



BIOTECNOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE ANTIBIÓTICOS

Los antibióticos, un hito de la biotecnología

La mayoría de las personas conoce acerca de la existencia de antibióticos, y su empleo es un hecho frecuente en el mundo entero hace varios años. La biotecnología, por su parte, se considera un desarrollo reciente. Sin embargo, la biotecnología se encuentra presente en la vida cotidiana más de lo que la gente se imagina, hace muchos años. Por ejemplo, pocos conocen la relación que existe entre los antibióticos y la biotecnología. De hecho, la producción de antibióticos que se inició a mediados del siglo XX, se considera la primera aplicación de la biotecnología a la vida cotidiana de las personas.

Para comprender mejor esta afirmación, se debe recordar a qué se llama biotecnología y definir qué es un antibiótico.

La biotecnología se define tradicionalmente como “el empleo de organismos vivos para la obtención de un bien o servicio útil para el hombre”. Actualmente, la biotecnología moderna emplea técnicas de ingeniería genética, e incluye la producción de proteínas recombinantes, el mejoramiento de cultivos vegetales y del ganado, el empleo de organismos para limpiar el medio ambiente, y otras aplicaciones industriales”.

Los antibióticos pueden definirse como moléculas con actividad antimicrobiana y, originalmente, eran el producto del metabolismo de hongos y bacterias.

De lo anterior se desprende que los antibióticos para uso humano que se obtienen a partir de los microorganismos son productos biotecnológicos, y se consideran la primera aplicación de la biotecnología a la industria farmacéutica.

¿Qué son los antibióticos?

Como ya se adelantó, los antibióticos en un principio involucraban productos del metabolismo de hongos y bacterias, capaces de inhibir en pequeñas dosis los procesos vitales de ciertos microorganismos, destruyendo o impidiendo su desarrollo y reproducción.

Los antibióticos naturales son productos del metabolismo secundario de ciertos microorganismos provenientes del suelo, como los hongos del género *Penicillium* o las bacterias del género *Streptomyces*. El metabolismo secundario comienza cuando el microorganismo detiene su crecimiento por alguna razón (por ejemplo, por agotamiento de nutrientes), y los intermediarios metabólicos o productos finales comienzan a acumularse dentro de la célula. Estos intermediarios y productos finales pueden resultar tóxicos, y por eso la célula los convierte en productos menos tóxicos, como los antibióticos.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



La producción y secreción de las sustancias antibióticas no afectan al microorganismo productor, y le ofrecen una ventaja desde el punto de vista de la supervivencia ya que le permiten colonizar ambientes con más eficacia que sus competidores.

Antibióticos sintéticos y semi-sintéticos

En la actualidad no sólo se fabrican antibióticos naturales, es decir, a partir del cultivo a gran escala de microorganismos, sino que también hay antibióticos sintéticos y semi-sintéticos. Los antibióticos sintéticos se producen en el laboratorio a través de procesos de síntesis química, como es el caso de las sulfamidas. Otros antibióticos se obtienen a partir de cultivos microbianos y luego se modifican químicamente. Éstos últimos son los antibióticos semi-sintéticos, como por ejemplo, la ampicilina, derivada de la penicilina.

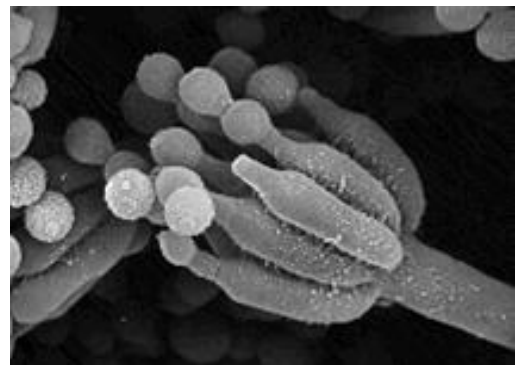
¿Qué tipo de antibióticos existen?

Los antibióticos pueden clasificarse tomando en cuenta diferentes criterios:

- Según su mecanismo de acción, algunos antibióticos impiden la síntesis de la pared celular de los microorganismos, otros alteran la membrana plasmática, y la mayor parte de ellos inhiben la síntesis de ácidos nucleicos o proteínas.
- Según la estructura química se diferencian las penicilinas, cefalosporinas, aminoglucósidos, tetraciclinas, sulfamidas u otros.
- Según su espectro de acción, es posible dividirlos en agentes de amplio espectro, que actúan frente a multitud de bacterias, y agentes de espectro restringido que solo actúan frente a algunos tipos de bacterias.

Alexander Fleming y el descubrimiento de la penicilina

La penicilina es el antibiótico que revolucionó el tratamiento de las infecciones bacterianas, como la neumonía, sífilis, tuberculosis y gangrena, y dio origen a la industria farmacéutica. El descubrimiento de la penicilina fue un hecho casual, que se debe al trabajo de Alexander Fleming, bacteriólogo del Hospital St. Mary de Londres, quien estaba interesado en el desarrollo de métodos de profilaxis y asepsia. Mientras se encontraba trabajando con bacterias del tipo estafilococos observó que una de las placas de cultivo había sido contaminada por un hongo. Decepcionado, pero sorprendido, Fleming observó que alrededor del hongo se formaba un enorme halo sin bacterias. Era evidente que el hongo (que luego se supo era de la especie *Penicillium notatum*) producía “algo” capaz de matar a las bacterias. Fleming llamó a este principio activo “penicilina notatum”. El 1929



"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



publicó sus experimentos, aunque no despertó el interés de la comunidad científica.

En 1938 fueron los ingleses Howard Walter Florey y Ernst Boris Chain quienes retomaron las investigaciones de Fleming, aislaron la penicilina y realizaron los experimentos claves en ratones. Los ensayos clínicos se iniciaron en 1941, y en 1943 comenzó la producción comercial en Estados Unidos. Fleming compartió en 1945 el Premio Nobel de Fisiología y Medicina con Florey y Chain por sus contribuciones al desarrollo de la penicilina.



Fabricación industrial de la penicilina

El hongo utilizado industrialmente para la producción de penicilina es *Penicillium chrysogenum*. El primer sistema de producción de penicilina fue el conocido como “método de superficie”, donde el hongo crecía en la superficie de una capa de medio de cultivo en bandejas. Pero después de 1944, el desarrollo del método de “fermentación sumergida” permitió disminuir los requerimientos de espacio y, consecuentemente, los costos de producción.

Los fermentadores para la producción de penicilina alcanzan los 20.000 a 115.000 litros de capacidad. El medio de cultivo para la fermentación se compone básicamente de un caldo de maíz, con el agregado de lactosa y compuestos inorgánicos. Después de ajustar el pH (4,5-5,0), el medio de cultivo se pasa al fermentador equipado con un agitador vertical y con un sistema de inyección de aire estéril y serpentinas para mantener la temperatura entre 23 y 25 °C. El hongo se introduce estérilmente y se inicia la fermentación, durante la cual el aire estéril permite el crecimiento del hongo y la agitación facilita su distribución en el fermentador. Después de unas 50 a 90 horas la tasa de crecimiento del hongo disminuye, el fermentador se enfría a 5 °C para prevenir la desestabilización del antibiótico y el hongo se separa por filtración.

La penicilina se extrae posteriormente empleando solventes, se concentra, se esteriliza por filtración y luego el producto se cristaliza y se envasa.

En búsqueda de nuevos antibióticos

La búsqueda de nuevos antibióticos es probablemente más urgente en la actualidad que en los tiempos de Fleming, ya que muchos antibióticos que fueron alguna vez altamente efectivos han perdido utilidad frente a los organismos patógenos. Este hecho es el resultado de un proceso por el cual los microorganismos desarrollan resistencia frente a antibióticos que en el pasado les resultaban letales.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Si bien los antibióticos son compuestos químicos producidos naturalmente por los microorganismos, y la adquisición de resistencia a los antibióticos también es un proceso natural en los seres vivos, se considera que el hombre ha influido en este acontecimiento evolutivo. Se cree que el uso indiscriminado de antibióticos por parte del hombre, ha acelerado el proceso de selección natural por el cual las bacterias más resistentes se han visto beneficiadas frente a las más sensibles. Estas cepas resistentes sobreviven a la presencia del antibiótico y pueden propagarse exitosamente.

Concientes del riesgo que significa que los antibióticos sean inocuos para los microorganismos patógenos, diferentes centros de investigación o compañías farmacéuticas en todo el mundo realizan extensas búsquedas de microorganismos o de nuevas moléculas antibióticas con diferentes mecanismos de acción.

Además, la industria farmacéutica está interesada en encontrar antibióticos más baratos y más seguros para la salud humana, ya que algunos de los existentes, aunque efectivos, presentan efectos colaterales indeseables. Los nuevos antibióticos generalmente se obtienen por modificación química de los que ya se usan, para otorgarles nuevas propiedades.

Sin embargo, el mayor desafío es encontrar antibióticos completamente nuevos. Para eso, se realiza un arduo y sistemático trabajo de búsqueda o rastreo, llamado "screening", que se podría resumir en los siguientes pasos:

- 1) Se obtiene la mezcla de microorganismos que hay en diferentes muestras de tierra o de agua.
- 2) Se analiza la capacidad que tiene cada muestra de producir algún tipo de antibiótico a través de antibiogramas u otros tipo de ensayos.
- 3) Si el resultado es positivo, se aíslan los diferentes componentes de la muestra, se los cultiva por separado y se analiza su efecto antibacteriano, con el objetivo de individualizar al microorganismo productor de antibióticos.
- 4) Se estudia de qué tipo de antibiótico se trata para comprobar que no sea uno ya conocido.
- 5) Se estudia de qué bacteria u hongo se trata para ver cómo puede crecer en cultivo.
- 6) Se ensaya la producción del antibiótico haciendo crecer al microorganismo en pequeños fermentadores, para pasar luego a más grandes.
- 7) Se estudia detalladamente al antibiótico, desde su estructura química y modo de acción hasta su eficacia, toxicidad y efectos colaterales en animales y humanos.

Mejoramiento de los antibióticos

Los productos del metabolismo secundario, como los antibióticos, suelen generarse en concentraciones muy bajas. Es por eso que una vez elegidas las bacterias productoras, se busca la manera de mejorarlas en el laboratorio para transformarlas en "superproductoras".

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Una de las técnicas empleadas para lograrlo es la mutagénesis, que introduce cambios azarosos en el ADN que pueden favorecer o acelerar la síntesis del antibiótico. Otra alternativa es, una vez conocidas las enzimas que participan en la síntesis del antibiótico, dirigir la mutación a los genes que codifican para estas enzimas para que trabajen más y fabriquen más producto.

Otra técnica que se puede emplear es la ingeniería genética para aumentar el número de copias de los genes que codifican para las enzimas que intervienen en la producción del antibiótico. De esta forma se fabricará, a partir de una misma célula, más cantidad del producto final.

Finalmente, la ingeniería genética permite también transferir los genes de las enzimas mencionadas a organismos más fáciles de crecer y manipular, como *Escherichia coli*, para que éstos produzcan el antibiótico deseado.

ACTIVIDADES

OBJETIVOS:

- Rever los conceptos introducidos en la sección teórica.
- Relacionar el texto con temas vinculados a la inmunología, la prevención y el tratamiento de enfermedades.
- Introducir conceptos vinculados con las actividades humanas y su influencia sobre la evolución de las especies.
- Conocer la utilidad de la ingeniería genética para el desarrollo de productos útiles para la salud de la especie humana.

DESTINATARIOS:

El tema abordado en este cuaderno se aplica preferentemente a los alumnos de EGB 3 y de Polimodal y es posible incluirlo al estudiar temas vinculados con el sistema inmunológico, la prevención y el tratamiento de enfermedades, así como la relación de los microorganismos con la salud.

Otro aspecto que es posible relacionar con el tema de este Cuaderno, particularmente en el nivel Polimodal, es la relación entre el uso de antibióticos y el proceso de selección natural y la evolución de las especies.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



El tema de la producción de antibióticos permite plantear en el aula diversas cuestiones interesantes:

- Tal como plantea el texto en su comienzo, es interesante resaltar que la producción de antibióticos es un proceso biotecnológico, por el hecho de involucrar la acción de microorganismos en la obtención de un producto industrial para aplicación humana.
- Se sugiere aprovechar este tema para trabajar con los alumnos la concepción generalizada y equivocada que existe acerca de la función de los microorganismos. Habitualmente, se asocia a los microorganismos con las enfermedades. Sin embargo, es importante resaltar las funciones beneficiosas que desempeñan los microorganismos, y el aprovechamiento que el hombre hace de ellas. Por ejemplo, como descomponedores en el ecosistema, como productores de sustancias bactericidas, y su utilización en la industria alimenticia y farmacéutica, entre otras.
- Otro aspecto para trabajar se relaciona con el empleo de los antibióticos y el proceso de evolución. La adquisición de resistencia a los antibióticos es un ejemplo muy útil para interpretar el proceso de selección natural y diferenciarlo de la selección artificial. En el caso particular de los antibióticos se sugiere interpretar, a partir de las actividades, la influencia que el hombre ejerce como factor externo y que lleva a la selección natural de las cepas de bacterias resistentes a los antibióticos.
- Es posible plantear con los alumnos la discusión acerca de la influencia del hombre en el proceso natural de evolución de las especies como un argumento que en ocasiones se incluye en la controversia acerca de los productos biotecnológicos y, en particular, de los transgénicos. Este argumento se basa en considerar que el hombre, a partir de la obtención de organismos con nuevos caracteres, ejerce una influencia a favor de unas especies sobre otras, alterando el curso natural de la evolución. Se sugiere plantear el debate en clase para reunir las ideas que existen entre los alumnos, cuáles son los argumentos a favor y en contra de los cambios que se introducen a través de la biotecnología.

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1. Comprensión de los conceptos

Nota para el docente: las siguientes preguntas pueden guiar una discusión o evaluación de la comprensión del tema.

1. Explicar por qué la producción de antibióticos se considera un proceso biotecnológico.
2. ¿Qué son los antibióticos?
3. ¿Qué diferencia se puede establecer entre los antibióticos naturales, los semi-sintéticos y los sintéticos?

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



4. ¿Por qué la producción de antibióticos le pueden ofrecer al microorganismo productor una ventaja adaptativa frente a sus competidores? ¿Cuáles serían esos “competidores”?
5. Relatar cuál fue el hecho que llevó al descubrimiento del primer antibiótico, y cuál fue la importancia de este hecho científico.
6. Realizar un esquema (con cuadros y flechas) que resuma el método de producción industrial de la penicilina.
7. ¿Por qué es importante en la actualidad encontrar nuevos antibióticos?
8. ¿Cuál sería la influencia del hombre en el proceso de adquisición de resistencia a los antibióticos?
9. ¿Por qué la adquisición de resistencia a los antibióticos por las bacterias representa un riesgo para la salud humana?
10. Realizar un esquema (con cuadros y flechas) que resuma el proceso por el cual se buscan nuevos antibióticos en la naturaleza.
11. ¿Cuáles son las técnicas que se pueden emplear para mejorar los antibióticos que se producen naturalmente? ¿Por qué es recomendable el mejoramiento?

ACTIVIDAD 2. Experiencia: Cultivo de bacterias y el efecto de antibióticos

Las bacterias no pueden verse a simple vista. Sin embargo, es posible observar sus colonias, que son agrupaciones de bacterias que se originan a partir de la multiplicación de una bacteria original.

Objetivo:

El objetivo de esta experiencia es comprobar la presencia de bacterias en el ambiente, procedentes de diferentes fuentes.

Nota para el docente: esta actividad puede adaptarse a alumnos de EGB 2 y 3, y de Polimodal. Para su realización e interpretación se requiere que los alumnos tengan algunos conocimientos previos acerca de qué son los microorganismos, y que adquieran cierta práctica en el manejo del material de laboratorio. Debido a que esta experiencia incluye el trabajo con cultivo de microorganismos, y depende de las condiciones de trabajo (del laboratorio y ambientales) puede ocurrir que en algunos casos los resultados no sean óptimos. Por esto, se sugiere a los docentes realizar previamente la experiencia para ajustar algunas variables de manera que los resultados sean claros y visibles.

Materiales:

- 6 placas de Petri u otros recipientes poco profundos con tapa;
- agar o gelatina sin sabor;
- leche o yogur,
- una varilla metálica o hisopos esterilizados;

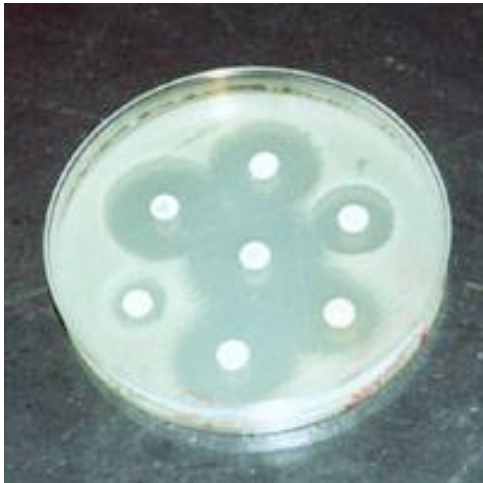
"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- un trozo de papa u otro vegetal cocido (dejar varios días en un recipiente con agua).

Procedimiento:

1. preparar la gelatina con agua hirviendo como indica el envase (se le puede agregar caldo en polvo).
2. Cuando está aún caliente volcar una capa delgada sobre cada recipiente y cerrarlo inmediatamente.
3. Colocar los recipientes boca abajo (para evitar que las gotas condensadas caigan sobre el medio de cultivo) y dejar enfriar.
4. Una vez que el medio de cultivo se enfrió proceder de la siguiente forma:
Placa 1: no abrir; dejarla cerrada durante toda la experiencia.
Placa 2: dejarla abierta durante toda la experiencia.
Placa 3: toser dentro y cerrar inmediatamente.
Placa 4: distribuir suavemente sobre el agar una pequeña gota de leche o yogur con un hisopo o la varilla metálica (esterilizada en alcohol o fuego). Cerrar inmediatamente.
Placa 5: tomar una pequeña gota de agua en la que se dejó pudrir la papa y pasarla suavemente sobre el agar (como en el frasco 4). Cerrar inmediatamente.
Placa 6: hacer lo mismo que en la placa 5.
5. Dejar las placas a temperatura ambiente, durante 7 días.
6. A los 4 días, abrir la placa 6, con mucho cuidado, y colocar sobre el agar discos embebidos en diferentes antibióticos (que proveerá el docente). Anotar diariamente los cambios que se observan.



La fotografía muestra un antibiograma en el cual se colocan discos embebidos con diferentes antibióticos. El halo alrededor del antibiótico indica que las bacterias presentes en esas áreas fueron eliminadas por acción del antibiótico. Cuanto mayor sea el halo alrededor del disco se supone que mayor es el efecto del antibiótico sobre el tipo de bacterias del cultivo.

Preguntas para analizar la experiencia:

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



- a. ¿Cuál es el objetivo del frasco 1? (Nota para el docente: esta placa es el testigo o control con el cual comparar el resto de las placas. Se supone que si se trabaja en las condiciones adecuadas, en esta placa no deberían desarrollarse colonias de microorganismos).
- b. ¿De dónde provienen los microbios que crecen sobre la placa 2?
- c. ¿De dónde provienen los microbios que aparecen sobre la placa 3?
- d. ¿Se notan diferencias entre las colonias provenientes de diferentes orígenes? ¿Cuáles son esas diferencias? (Nota para el docente: es posible encontrar diferencias en el color, tamaño, y forma de las colonias.)
- e. ¿Podrían ser patógenas las bacterias que crecen en la placa 4? ¿Por qué?
- f. ¿Cuál será el origen de los diferentes antibióticos empleados?
- g. ¿Por qué se prueban diferentes tipos de antibióticos?
- h. ¿Cómo se podría determinar cuál de los antibióticos examinados es el más efectivo?
- i. ¿Cómo se podría mejorar la producción del antibiótico que resulta más efectivo?
- j. Suponiendo que se encuentra en el cultivo un tipo de bacteria resistente a los diferentes antibióticos conocidos. ¿Qué se debería hacer para lograr eliminar a este tipo de bacterias?

ACTIVIDAD 3. La evolución de las bacterias

Existen organismos, como las bacterias y muchos tipos de insectos que tienen un ciclo de vida corto, y su tiempo de reproducción es veloz. Esto determina que la transmisión de las nuevas características de una generación a la siguiente se realice a corto plazo. Este tipo de organismos constituyen un buen modelo para el estudio del proceso de evolución, debido a que los cambios de una generación a la siguiente se ponen de manifiesto en poco tiempo.

En la siguiente actividad se presenta un caso de evolución a corto plazo en una población de bacterias como consecuencia de su exposición a los efectos de los antibióticos, destinados a eliminarlos y proteger la salud humana.

El gráfico 1 representa la curva de crecimiento normal para una población de bacterias cultivada en el laboratorio en condiciones óptimas de temperatura, con una provisión abundante de nutrientes y suficiente espacio para el crecimiento de la población.

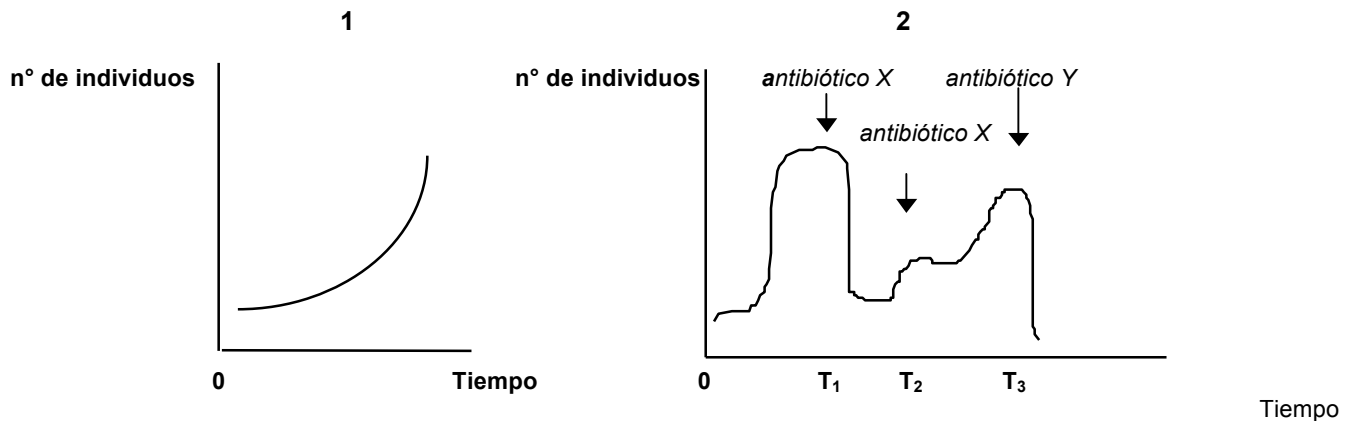
El gráfico 2 representa las variaciones en el crecimiento de una población similar de bacterias, en las mismas condiciones de crecimiento que la población representada en el gráfico 1, pero con una variante: a diferentes tiempos se le agregan al cultivo de bacterias antibióticos destinados a eliminarlas.

En el Tiempo 1 (T_1) se agrega al cultivo el *antibiótico X*.

En T_2 se le suministra otra dosis del mismo antibiótico.

En T_3 se le agrega el *antibiótico Y*.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



Preguntas para el análisis de la actividad:

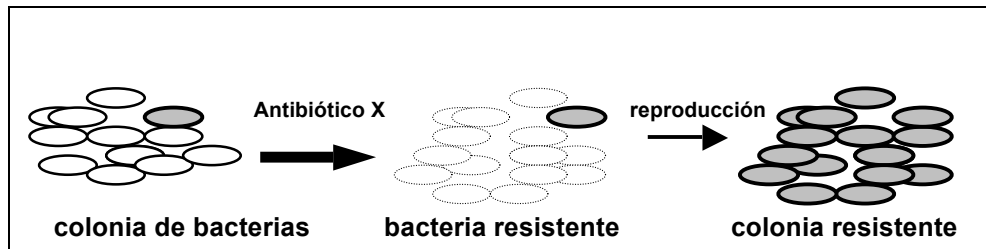
- Analizar el gráfico 1 y explicar cuál fue la variación en el tamaño de la población de bacterias de esta experiencia. ¿Cuál es el dato del gráfico que permite interpretar este comportamiento de la población?
- Analizar el gráfico 2 responder:
 - ¿Cuál fue el efecto que provocó el *antibiótico X* sobre la población de bacterias en el tiempo T_1 ? ¿Cómo es posible determinarlo a partir del gráfico?
 - ¿Qué indicaría el hecho de que el mínimo de la curva no llegue a 0 después de haber aplicado el antibiótico respecto de la población de bacterias?
([Nota para el docente](#): se supone que algunas bacterias de la población inicial tienen una característica que les permite sobrevivir al antibiótico, es decir que son resistentes a él y, por lo tanto, no mueren como consecuencia de la aplicación de este antibiótico)
 - ¿La respuesta de la población de bacterias al antibiótico X aplicado en el tiempo 2 es igual a la ocurrida en el tiempo 1? Explicar la respuesta.
([Nota para el docente](#): debido a que la población de bacterias proviene de otras resistentes al antibiótico, y teniendo en cuenta que las bacterias se reproducen asexualmente, las nuevas bacterias que se originan de ellas también serán resistentes, y por eso la población sigue creciendo luego de la aplicación del antibiótico.)
- A partir de la observación del gráfico 2 explicar cómo varió la población de bacterias en respuesta a la aplicación del antibiótico Y.
- ¿Cómo se explicaría el hecho de que en este caso la curva haya llegado a 0 después de la aplicación del antibiótico Y?
- ¿Consideran que la respuesta de las bacterias al antibiótico X representa un caso de selección natural o de selección artificial? Justificar la respuesta. ([Nota para el docente](#): este caso es un ejemplo de selección natural. Resulta interesante trabajarlo con los alumnos ya que habitualmente suele confundirse con un caso de selección artificial por el

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



hecho de que el hombre es el que coloca el antibiótico. Sin embargo, la supervivencia de las bacterias depende de sus propias características, y no es el hombre el que “decide” qué bacterias van a sobrevivir y cuáles no).

- f. El siguiente esquema aporta una interpretación al fenómeno ocurrido en la población de bacterias como respuesta a la aplicación del antibiótico X. Analizar el esquema y responder a las consignas que siguen:



- i. ¿Cómo se explicaría la presencia de una bacteria diferente (representada con otro color) en la colonia de bacterias del esquema? ¿Cuál es el mecanismo por el cual se puede generar diversidad en una especie de bacterias? (Nota para el docente: esta pregunta se refiere al fenómeno de las mutaciones, que genera variabilidad en organismos que se reproducen asexualmente).
- ii. ¿Qué le sucedió a la bacteria que era diferente del resto en presencia del antibiótico X?
- iii. ¿Qué le sucedió al resto de las bacterias en las mismas condiciones?

Material de consulta

- <http://fai.unne.edu.ar/biologia/evolucion/index.htm>. Hipertextos en el área de la biología perteneciente a la Universidad Nacional del Nordeste argentino. Esta página aborda el desarrollo de la teoría de la evolución, la visión moderna de la evolución con la teoría de Darwin y la evolución humana.
- <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/medlineplus.html>. Este portal pertenece a la Biblioteca Nacional de Medicina y los Institutos Nacionales de salud de Estados Unidos. Incluye información para el público sobre salud, programas interactivos de educación para la salud, y una enciclopedia de salud con información e imágenes.
- *The New Antibiotics*. Nature Biotechnology **17**, 1165 - 1169 (01 Dec 1999)
<http://biotech.nature.com>

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 51 de 2004

- *Biosynthesis of Complex Polyketides in a Metabolically Engineered Strain of E. coli. Science.* Marzo 2 2001: 1790-1792. Blaine A. Pfeifer, Suzanne J. Admiraal, Hugo Gramajo, David E. Cane, and Chaitan Khosla.

"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo PorquéBiotecnología.