

## **37. Procedimientos de recuento. Pruebas bioquímicas de identificación. Sistemas comerciales de identificación.**

### **Introducción**

El análisis microbiológico es una disciplina fundamental en los laboratorios de microbiología clínica, alimentaria, farmacéutica y medioambiental. La cuantificación y caracterización de los microorganismos presentes en una muestra es esencial para garantizar la calidad y seguridad en productos de consumo, detectar patógenos en muestras clínicas y evaluar la eficiencia de procesos industriales y sanitarios. Para ello, los procedimientos de recuento microbiano permiten determinar la concentración de microorganismos en un sustrato determinado, mientras que las pruebas bioquímicas y los sistemas comerciales de identificación facilitan la clasificación y caracterización precisa de especies bacterianas y fúngicas.

Las técnicas de recuento, ya sean por métodos directos, como el recuento en placa, o indirectos, como la medición de turbidez en medios líquidos, constituyen la base para la evaluación microbiológica de cualquier muestra analizada en el laboratorio. Estas técnicas se complementan con pruebas bioquímicas, diseñadas para identificar las rutas metabólicas específicas de cada microorganismo mediante la detección de enzimas, productos de fermentación o capacidad de utilizar determinados sustratos. El desarrollo de sistemas comerciales de identificación ha supuesto un avance significativo en la microbiología diagnóstica, reduciendo el tiempo necesario para la identificación microbiana y aumentando la precisión de los resultados.

En este contexto, la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional refuerzan la importancia del desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su potencial de empleabilidad. La capacitación en técnicas de recuento, identificación bioquímica y uso de sistemas comerciales permite a los futuros profesionales desempeñarse con rigor en laboratorios de análisis microbiológico en diversos sectores industriales y sanitarios.

A lo largo del desarrollo del tema, se analizarán los procedimientos de recuento microbiano más utilizados, las principales pruebas bioquímicas para la identificación de microorganismos y los sistemas comerciales de identificación empleados en laboratorios modernos. Comprender estos procedimientos es clave para la obtención de resultados fiables y reproducibles en el análisis microbiológico aplicado.

### **Procedimientos de recuento**

El recuento de microorganismos en una muestra es una técnica fundamental en microbiología, utilizada para evaluar la carga microbiana en productos farmacéuticos, alimentos, agua,

© DocentesPro.com. Todos los derechos reservados. Material protegido por las leyes de propiedad intelectual. La reproducción, distribución, o venta no autorizada queda prohibida.

muestras clínicas y ambientales. La determinación cuantitativa de bacterias, hongos y levaduras permite no solo establecer estándares de calidad y seguridad, sino también evaluar la eficacia de tratamientos antimicrobianos y procesos de descontaminación.

Los métodos de recuento pueden clasificarse en dos grandes categorías: **métodos directos**, que permiten contar células individuales o colonias visibles en un medio de cultivo, y **métodos indirectos**, basados en la medición de parámetros asociados al crecimiento microbiano, como turbidez, consumo de nutrientes o producción de metabolitos. Cada uno de estos métodos tiene aplicaciones específicas y ventajas en función del tipo de muestra y los requerimientos del análisis.

## 1. Métodos directos de recuento

Los métodos directos permiten la determinación del número de microorganismos presentes en una muestra mediante la observación y conteo directo.

### 1.1. Recuento en placa

Es el método más utilizado en microbiología para cuantificar bacterias y hongos viables. Se basa en la siembra de una alícuota de la muestra en un medio sólido y la posterior incubación para permitir la formación de colonias. Se expresa en unidades formadoras de colonias por mililitro (*UFC/mL*) o por gramo (*UFC/g*). Existen dos variantes principales:

- **Método de extensión en superficie:** Se deposita un volumen determinado de la muestra sobre la superficie de un medio de agar y se distribuye con una espátula estéril. Es útil para evaluar la carga microbiana en muestras líquidas.
- **Método de vertido en placa:** Se mezcla la muestra con agar fundido y se vierte en una placa Petri. Se utiliza para microorganismos aerobios y anaerobios facultativos, ya que las colonias pueden desarrollarse tanto en la superficie como en el interior del medio.

Ambas técnicas requieren la realización de diluciones seriadas previas para asegurar un recuento adecuado de colonias y evitar que el crecimiento excesivo dificulte la cuantificación.

### 1.2. Recuento en cámara de Neubauer

Este método permite la cuantificación de células vivas y muertas mediante la observación microscópica de una muestra colocada en una cámara de recuento con un volumen conocido. Se emplea especialmente en análisis de levaduras y cultivos celulares.

- **Ventajas:** Rápido y económico, no requiere incubación.
- **Desventajas:** No diferencia entre células viables y no viables sin tinciones adicionales.

### 1.3. Filtración por membrana

Se utiliza para el análisis microbiológico de líquidos, especialmente en el control de calidad del agua y productos farmacéuticos. La muestra se filtra a través de una membrana con poros de

tamaño específico, reteniendo los microorganismos que luego se cultivan en un medio adecuado.

- **Aplicaciones:** Detección de bacterias en agua potable, análisis de contaminación en fármacos líquidos y bebidas.
- **Ventajas:** Permite analizar grandes volúmenes con alta sensibilidad.

## 2. Métodos indirectos de recuento

Los métodos indirectos no cuentan células individuales, sino que estiman la concentración microbiana a partir de parámetros físicos o bioquímicos relacionados con el crecimiento.

### 2.1. Método de turbidez (densidad óptica)

Basado en la medición de la absorbancia de una muestra en un espectrofotómetro. La turbidez generada por la proliferación microbiana en un medio líquido es proporcional a la concentración celular.

- **Unidad de medida:** Absorbancia a 600 nm (*OD600*).
- **Ventajas:** Rápido y no destructivo, permite el monitoreo del crecimiento en tiempo real.
- **Desventajas:** No distingue entre células viables y no viables.

### 2.2. Número más probable (NMP)

Método estadístico utilizado para estimar la concentración de microorganismos en muestras líquidas mediante la observación de crecimiento en diluciones seriadas. Se basa en la presencia/ausencia de crecimiento en tubos de cultivo inoculados con distintas diluciones.

- **Aplicaciones:** Control microbiológico de agua y alimentos.
- **Ventajas:** Sensible para muestras con baja carga microbiana.
- **Desventajas:** Menos preciso que el recuento en placa, requiere cálculos estadísticos.

### 2.3. Producción de ATP (bioluminiscencia)

Este método mide la cantidad de ATP en una muestra utilizando una reacción de bioluminiscencia enzimática. La luz emitida es proporcional a la cantidad de microorganismos presentes.

- **Aplicaciones:** Control rápido de higiene en la industria alimentaria y farmacéutica.
- **Ventajas:** Resultados en segundos, alta sensibilidad.
- **Desventajas:** No diferencia microorganismos vivos de residuos biológicos.

## 3. Selección del método de recuento según la aplicación

La elección del procedimiento de recuento depende del tipo de muestra, el objetivo del análisis y los recursos disponibles. La siguiente tabla resume las aplicaciones más comunes de cada método:

Método de recuento	Tipo de muestra	Aplicación principal
Recuento en placa	Alimentos, agua, muestras clínicas	Detección de patógenos y control de calidad
Cámara de Neubauer	Cultivos celulares, levaduras	Cuantificación rápida de células
Filtración por membrana	Agua, productos farmacéuticos	Detección de bacterias en líquidos estériles
Turbidez ( <i>OD600</i> )	Caldos de cultivo	Monitoreo de crecimiento bacteriano
Número más probable (NMP)	Agua, alimentos líquidos	Análisis de carga microbiana en líquidos
ATP-Bioluminiscencia	Superficies, líquidos	Control de limpieza e higiene

#### 4. Aplicaciones en el ámbito profesional y educativo

Los procedimientos de recuento son esenciales en laboratorios de microbiología aplicada, desempeñando un papel crucial en la seguridad alimentaria, la salud pública y la industria farmacéutica. En laboratorios clínicos, permiten la cuantificación de bacterias en orina, sangre y otros fluidos, facilitando el diagnóstico de infecciones. En el sector agroalimentario, ayudan a evaluar la calidad de productos y el cumplimiento de normativas sanitarias.

En el contexto educativo y formativo, la enseñanza de estos métodos en la Formación Profesional capacita al alumnado para su aplicación en entornos laborales reales. La práctica en técnicas de recuento permite el desarrollo de competencias en microbiología analítica, asegurando que los futuros profesionales puedan desempeñarse con precisión y rigurosidad en laboratorios de control de calidad, biotecnología y salud ambiental.

El conocimiento de los procedimientos de recuento proporciona la base para la siguiente fase del análisis microbiológico: la identificación de microorganismos mediante pruebas bioquímicas, aspecto que se abordará en el siguiente epígrafe.

### Pruebas bioquímicas de identificación

La identificación de microorganismos es un paso esencial en microbiología, ya que permite la clasificación y caracterización de bacterias, hongos y levaduras en diversos ámbitos como la

© DocentesPro.com. Todos los derechos reservados. Material protegido por las leyes de propiedad intelectual. La reproducción, distribución, o venta no autorizada queda prohibida.

salud pública, la industria alimentaria y la biotecnología. Las pruebas bioquímicas de identificación se basan en la detección de actividades enzimáticas, vías metabólicas y reacciones químicas específicas de cada microorganismo. Estas pruebas permiten distinguir entre especies bacterianas con características fenotípicas similares, contribuyendo al diagnóstico de infecciones, la detección de patógenos en alimentos y la monitorización de procesos industriales.

## 1. Principios de las pruebas bioquímicas

Las pruebas bioquímicas se fundamentan en la capacidad de los microorganismos para metabolizar diferentes compuestos y generar productos característicos. Estas reacciones pueden detectarse mediante cambios de color en medios diferenciales, formación de gases, producción de ácidos o alteraciones en el pH.

Los principales objetivos de las pruebas bioquímicas son:

- Diferenciar géneros y especies bacterianas mediante sus rutas metabólicas.
- Identificar la producción de enzimas específicas.
- Determinar la capacidad fermentativa de azúcares y otros sustratos.
- Detectar mecanismos de resistencia a antibióticos o tolerancia a ciertos compuestos.

Las pruebas bioquímicas pueden realizarse de forma individual o en combinación, facilitando la identificación completa de un microorganismo.

## 2. Clasificación de las pruebas bioquímicas

Las pruebas bioquímicas pueden dividirse en diferentes categorías en función del tipo de metabolismo evaluado.

### 2.1. Pruebas de metabolismo de carbohidratos

Los microorganismos pueden fermentar o utilizar azúcares como fuente de carbono y energía, generando productos característicos como ácidos, gases o alcoholes.

- **Prueba de fermentación de azúcares:** Se emplean caldos con un indicador de pH (como rojo de fenol) para detectar la producción de ácido tras la fermentación. Se utilizan para identificar bacterias fermentadoras de glucosa, lactosa, sacarosa y otros azúcares.
- **Prueba del rojo de metilo (MR):** Evalúa la producción de ácidos estables tras la fermentación de glucosa. Es útil para diferenciar *Escherichia coli* (positiva) de *Enterobacter aerogenes* (negativa).
- **Prueba de Voges-Proskauer (VP):** Detecta la producción de acetoino, un intermediario de la fermentación de glucosa, permitiendo la diferenciación entre enterobacterias.

- **Prueba de la oxidación-fermentación (OF) de Hugh y Leifson:** Determina si un microorganismo metaboliza carbohidratos en condiciones aerobias o anaerobias, diferenciando entre bacterias fermentativas y oxidativas.

## 2.2. Pruebas enzimáticas

Muchas bacterias producen enzimas específicas que degradan macromoléculas o modifican su entorno químico.

- **Prueba de la catalasa:** Detecta la producción de catalasa, una enzima que descompone el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. Se usa para diferenciar *Staphylococcus* (positivo) de *Streptococcus* (negativo).
- **Prueba de la oxidasa:** Determina la presencia de citocromo c oxidasa, implicada en la cadena de transporte de electrones. Es positiva en bacterias como *Pseudomonas* y negativa en enterobacterias.
- **Prueba de la ureasa:** Identifica bacterias capaces de hidrolizar la urea en amoníaco, como *Proteus spp.*, aumentando el pH del medio y cambiando el color del indicador.
- **Prueba de la gelatinasa:** Detecta la capacidad de algunas bacterias para degradar la gelatina mediante la producción de proteasas.

## 2.3. Pruebas de metabolismo de proteínas y aminoácidos

Los microorganismos pueden degradar aminoácidos para obtener energía o sintetizar metabolitos específicos.

- **Prueba del indol:** Determina la capacidad de una bacteria para degradar triptófano en indol, detectado con el reactivo de Kovacs. Es útil para identificar *E. coli*.
- **Prueba de la descarboxilación de aminoácidos:** Se emplea para evaluar la producción de enzimas descarboxilasas, que convierten aminoácidos en aminas, generando un cambio de pH en el medio.
- **Prueba de la desaminación de fenilalanina:** Detecta la producción de fenilpiruvato a partir de fenilalanina, utilizando reactivo de cloruro férrico.

## 2.4. Pruebas de metabolismo del nitrógeno y reducción de nitratos

Algunas bacterias utilizan nitratos como aceptores finales de electrones en condiciones anaerobias.

- **Prueba de reducción de nitratos:** Evalúa la capacidad de una bacteria para reducir nitratos a nitritos o nitrógeno gaseoso. Se usa en la identificación de enterobacterias y pseudomonas.

## 2.5. Pruebas de hidrólisis de lípidos y polisacáridos

Algunas bacterias secretan enzimas extracelulares que degradan lípidos y polisacáridos para obtener energía.

- **Prueba de la lipasa:** Detecta la producción de lipasas que hidrolizan grasas en ácidos grasos y glicerol, generando halos de transparencia en medios con aceite de oliva o tributirina.
- **Prueba de la amilasa:** Determina la capacidad de degradar almidón mediante la secreción de amilasas. Se revela con yodo, que tiñe de azul las áreas no hidrolizadas.

### 3. Aplicaciones y combinación de pruebas bioquímicas

Las pruebas bioquímicas no se emplean de forma aislada, sino en combinación para obtener un perfil metabólico completo del microorganismo. La interpretación de los resultados sigue esquemas establecidos para la identificación bacteriana, como el esquema de Bergey para la clasificación de bacterias.

En el ámbito clínico, las pruebas bioquímicas son fundamentales en el diagnóstico de infecciones bacterianas y micóticas, permitiendo la identificación de patógenos responsables de enfermedades. En la industria alimentaria, se aplican para detectar microorganismos indicadores de contaminación, como *Salmonella* y *Listeria*. En la biotecnología, se utilizan para caracterizar cepas de interés industrial en la producción de enzimas, antibióticos y otros compuestos bioactivos.

### 4. Importancia en la formación y el sector profesional

El dominio de las pruebas bioquímicas es una competencia esencial para los profesionales de laboratorio, ya que permite la identificación precisa de microorganismos en entornos clínicos, industriales y ambientales. En la Formación Profesional, la enseñanza de estas técnicas prepara a los estudiantes para su aplicación en laboratorios de microbiología, control de calidad y biotecnología.

Además, la integración de pruebas bioquímicas con métodos más avanzados ha dado lugar a sistemas comerciales de identificación rápida, los cuales optimizan los tiempos de diagnóstico y mejoran la precisión en la identificación de microorganismos. Este aspecto será desarrollado en el siguiente epígrafe.

## Sistemas comerciales de identificación

La evolución de la microbiología aplicada ha dado lugar al desarrollo de sistemas comerciales de identificación, los cuales permiten la detección y clasificación de microorganismos de manera más rápida y precisa en comparación con las pruebas bioquímicas tradicionales. Estos sistemas han revolucionado el diagnóstico microbiológico, reduciendo los tiempos de análisis y mejorando la reproducibilidad de los resultados. Su aplicación es clave en microbiología clínica, en la industria alimentaria y farmacéutica, así como en el control de calidad ambiental.

Estos sistemas están diseñados para facilitar la identificación automatizada de microorganismos mediante la integración de pruebas bioquímicas, espectrometría de masas y

análisis genéticos. Dependiendo del tipo de tecnología empleada, pueden basarse en perfiles metabólicos, reconocimiento de proteínas o secuenciación del ADN.

## 1. Clasificación de los sistemas comerciales de identificación

Los sistemas comerciales pueden clasificarse en función de la tecnología utilizada para la identificación de los microorganismos.

### 1.1. Sistemas basados en pruebas bioquímicas automatizadas

Estos sistemas utilizan baterías de pruebas bioquímicas miniaturizadas y automatizadas, comparando los resultados obtenidos con bases de datos preestablecidas.

- **Sistemas API (Analytical Profile Index):**
  - Consta de galerías con microtubos que contienen sustratos específicos para evaluar la actividad bioquímica del microorganismo.
  - Se incuba la muestra y se interpretan los resultados mediante cambios de color.
  - Aplicado en la identificación de bacterias grampositivas, gramnegativas y levaduras.
- **Sistema VITEK:**
  - Utiliza tarjetas con múltiples pruebas bioquímicas en un lector automatizado.
  - Permite identificar microorganismos en menos de 12 horas.
  - Aplicado en laboratorios clínicos y de control de calidad industrial.
- **Sistema BBL Crystal:**
  - Similar a API, pero en un formato de tarjetas con pocillos sellados.
  - Se emplea en la identificación de enterobacterias y otras bacterias de interés clínico.

### 1.2. Sistemas basados en espectrometría de masas

Estos sistemas permiten la identificación rápida de microorganismos mediante el análisis de su perfil proteico utilizando espectrometría de masas MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-of-Flight).

- **MALDI-TOF MS:**
  - Identifica microorganismos en minutos mediante la comparación de sus espectros de masas con bases de datos de referencia.
  - Requiere una mínima preparación de la muestra, reduciendo los tiempos de diagnóstico.
  - Ampliamente utilizado en laboratorios clínicos y microbiología ambiental.

### 1.3. Sistemas basados en análisis molecular

Los avances en biología molecular han permitido el desarrollo de técnicas de identificación basadas en el ADN, las cuales ofrecen alta especificidad y sensibilidad en la detección de microorganismos.

© DocentesPro.com. Todos los derechos reservados. Material protegido por las leyes de propiedad intelectual. La reproducción, distribución, o venta no autorizada queda prohibida.

- **PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa):**
  - Permite la amplificación de fragmentos específicos del ADN microbiano.
  - Se utiliza en la detección de patógenos sin necesidad de cultivo previo.
  - Aplicaciones en diagnóstico clínico y control de calidad en alimentos.
- **Secuenciación del ADN 16S rRNA:**
  - Técnica utilizada para la identificación de bacterias mediante el análisis del gen 16S ribosomal.
  - Es útil para la clasificación filogenética y la identificación de especies difíciles de cultivar.
- **Microarrays de ADN:**
  - Detectan simultáneamente múltiples microorganismos mediante la hibridación de secuencias específicas de ADN.
  - Aplicados en estudios epidemiológicos y análisis de resistencias antimicrobianas.

## 2. Ventajas e inconvenientes de los sistemas comerciales de identificación

Sistema	Ventajas	Desventajas
API	Económico, fácil de usar, resultados en pocas horas	Menor precisión en comparación con sistemas más avanzados
VITEK	Automatización, rapidez, integración con bases de datos	Costo elevado, requiere mantenimiento especializado
MALDI-TOF	Identificación en minutos, alta precisión, sin necesidad de cultivo previo	Requiere equipos especializados y bases de datos extensas
PCR	Alta sensibilidad, detección de patógenos sin cultivo	Costo elevado, posibilidad de contaminación cruzada
Secuenciación 16S rRNA	Precisión en identificación de bacterias poco comunes	Requiere equipos avanzados y análisis bioinformático

## 3. Aplicaciones de los sistemas comerciales en el sector profesional

Los sistemas comerciales de identificación han transformado el trabajo en laboratorios clínicos, industriales y ambientales al mejorar la rapidez y fiabilidad en la identificación microbiana. En microbiología clínica, han reducido los tiempos de diagnóstico de infecciones bacterianas y micóticas, permitiendo una administración más rápida y efectiva de tratamientos antibióticos. En la industria alimentaria, aseguran la detección de patógenos en productos de consumo, contribuyendo a la seguridad sanitaria. En la biotecnología y la investigación, facilitan el estudio de la biodiversidad microbiana y la caracterización de nuevas especies.

## 4. Impacto en la formación profesional y perspectivas futuras

El conocimiento y manejo de los sistemas comerciales de identificación es una competencia clave para los profesionales del laboratorio, ya que el sector demanda cada vez más el uso de técnicas automatizadas y de alta precisión. En la Formación Profesional, la enseñanza de estas metodologías prepara a los estudiantes para su aplicación en entornos laborales reales, promoviendo el uso de tecnologías avanzadas y favoreciendo su integración en el mercado de trabajo.

A medida que la microbiología sigue evolucionando, se espera que los sistemas comerciales de identificación incorporen nuevas tecnologías basadas en inteligencia artificial y automatización avanzada, optimizando aún más los tiempos de análisis y la precisión en la identificación microbiana. La comprensión de estas técnicas es esencial para garantizar resultados fiables y reproducibles en el laboratorio, aspecto fundamental en el análisis microbiológico aplicado.

## Conclusión

El recuento e identificación de microorganismos son procesos esenciales en microbiología aplicada, con implicaciones directas en la salud pública, la seguridad alimentaria, la industria farmacéutica y la investigación científica. A lo largo del tema, se han abordado los principales procedimientos de recuento, las pruebas bioquímicas de identificación y los sistemas comerciales avanzados que han revolucionado el diagnóstico microbiológico.

Los procedimientos de recuento permiten cuantificar la carga microbiana en distintos tipos de muestras, proporcionando información clave para la evaluación de productos y el monitoreo de calidad. La selección del método adecuado depende del tipo de microorganismo, la muestra analizada y los objetivos del estudio. Por otro lado, las pruebas bioquímicas de identificación han sido la base tradicional para la clasificación de bacterias y hongos, permitiendo detectar rutas metabólicas específicas mediante la utilización de sustratos y la producción de metabolitos característicos.

El avance de la tecnología ha impulsado el desarrollo de sistemas comerciales de identificación, los cuales optimizan el tiempo y la precisión en la clasificación de microorganismos. Métodos automatizados como API y VITEK, la espectrometría de masas MALDI-TOF y las técnicas moleculares como la PCR han reducido significativamente los tiempos de análisis, facilitando la toma de decisiones en entornos clínicos e industriales. Estos avances han permitido mejorar la seguridad en la producción de alimentos, garantizar la calidad en la industria farmacéutica y optimizar el diagnóstico de enfermedades infecciosas en laboratorios hospitalarios.

Desde la perspectiva de la Formación Profesional, el conocimiento de estos métodos y sistemas de identificación es fundamental para la capacitación de futuros profesionales del laboratorio. La formación en estas técnicas no solo mejora la empleabilidad del alumnado, sino

que también fomenta el rigor analítico, el manejo adecuado de equipos de última generación y el cumplimiento de normativas de calidad y bioseguridad.

En un mundo donde la microbiología sigue desempeñando un papel crucial en el desarrollo científico y tecnológico, el dominio de los procedimientos de recuento e identificación microbiana es una competencia indispensable en múltiples sectores. La integración de metodologías tradicionales con herramientas avanzadas permitirá seguir mejorando la eficiencia en el control microbiológico, optimizando la detección y caracterización de microorganismos para garantizar la seguridad y calidad en distintos ámbitos profesionales.

## Bibliografía

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020.

Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2015). *Ciencia e ingeniería de materiales* (2.<sup>a</sup> ed., trad. Varios Autores). Editorial Reverté. ISBN 9788429172515

Cardenas Landeo, E. (2015). *Manual de formulación magistral: Elaborar medicamentos personalizados*

De Posada Vela, J. L., Montero Galán, B., & Navas Reyes, C. D. (2023). *Ensayos de materiales*. Editorial Síntesis. ISBN 9788413572543

García Gamiz, M. L., & Molinero Leyva, M. J. (2014). *Formulación magistral*. Editorial Paraninfo. ISBN 9788497324533

Fernández González, M. (2004). *Operaciones de laboratorio en Química* (Base Universitaria). Anaya Educación. ISBN 9788466736350

Masip Tarragó, J. (2020). *Almacenamiento y distribución en el laboratorio* [eBook]. Editorial Síntesis. ISBN 9788491719847

Posada Ayala, M. (2022). *Operaciones básicas de laboratorio* (Ed. 2022). Editorial Paraninfo.

