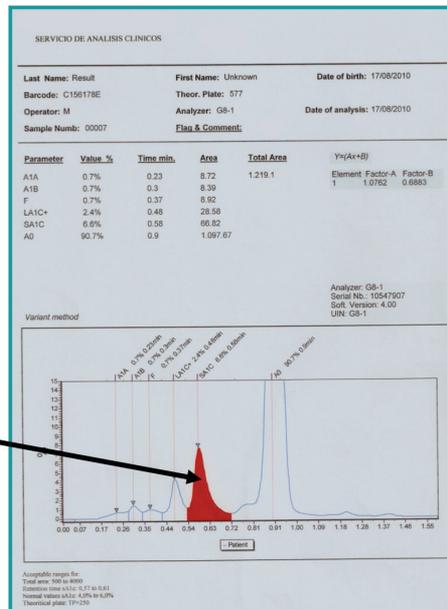


Figura 9. Sistema HPLC para HbA1c y cromatograma.

AMPLÍA TUS CONOCIMIENTOS

La **glicación de la hemoglobina** es un proceso no enzimático. Primeramente, se produce una base de Schiff entre el grupo aldehído de la glucosa y el grupo amino de la hemoglobina. Este proceso es **reversible** (Hb A1c lábil). Pasados unos días se produce el reordenamiento molecular de Amadori formando una cetoamina estable (Hb A1c estable), que es la utilizada para el control y seguimiento de la DM.

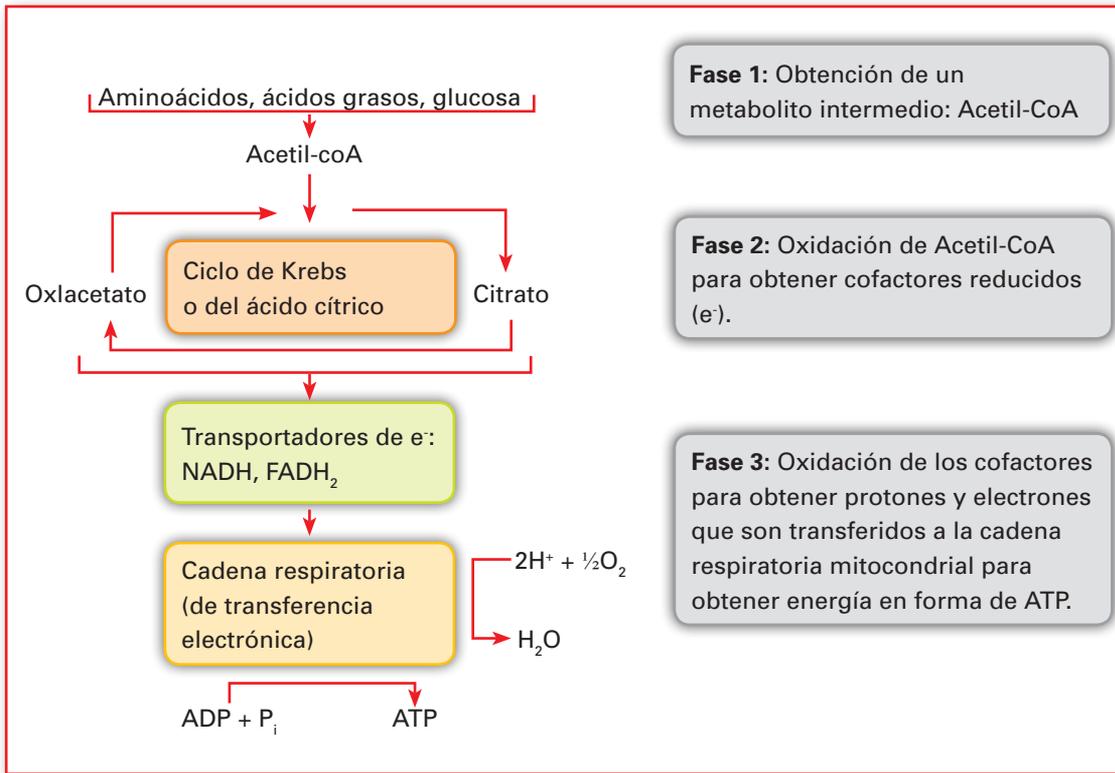


Figura 4. Esquema de respiración celular para la obtención de energía por la célula.

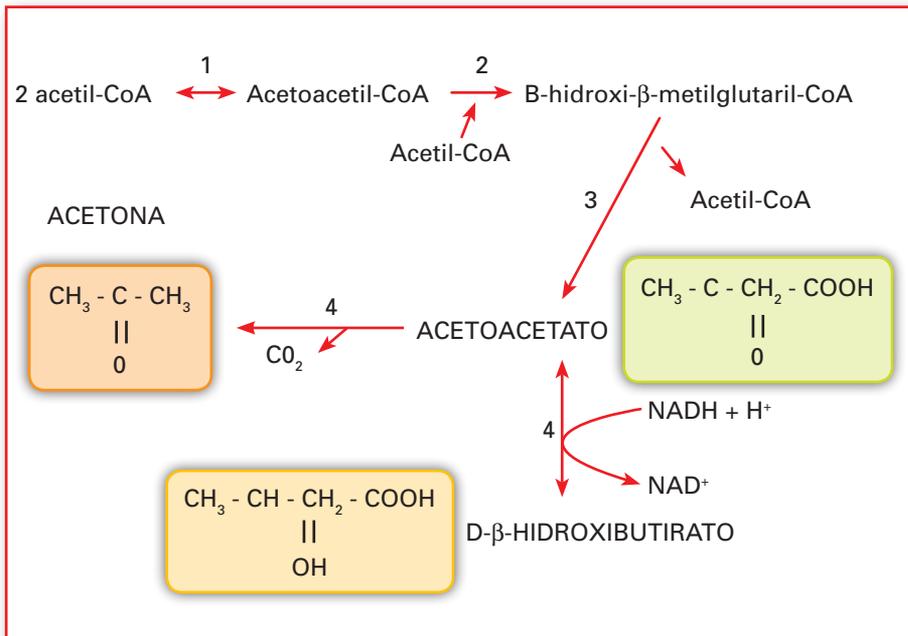
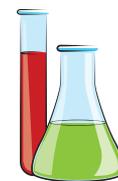


Figura 5. Síntesis de cuerpos cetónicos. Enzimas implicadas: 1. Tiolasa. 2. HMG-CoA sintasa. 3. HMG-CoA liasa. 4. Acetoacetato descarboxilasa. D- β -hidroxibutilirato deshidrogenasa. El ácido acetoacético y el β -hidroxibutilirato son utilizados como combustibles por los tejidos extrahepáticos, fundamentalmente corazón, músculo esquelético, riñón y cerebro. Del β -hidroxibutilirato captado por las células se obtienen dos moléculas de acetil-CoA que entran en el ciclo del ácido cítrico para obtener energía en forma de ATP.



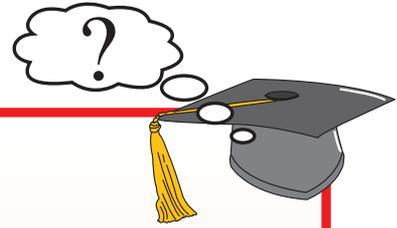
Los cuerpos cetónicos son sintetizados en las células hepáticas y utilizados como fuente de energía por tejidos extrahepáticos, fundamentalmente el corazón, el músculo esquelético, el riñón y el cerebro.

RESUMEN

- ✓ En este capítulo hemos aprendido el **metabolismo de las rutas** más importantes de las **proteínas**, **ácidos grasos** e **hidratos de carbono**. La medida de la concentración de sus metabolitos finales nos permite conocer los siguientes parámetros:
- ✓ La **función renal**, tanto por la determinación de la **concentración de la urea y de la creatinina** como por la medida de aclaramiento de estas y otras sustancias que nos dan idea del filtrado glomerular del individuo.
- ✓ El **estado metabólico** del individuo en la determinación de los **cuerpos cetónicos**, ya que su aumento nos indica una descompensación en la lipólisis, probablemente por una descompensación en el metabolismo de los hidratos de carbono (diabetes mellitus).
- ✓ El **estado hepatocelular** y de las estructuras cercanas por la determinación de la bilirrubina, así como el diagnóstico de ciertas anemias, entre otras patologías extrahepáticas.
- ✓ El **aporte de oxígeno** a los tejidos por medio de la concentración de **ácido láctico y pirúvico**; o ante una situación normal tisular, la presencia de trastornos sistémicos graves (infecciones, neoplasias), intoxicación por fármacos u otros, alteraciones congénitas del metabolismo.
- ✓ El **estado del catabolismo** de las purinas, que queda reflejado en la determinación del ácido úrico en sangre. La más representativa de las hiperuricemias es la **gota**.

G L O S A R I O

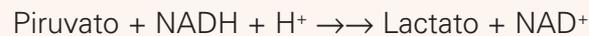
Acidosis láctica: disminución del pH sanguíneo (<7,35) que se produce cuando el aporte de oxígeno a los tejidos es insuficiente para cubrir las necesidades energéticas, aumentando la concentración de ácido láctico.



EJERCICIOS

- › E1. La enzima lactato deshidrogenasa es una oxidoreductasa de NAD⁺, que cataliza la oxidación reversible del L-lactato en piruvato utilizando NAD⁺ como aceptor de hidrógeno. Para la medición de la actividad catalítica de la enzima en suero se utiliza la siguiente reacción:

LD



- ¿Cómo se mediría la actividad enzimática en una muestra?
- Calcula la concentración catalítica de la enzima en U/L, teniendo en cuenta los siguientes datos:

Tiempo de reacción (s)	Absorbancia 340 nm	Δ Absorbancia
0	0,965	-
30	0,950	0,015
60	0,905	0,045
90	0,840	0,065
120	0,768	0,072
150	0,693	0,075
180	0,617	0,076
210	0,542	0,075
240	0,468	0,074
270	0,393	0,075

- Volumen de la reacción:
Muestra: 10 μl
Reactivo: 250 μl
- Longitud de la cubeta: 0,5 cm
- Coeficiente de absortividad molar del NADH = $6,22 \cdot 10^3 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$

- › E2. ¿Qué determinaciones enzimáticas es mejor realizarlas utilizando plasma y por qué?
- › E3. Ante un suero hemolizado, ¿qué pruebas rechazarías? ¿Y ante un suero lipémico?
- › E4. Una CK elevada en ausencia de otras enzimas cardíacas elevadas, ¿qué te sugiere? ¿Con qué determinación/es completarías el estudio?



EVALÚATE TÚ MISMO

1. La función de las enzimas consiste en:

- a) Actuar como catalizadores aumentando la velocidad de las reacciones bioquímicas.
- b) Participar en las reacciones bioquímicas transformándose en productos.
- c) Unirse a los sustratos de forma permanente para transformarse en productos.
- d) Actuar modificando el balance energético de las reacciones bioquímicas en las que intervienen.

2. ¿Cuál de las siguientes respuestas es falsa?:

- a) Las enzimas son proteínas.
- b) La actividad catalítica de las enzimas depende de su integridad estructural.
- c) La desnaturalización de la enzima produce un aumento de la actividad catalítica.
- d) Muchas enzimas requieren para su función la presencia de cofactores.

3. ¿De qué factores depende la velocidad de la reacción catalizada por una enzima?:

- a) Concentración de enzima y sustrato.
- b) pH y temperatura.
- c) Presencia de activadores e inhibidores.
- d) Todas las respuestas son correctas.

4. El estudio de las enzimas en el laboratorio se basa en:

- a) La medida de la actividad catalítica.
- b) La medida de la concentración de masa.
- c) En casos puntuales, la medida de la concentración de masa de la enzima.
- d) Las respuestas a y c son correctas.

5. La actividad enzimática se debe medir en:

- a) La fase de retardo.
- b) La fase lineal.
- c) La fase de agotamiento de sustrato.
- d) Todas las respuestas son correctas.

6. ¿Cuál de las siguientes enzimas no es hepática?:

- a) AST y ALT.
- b) 5' nucleotidasa.
- c) Amilasa.
- d) LDH.



SOLUCIONES
EVALÚATE TÚ MISMO



http://www.aranformacion.es/_soluciones/index.asp?ID=19