



## El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 73 de

### Enzimas que limpian la ropa

Hoy en día las enzimas forman parte de los procesos industriales y de las actividades domésticas. Por ejemplo, al lavar la ropa las enzimas son las que hacen el trabajo sucio de sacar las manchas. Efectivamente, el detergente en polvo tiene enzimas que remueven selectivamente las manchas de aceites, proteínas o almidones de la ropa. Las enzimas son biocatalizadores, proteínas que aceleran los procesos de degradación, transformación o fabricación de sustancias. Las enzimas que se usan industrialmente son producidas en grandes cantidades por bacterias y hongos que se cultivan en tanques llamados *fermentadores*. Estas enzimas se vienen usando desde hace más de 40 años con el objetivo de reemplazar a los compuestos sintéticos, minimizar el uso del agua y el consumo de energía, ya que antes las manchas sólo podían ser removidas con blanqueadores y altas temperaturas. La mayoría de las enzimas que están hoy en el mercado han sido mejoradas por técnicas de ingeniería de proteínas o provienen de microorganismos recombinantes (genéticamente modificados) para optimizar su proceso de fabricación.

#### El origen de la suciedad

Existe una gran cantidad de suciedad en la ropa que proviene de:

- ü Desechos que genera el cuerpo y las bacterias que viven en la piel humana. Cada día una persona genera escamas de piel, sudor, sebo, triglicéridos, ácidos grasos y colesterol. La microflora de la piel humana (hasta 1,5 millones de bacterias viven en 1 cm<sup>2</sup>) se alimenta de estos desechos orgánicos y produce compuestos adicionales que con frecuencia despiden un fuerte olor.
- ü Sustancias que derivan de productos de higiene personal como lociones, cremas, desodorantes, maquillaje y lacas.
- ü Compuestos del ambiente, por ejemplo del aire.

"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.

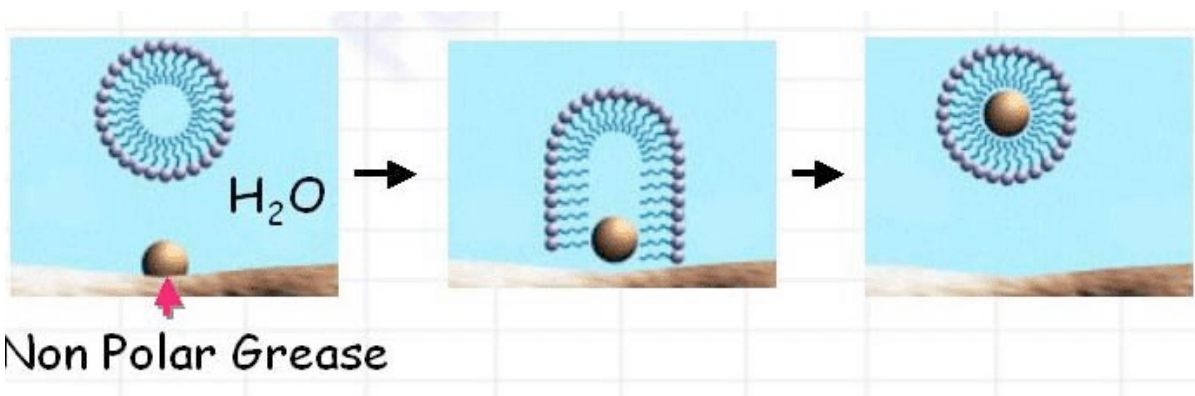


• Agregados de los tejidos (suavizantes, blanqueadores ópticos, fijadores de tintes, etc.) y residuos de detergentes (aromas, suavizantes, etc.).

Las manchas pueden estar constituidas por proteínas, almidón, carbohidratos, lípidos, ácidos grasos, sales inorgánicas, arcillas y pigmentos. Eliminar toda esa suciedad en un lavado sigue siendo un reto para los fabricantes de detergentes y de lavadoras.

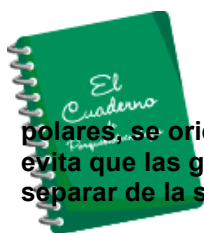
## Jabones y detergentes

Eliminar la suciedad no es un reto menor. Los parámetros que pueden influir en los resultados y en la satisfacción del consumidor son variados, y van desde el tipo de tejido y la tintura empleada, hasta demandas de comodidad, bajo costo, cuidado de los tejidos y eficiencia. A diferencia del jabón tradicional, la tecnología de los detergentes modernos es bastante compleja. Un jabón es la sal alcalina (generalmente de sodio o potasio) de un ácido graso de cadena larga. Posee dos partes, la cola que es *lipofílica* (afín a las sustancias grasas) y repele el agua (*hidrófoba*), y la cabeza que es *hidrófila* (afín al agua) o polar.

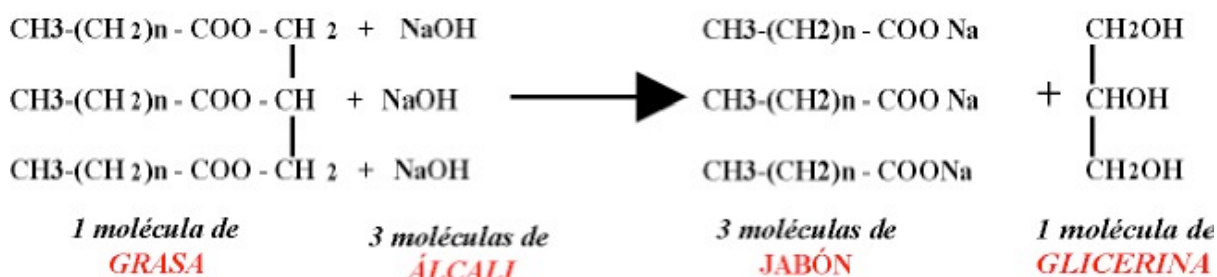
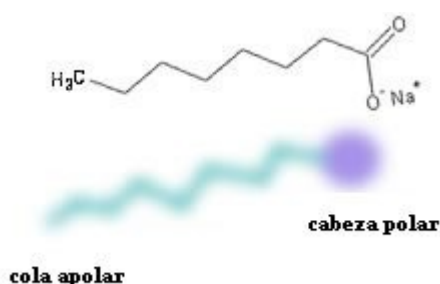


La acción limpiadora del jabón reside en la facultad que tiene la cola hidrocarbonada de la molécula de jabón de disolver las gotitas de grasa insolubles en agua. Las moléculas de jabón rodean a la suciedad hasta incluirla en una envoltura denominada *micela*, la parte apolar (hidrófoba) de la molécula de jabón se disuelve en la gotita de grasa mientras que los grupos

"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.



polares, se orientan hacia la capa de agua que los rodea. La repulsión entre cargas iguales evita que las gotas de grasa se unan de nuevo. Se forma así una emulsión que se puede separar de la superficie que se está lavando.



Los jabones se preparan por medio de una reacción química llamada *saponificación* de aceites y grasas. Si el álcali utilizado es hidróxido de sodio se obtiene un jabón duro o sólido, en cambio con hidróxido de potasio el jabón es blando o líquido.

Los jabones son inefectivos para la limpieza en agua dura (contiene sales de metales pesados, especialmente hierro y calcio), ya que el jabón reacciona con las sales de hierro y calcio y, en consecuencia, no disuelve el jabón y precipita en forma de sales insolubles (costra de las bañeras). Esta limitación de los jabones como agentes de limpieza ha dado impulso a la industria de los detergentes, cuyas sales son solubles en agua.

"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 detergente comercial es una mezcla de varios componentes cada uno con una misión específica. El componente activo de un detergente es similar al de un jabón, y suele ser un producto sintético normalmente derivado del petróleo. La tecnología de los detergentes modernos satisface estas necesidades durante el proceso de lavado mediante dos procesos: la eliminación física y la modificación

química de las manchas por hidrólisis o por oxidación (blanqueo), lo cual tiene como resultado su disolución, y/o decoloración respectivamente.

Los detergentes actuales contienen diferentes aditivos que intentan satisfacer la demanda de los consumidores. Entre ellos:

- ü **Agente tensioactivo o "surfactante"**: Es el componente que tiene una función similar al del jabón. Tiene propiedades humectantes, detergentes y emulsionantes. Facilita la tarea del agua al conseguir que esta moje mejor los tejidos, lo que a su vez incrementa la actividad de las enzimas. Además, tiene propiedades hidrofóbicas e hidrofílicas y juegan un rol clave en la remoción de suciedad. Un buen surfactante reemplaza a las lipasas en la remoción de lípidos y grasas.
- ü **Agentes coadyuvantes**: Ayudan al agente tensioactivo en su labor. Entre ellos se encuentran componentes que "ablandan" el agua y permiten lavar en aguas duras; otros que evitan la reposición de la suciedad manteniéndola en suspensión, y otros que blanquean manchas obstinadas.
- ü **Agentes auxiliares**: Incluye componentes que evitan que el polvo se adhiera, sustancias que contrarrestan la tendencia de la ropa a ponerse amarilla; estabilizadores de espuma, colorantes, perfumes y **enzimas** que rompen las moléculas de proteínas, lípidos, almidones, eliminando manchas de restos orgánicos como leche, sangre, aceites, etc.

## El comienzo de los detergentes enzimáticos y su producción

En 1913 un alemán llamado Otto Roohm observó que una enzima extraída del páncreas de animales era capaz de digerir proteínas y que podía optimizar 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.



proceso de lavado de ropa. Fue entonces que fabricó el primer jabón enzimático de pre-lavado, un producto revolucionario que fue comercializado en Alemania. Una pequeña dosis podía ser agregada a 10 litros de agua para remover manchas de la ropa. Recién a mediados del siglo XX comenzó la producción masiva de enzimas provenientes de bacterias en fermentadores, que fueron aplicadas en los detergentes enzimáticos.

Hoy día, es familiar el uso de polvos o líquidos detergentes con enzimas. Estos detergentes han encontrado un amplio rango de aplicaciones en lavado de ropa y vajilla e industria textil, entre otras. Las enzimas usadas en la industria son manufacturadas a gran escala a través de la fermentación producida por bacterias u hongos comunes. Esto ha sido posibilitado en las últimas décadas por el rápido avance de la enzimología y la tecnología de fermentación.

### **¿Cuál es la importancia del uso de enzimas en los detergentes?**

Desde los años 60 el uso de enzimas se masificó, y en la actualidad es común encontrar enzimas en la formulación de los detergentes. Las enzimas optimizan la eficiencia de los detergentes, a la vez que permiten el trabajo de limpieza a bajas temperaturas y períodos más cortos de lavado, reduciendo significativamente el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Otro beneficio ambiental asociado al uso de enzimas en los detergentes es que estas son biodegradables y reemplazan a los químicos constituyentes de los detergentes sintéticos que se vienen liberando al ambiente desde hace muchos años.

Las enzimas usadas en los detergentes de lavado de ropa actúan sobre los materiales que constituyen las manchas, facilitando la remoción de estos materiales y de forma más efectiva que los detergentes convencionales.

Una molécula de enzima puede actuar sobre muchas moléculas de sustrato (leche, sangre, barro), por lo cual una cantidad pequeña de enzima agregada a un detergente de lavado proporciona un beneficio grande en la limpieza. La concentración de enzimas en la formulación de un detergente es mínima

"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.



(menos del 1 % del volumen total) ya que las enzimas son biocatalizadores y no se consumen durante el lavado sino que encienden numerosas reacciones para facilitar la remoción de la suciedad.

Estas enzimas se nombran según los materiales que pueden degradar:

- ü **Proteasas:** aceleran la degradación de proteínas y producen pequeños péptidos o aminoácidos individuales los cuales pueden ser fácilmente solubilizados y removidos de los tejidos. Representan cerca del 60% del mercado de enzimas mundial y se usan a altos pH y temperaturas superiores a 60° C. Las proteasas son el tipo más importante de enzimas en detergentes enzimáticos para uso médico porque existe un
- ü alto contenido de proteínas en los fluidos corporales (sangre, tejidos y mucosas) los cuales no pueden removerse con detergentes convencionales y agua. Las enzimas usadas son producidas principalmente por *Bacillus licheniformis* o *B. Amyloliquefaciens* y *Aspergillus flavus* mediante fermentación. Existe un considerable interés en el desarrollo de mejores proteasas para polvos de lavado a través de ingeniería de proteínas, para evitar su oxidación.
- ü **Amilasas:** aceleran la degradación de los residuos de almidón de alimentos como papa, chocolate, etc. Las amilasas no son componentes esenciales de los detergentes porque tienen una acción limitada sobre los carbohidratos. En adición, los carbohidratos son solubles en agua y tienden a ser fácilmente removidos con la mayoría de los detergentes y agua. La amilasa de *Bacillus licheniformis* es corrientemente agregada a los jabones en polvo. Esta enzima es resistente a la degradación de las proteasas, es activa a temperaturas de 85°C y puede tolerar valores de pH cercanos a 10. El problema más grande con las amilasas en la formulación de detergentes es la oxidación. La ingeniería de proteínas ha sido usada para crear una amilasa resistente a la oxidación.
- ü **Lipasas:** Las lipasas deben mezclarse con los lípidos para romperlos por hidrólisis, pero las lipasas son solubles en agua y los lípidos son insolubles en agua. Por lo tanto, la hidrólisis sólo ocurre en la interfase entre la gota lipídica y la fase acuosa, lo que causa que la reacción sea relativamente lenta e inefectiva. Además, las condiciones dentro de una lavadora de ropa son hostiles para una enzima y la mayoría de las lipasas no son suficientemente estables en esas

"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.



condiciones. Por lo tanto, se busca desarrollar lipasas que permitan la remoción de manchas de grasas a bajas temperaturas de lavado. Una combinación de búsqueda y manipulación genética ha conducido a la introducción reciente de lipasas en los jabones en polvo. Un ejemplo es la lipasa *Humicola*, que se logró producir en *Aspergillus oryzae* y que se conoce como "Lipolasa".

- ü **Celulasas:** En 1985 se introdujo al mercado un tipo revolucionario de enzima celulasa para detergentes, *Cellulasa*, producida por el hongo *Humicola insolens* para remoción de suciedad, y restaurador de suavidad y color de fibras de algodón. Las celulasas

aceleran la degradación de pequeñas fibras que endurecen la ropa y opacan los colores sin afectar las fibras principales de la ropa, mejorando así la suavidad y los colores de la misma.

## Otros usos de las enzimas en detergentes

Los detergentes enzimáticos están siendo explorados para su aplicación no sólo en el lavado de ropa sino también en las siguientes actividades:

Lavado de vajilla: proteasas y amilasas son las enzimas que han encontrado mayor aplicación en estos detergentes.

Industria textil: la producción de jeans prelavados involucra el tratamiento de las ropas con amilasas, en un proceso conocido como biolavado, o bioblanqueado o prelavado.

Óptica y medicina: las enzimas se usan en las formulaciones ópticas para la limpieza de lentes de contacto o en formulaciones médicas para limpieza de instrumental quirúrgico o de diagnóstico.

## La biotecnología en la obtención de enzimas más eficaces

Las enzimas aplicadas en la industria de detergentes deben producirse a bajo costo, ser estables en condiciones de lavado, y de uso y manipulación segura. El criterio más importante es el de la estabilidad, ya que las máquinas de lavado son lugares hostiles para las enzimas. Por ejemplo, deben ser compatibles con detergentes, jabones, oxidantes y otros componentes que afectan su estructura. Además, deben ser estables en amplios rangos de

"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° 73 de

temperaturas (menores a 20°C y mayores a 70°C) y pH alcalinos (8-12). Por ejemplo, en lavadoras industriales se necesitan enzimas que sean estables a 55°C o más para lavado a altas temperaturas. Por otro lado, para ahorrar energía, evitar el deterioro de la ropa o en países donde es costumbre lavar con agua fría, existe una alta demanda de detergentes con enzimas que trabajen eficientemente a temperaturas menores a 20°C. En estos casos es donde la biotecnología moderna juega un rol importante.

A través del uso de ingeniería genética, se pueden transferir genes de un organismo con la información para sintetizar determinada enzima a otros

organismos. De esta forma, numerosas enzimas de interés industrial pueden ser producidas a gran escala por fermentación de microorganismos cuyo cultivo es conocido y controlado. Por ejemplo, en 1988 se introdujo la primera lipasa obtenida por bioingeniería llamada *Lipolase*. El gen de esta lipasa, aislado de hongo filamentoso *Humicola* se transfirió a *Aspergillus oryzae* donde se produce

a gran escala y de forma estable. La cutinasa de *Fusarium*, que degrada ácidos grasos, se expresa por ingeniería genética en la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Las enzimas, una vez obtenidas por fermentación, son aisladas, purificadas y protegidas como granulados o cápsulas para ser incluidas en las formulaciones de detergentes. Las enzimas son encapsuladas en sustancias serosas inertes solubles en agua, y son adicionadas con estabilizantes como sales de calcio, formato de sodio, borato, o preparaciones de proteínas. Corrientemente los fabricantes usan gránulos coloreados como señal que simboliza la presencia de aditivos extras.

La siguiente tabla menciona algunas enzimas producidas por microorganismos modificados genéticamente, sus nombres comerciales, función y aplicación:

"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.





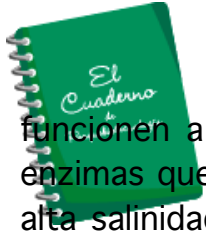
Nombre comercial de la enzima	Tipo de enzima	Principal aplicación
Aquazym® Ultra	Alpha-amilasa	Industria textil
Carezyme®	Celulasa	Industria detergentes
Cellusoft®	Celulasa	Industria textil
Clear-Lens® LIPO	Lipase	Limpieza personal
Duramyl®	Alpha-amilasa	Industria detergentes
Endolase®	Celulasa	Industria detergentes
Everlase®	Proteasa	Industria detergentes
Lipolase®	Lipasa	Industria detergentes
Novozym® 735	Lipasa	Industria textil
Ovozyme®	Subtilisina (proteasa)	Industria detergentes
Savinase®	Proteasa	Industria detergentes
Termamyl®	Alpha-amilasa	Industria detergentes
Thermozyme®	Alpha-amylasa	Industria textil

## Bioingeniería de enzimas

Durante las últimas décadas, nuevos desarrollos en enzimología en combinación con la aplicación del ADN y la ingeniería de proteínas han conducido a la **bioingeniería de enzimas**. La **ingeniería de proteínas** consiste en modificar una proteína existente o crear una nueva proteína con propiedades específicas. Estas tecnologías avanzan con el estudio de los extremófilos, la identificación de nuevos compuestos y las rutas metabólicas, y la caracterización molecular y bioquímica de componentes celulares.

Debido a que muchos procesos industriales requieren altas o bajas temperaturas o pH ácidos o alcalinos, los organismos extremófilos que viven en condiciones ambientales extremas de temperatura, salinidad, etc., se han convertido para las industrias en atractivas fuentes de enzimas (Ver Cuaderno N° 57). Por ejemplo, en la industria de los detergentes y jabones para la ropa de uso hogareño se utilizan biocatalizadores que quiten las manchas a baja temperatura, mientras que en tratamientos de esterilización de ropa de quirófano se prefiere un jabón que tenga biocatalizadores que

"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° 73 de

funcionen a altas temperaturas. La industria del cuero y las pieles requiere enzimas que degraden proteínas de la piel de los animales en condiciones de alta salinidad o minerales. En cada caso se emplearán enzimas provenientes de diferentes extremófilos.

En una primera instancia, los propios organismos eran la fuente de donde se extraían las enzimas. Luego, se clonaron los genes de los extremófilos que codifican dichas enzimas y actualmente se las produce a escala industrial en microorganismos recombinantes que fueron transformados para que sobreproduzcan la enzima de interés en biorreactores.

**"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° 73 de

## ACTIVIDADES

### **Objetivos:**

1. Repasar los conceptos del texto.
2. Interpretar y reafirmar los conceptos estudiados a través de prácticas de laboratorio.
3. Profundizar el análisis de conceptos vinculados con la estructura y acción enzimática.
4. Conocer casos concretos de aplicación de la biotecnología a productos de uso cotidiano.

### **Destinatarios y conceptos relacionados:**

Este Cuaderno está destinado a alumnos de EGB y de Polimodal. Se puede incluir al trabajar conceptos tales como: Seres vivos, su composición y función; los microorganismos y su relación con los seres humanos; la higiene personal y del entorno; higiene y salud; actividad celular; metabolismo; proteínas: estructura y función; acción enzimática, ingeniería genética. Con alumnos de Polimodal es posible profundizar en conceptos vinculados con la estructura de las proteínas y el modo de acción de las enzimas.

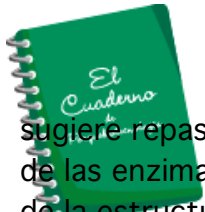
### **Consideraciones metodológicas:**

Como ya se dijo en otras oportunidades, los temas vinculados con la biotecnología atraviesan de manera transversal los diferentes contenidos curriculares, por lo que pueden aplicarse en diferentes instancias del aprendizaje escolar.

Con alumnos de EGB, la aplicación de la biotecnología moderna en la fabricación de los detergentes enzimáticos se puede incluir al trabajar conceptos vinculados con la higiene personal, y del entorno, vinculados a aspectos de salud personal y comunitaria, también al considerar los microorganismos y su relación con otros seres vivos.

Con alumnos de Polimodal se puede aplicar este tema al abordar conceptos vinculados con biomoléculas, particularmente, al trabajar las proteínas, su estructura y función, y se puede coordinar con docentes de química estudiar la reacción de saponificación y la estructura química y mecanismo de acción de los jabones. Se

**"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.**



sugiere repasar conceptos tales como estructura proteica, el mecanismo de acción de las enzimas, su especificidad, temperatura óptima, y la desnaturalización (pérdida de la estructura terciaria). También se sugiere repasar la relación entre genes y proteínas, y el proceso de síntesis

de proteínas, y coordinar con docentes de química el trabajo vinculado con estructura y enlaces químicos (enlaces peptídicos, puentes de hidrógeno, etc.). Otra instancia interesante en la que se puede incluir este tema es al abordar aspectos vinculados con la **comunicación, sus estrategias, y la información al consumidor**. En este sentido, se hace hincapié en la importancia de trabajar a partir de las ideas previas de los alumnos, muchas de las cuales vienen de sus aprendizajes escolares, pero también de su experiencia cotidiana extraescolar, en ocasiones influida por la televisión y la publicidad. El tema de los detergentes enzimáticos y la publicidad ofrece una buena oportunidad para trabajar con los alumnos el concepto de niveles de organización de la materia. En ocasiones las publicidades o los envases de detergentes suelen presentar a las enzimas como pequeños “packman” con una boca que se abre para “comer” las manchas. Esta idea gráfica suele remitir a la idea de un microorganismo o “bichito”, es decir a la idea de un ser vivo, y genera una concepción errada en cuanto a niveles de organización de la materia, ya que las enzimas no son seres vivos, sino moléculas. Por lo tanto, a partir de esta idea gráfica o publicitaria se puede trabajar y aclarar con los alumnos ideas referentes a niveles de organización de la materia, un concepto que frecuentemente resulta complejo y que es importante retomar en diferentes instancias de la enseñanza.

## ACTIVIDAD 1. Repaso de conceptos

1. ¿Qué son las enzimas desde el punto de vista estructural? **Rta. Son proteínas.**
2. ¿Cuál es la función de las enzimas? **Rta. Actúan como biocatalizadores, es decir que aceleran reacciones químicas que de otra forma serían demasiado lentas para mantener las funciones vitales.**
3. ¿Cuál es la finalidad del uso de enzimas en los detergentes para la ropa? **Rta. Acelerar la degradación de las manchas, compuestas por sustancias orgánicas (proteínas, lípidos, carbohidratos).**
4. Indicar cuáles son las enzimas que se agregan a los detergentes. **Rta. Proteasas, lipasas, amilasas, celulasas.**

"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° 73 de

5. ¿Cuáles son las ventajas del uso en los detergentes de enzimas provenientes de microorganismos recombinantes? Rta. reemplazar a los compuestos sintéticos, minimizar el uso del agua y el consumo de energía.
6. ¿Cuál es el mecanismo de acción del jabón? Rta. La porción hidrófoba de las moléculas de jabón encierran a las manchas y forma micelas que se separan del agua.

"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.

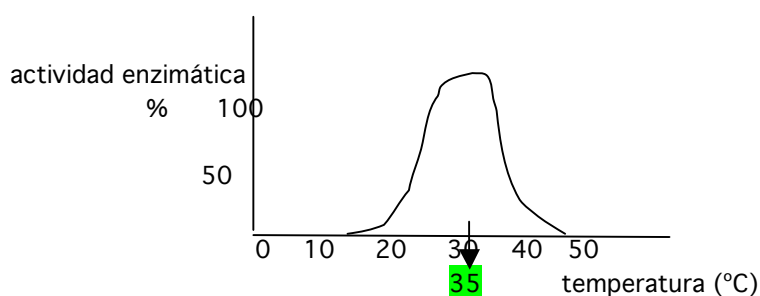


7. ¿Cuál es la diferencia entre jabón y detergente? El detergente está integrado por sales que son solubles en agua, incluso en aguas duras donde el jabón no es eficiente.
8. ¿Cuál es el aporte de la biotecnología moderna en la fabricación de detergentes enzimáticos? Rta. numerosas enzimas de interés industrial pueden ser producidas a gran escala por fermentación de microorganismos a los que se les puede introducir genes que codifican enzimas más estables o resistentes a condiciones extremas de temperatura, alcalinidad y salinidad, por ejemplo.

## ACTIVIDAD 2. Actividad enzimática

Esta actividad tiene por objetivo repasar conceptos vinculados con las características de la actividad enzimática.

1. En un laboratorio de bioquímica se midió la actividad de la amilasa de la saliva humana a diferentes temperaturas, entre 0°C y 100°C.
  - a) Indicá cuál es la función de esta enzima, cuál es su sustrato y cuál es el producto que se mediría en esta reacción. Rta. La función es acelerar la degradación de almidón; el sustrato es el almidón y el producto de la degradación total serían moléculas de glucosa.
  - b) Representá en un gráfico los resultados que se habrán obtenido en la experiencia. Señalá en el gráfico cuál sería la temperatura óptima de esta enzima. Rta. La temperatura óptima en este caso es de 35°C.

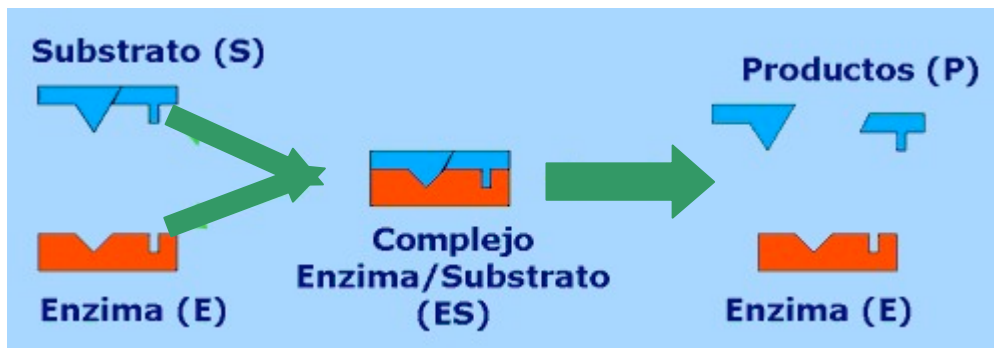


"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo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



c) Explica cuáles son las causas de la variación en la actividad enzimática en temperaturas inferiores a la óptima y en temperaturas superiores a ella. **Rta.** En temperaturas inferiores la disminución en la actividad se debe a la inmovilidad de las moléculas, de sus enlaces, mientras que por sobre la temperatura óptima la actividad disminuye debido a la desnaturalización de las moléculas enzimáticas.

d) ¿Qué es la especificidad enzimática? ¿Qué experiencia propondrías para demostrar la especificidad de la amilasa? ¿Qué resultado esperarías obtener? **Rta.** La especificidad es la propiedad que tiene las enzimas de actuar sobre determinado sustrato y función y no sobre otra. Para demostrar la especificidad de la amilasa se podría probar la actividad de la amilasa con almidón, con celulosa y con glucógeno. Estas son moléculas parecidas, y sin embargo hay diferentes enzimas que degradan a cada una de ellas.



e) ¿Cómo se representa en la ilustración la especificidad enzimática? **Rta.** Está representada mediante formas geométricas de enzima y sustratos que “encajan” unas con otras.

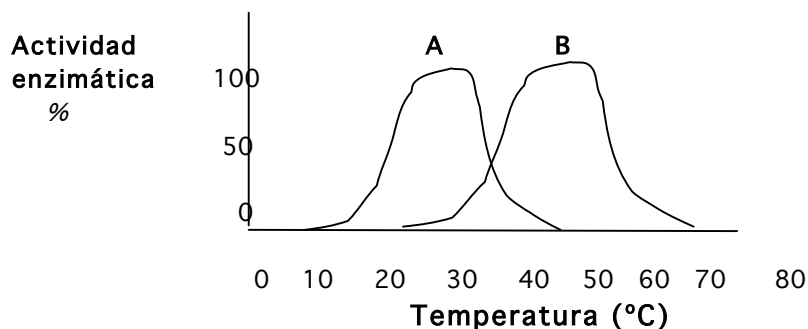
f) Indicar cuál sería el producto de esta reacción si el sustrato fuese una proteína, si fuese almidón, si fuese ADN, o si fuese una grasa (suponiendo que se degrada hasta sus unidades o monómeros). **Rta.** El producto de la proteína serían aminoácidos, del

"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.



almidón sería glucosa, del ADN serían nucleótidos y de una grasa serían ácidos grasos.

g) Las dos curvas que se muestran en el siguiente gráfico representan la actividad de dos tipos diferentes de enzimas.



- I. ¿Cuál es la temperatura óptima de la enzima A? ¿Y la de la enzima B? La temperatura óptima de la enzima A es de alrededor de 35 °C, y la de la enzima B es 60 °C.
- II. ¿A qué temperatura se interrumpe por completo la actividad de cada una de esas enzimas? La enzima A deja de funcionar a los 55 °C y la B, a los 80 °C, aproximadamente.
- III. ¿Por qué se inactivan las enzimas a altas temperaturas? Por encima de la temperatura óptima las moléculas enzimáticas pierden su estructura espacial y, por lo tanto, su sitio activo. Por eso no pueden unir el sustrato y, en consecuencia, actuar sobre él.
- IV. ¿Qué indica la “cima” de cada curva? La cima de cada curva indica el 100% de actividad.
- V. Tomando en cuenta las temperaturas a las que actúan estas enzimas, ¿cuál de ellas podría ser una enzima del cuerpo humano? Justificar la respuesta. La

"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.





- enzima A podría ser una enzima humana, ya que su temperatura óptima de actividad es alrededor de los 35 °C, que es cercana a la temperatura corporal.
- VI ¿Cuál de estas enzimas podría provenir de un organismo extremófilo? Justificar.  
La enzima B podría provenir de un organismo que habita en altas temperaturas.

### Actividad 3. A cada mancha su enzima

Investigar cuál es el principal componente de cada tipo de alimento y, a partir de esto, sufrir qué tipo de enzima se utilizaría si la ropa estuviera manchada con ese producto:

La ropa se manchó con....	Qué tipo de enzima debería usar para limpiar la ropa...
Huevo	PROTEASA
Mayonesa	LIPASA Y PROTEASA
Sangre	PROTEASA
Pasto y barro	PROTEASA Y CELULASA
Leche	PROTEASA
Aceite	LIPASA
Crema	LIPASA Y PROTEASA
Caramelo	AMILASA

### Actividad 4. Experiencia: La acción de las enzimas en detergentes para la ropa

(Adaptado del Museo Americano de Historia Natural)

Mediante esta experiencia se propone comprobar la acción de sustancias biológicas introducidas en los detergentes sobre los sustratos específicos.

#### Introducción

Las proteasas son enzimas que aceleran la degradación de proteínas. Muchos fabricantes de detergentes para lavadoras de ropa las agregan a las formulaciones "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.



para remover manchas derivadas de proteínas como huevo, sangre, etc. Muchas de estas proteasas son derivadas de cepas bacterianas de *Bacillus sp.* Las proteasas bacterianas son extremadamente estables a pH alcalinos, largos períodos de almacenamiento y temperaturas variables. Estas bacterias también han sido modificadas por ingeniería genética para aumentar la capacidad de las proteasas que ellas producen, ante la presencia de blanqueadores que de otro modo podrían afectarlas. La gelatina está compuesta por cadenas proteicas que son fácilmente degradadas en sus aminoácidos componentes. Se prepara del colágeno, una proteína presente en tendones y piel de animales.

## Materiales

- Frasco o vaso de precipitado de 250 ml.
- Dos tubos o frascos de 100 ml.
- 1 sobre de gelatina con azúcar
- Marcadores
- Detergentes para lavarropas
- Agua

**Precaución!** los detergentes para lavar ropa son extremadamente básicos. No aspirarlos porque pueden causar daños en las vías respiratorias.

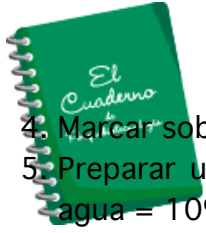
## Preguntas previas a la experiencia

1. ¿Qué se supone que sucederá cuando la solución enzimática entre en contacto con la solución de gelatina (contituido mayormente por proteínas).
2. ¿Qué debería usarse como control del experimento [Rta. un frasco con gelatina, a la que se agrega agua sin detergente.](#)

## Procedimiento:

1. Preparar la gelatina: por cada 50 ml de agua, usar 18 g de gelatina.
2. Llenar dos tubos o vasos de precipitado graduado con 10 ml de la solución de gelatina cada uno (tubo 1 y tubo 2) y colocarlos en heladera hasta que solidifique.
3. Sacar los tubos de la heladera. La gelatina debe estar sólida.

"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° 73 de

4. Marcar sobre el vidrio de cada tubo con el marcador la altura de la gelatina sólida.
5. Preparar una jarra con la solución de detergente (10ml de detergente en 90ml agua = 10%).
6. En el tubo 1 agregar 30 gotas de la solución enzimática sobre la gelatina sólida.
7. En el tubo 2 agregar 30 gotas de agua sobre la gelatina sólida.
8. Dejar reposar durante la noche y chequear ambos tubos a las 24 horas. Marcar la posición de la gelatina sólida.
9. Chequear nuevamente a las 48 horas, y marcar la altura de la gelatina sólida.

"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° 73 de

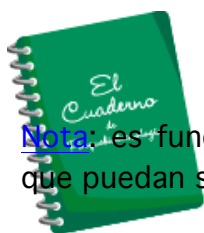
### Preguntas para el análisis de la experiencia

1. ¿Cuál es el principal componente de la gelatina? *Rta. Proteínas.*
2. A partir de la respuesta anterior, indicar qué tipo de enzimas tendría el detergente. *Rta. Proteasas.*
3. ¿Qué cambio se pudo registrar en la altura de la gelatina sólida? *Rta. Descendió la altura porque se degradan las proteínas por acción de las enzimas.*
4. Se sabe que la materia no desaparece sino que se transforma. ¿Cómo se explica la variación en la altura de la gelatina? *Rta. El producto de la degradación de las proteínas (polipéptidos y aminoácidos) se disuelven en el agua de la solución de detergente.*
5. ¿Qué podría suceder si al agregar el detergente se dejara la gelatina en la heladera? *Rta. se supone que las enzimas no funcionarían a temperaturas muy bajas.*
6. ¿Cuál es el objetivo del tubo 2? *Rta. Es el tubo control para verificar que la variación en la gelatina es producto de la acción enzimática del detergente.*
7. ¿Cuál debería ser el sustrato si se buscara comprobar la acción de la enzima lipasa, o de la enzima amilasa? *Rta. Se debería usar grasa o una solución de almidón.*
8. ¿Qué sucedería si se colocara sobre la gelatina un detergente que contenga lipasas? *Rta. Debido a que las enzimas son específicas, la gelatina no se degradaría ya que las lipasas no actúan sobre las proteínas.*

### Posibles alternativas de la actividad:

1. Probar el efecto de las condiciones ambientales sobre los resultados de la hidrólisis de la gelatina. Se puede variar el pH de la gelatina o ubicar en diferentes lugares los frascos conteniendo la gelatina con el detergente (para evaluar la acción de las enzimas a diferentes temperaturas).
2. Testear el efecto de la concentración de detergente sobre la hidrólisis de la gelatina. Para esto usar diferentes concentraciones de detergentes, además de la inicial (10%), por ejemplo soluciones al 15%, 20%, 25%, y 30%.
3. Evaluar el efecto del tiempo sobre la hidrólisis. Este se realiza dejando la gelatina sólida con la solución de detergente por períodos más largos de tiempo.
4. Testar diferencias entre el uso de gelatina con y sin azúcar.

"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.



**Nota:** es fundamental que se cambie una variable por vez para obtener resultados que puedan ser analizados y sacar conclusiones.

## **ACTIVIDAD 5. La información en los envases (Ver Cuaderno N° 57)**

La siguiente actividad propone analizar las etiquetas de envases de jabón para la ropa. Se puede proponer a los alumnos traer envases de jabones para la ropa.

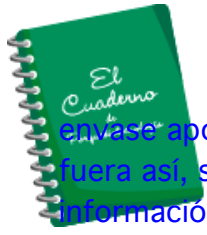
La siguiente fotografía pertenece a un producto de consumo para lavado de ropa:



La publicidad de este producto incluye términos tales como: “principios bioactivos”, “sistema biotérmico”, “especialmente desarrollado para eliminar las manchas más difíciles aún en agua fría”.

1. Analizar las etiquetas y explicar qué significan estos términos que emplea la publicidad.
2. ¿Indica el envase si el detergente contiene enzimas? En tal caso, ¿indica qué tipo de enzimas contiene?
3. ¿Cómo se podría saber qué tipo de enzimas contiene un detergente? **Rta. La idea es diseñar una experiencia en la cual se someten telas con diferentes tipos de manchas (huevo, grasa, sangre, etc.) a diferentes detergentes para la ropa. Cada una de estas experiencias debe tener una experiencia testigo en la cual la tela se somete al agua sin detergente, y evaluar qué tipo de manchas se logra eliminar con los diferentes detergentes. Resulta interesante analizar con los alumnos si 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.



# El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 73 de

envase aporta información detallada acerca de la fórmula del producto i si no fuera así, si es posible comunicarse con las respectivas empresas y obtener esa información.

**"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° 73 de

### **Actividad 6. ¿Proteasas de Krill para detergente?**

A continuación se presenta un artículo sobre un proyecto de investigación a realizarse en Chile. Se sugiere analizar el texto y responder el cuestionario.

*“El uso de enzimas a bajas temperaturas posee un gran potencial, tanto en las formulaciones de detergentes (proteasas y lipasas), como en la industria de alimentos, salud, etc, fundamentalmente por el ahorro de energía. El krill antártico es extraordinariamente interesante como fuente de enzimas de propiedades únicas, específicamente de proteasas y lipasas que son altamente activas a bajas temperaturas.*

*En este proyecto diseñado por investigadores chilenos se utilizarán conocimientos de avanzada de biotecnología, bioquímica y química que permitan la caracterización y purificación de proteínas; como así también conocimientos de ingeniería de proteínas para investigar, caracterizar, y mejorar la producción de proteasas y lipasas criofílicas (de acción a bajas temperaturas) de krill antártico para ser utilizadas en la formulación de detergentes y en la industria de alimentos. Los investigadores participarán activamente en el clonado de las enzimas óptimas, tanto para la caracterización fina de las proteínas como para presentar alternativas de aplicación industrial viables y de bajo costo en caso que las enzimas de interés se encuentren en el extracto de krill en concentraciones relativamente bajas o si por condiciones impredecibles la captura del krill se hiciera difícil. Se realizará un estudio detallado de la proteasas de krill que incluye la secuenciación de las mismas y posteriormente mediante ingeniería de proteínas se intentará mejorar las propiedades, por ejemplo para obtener proteasas que funcionen eficientemente a bajas temperaturas. Por otro lado se hará un estudio detallado de todas las lipasas presentes en extractos de krill, con alta actividad a baja temperatura, su caracterización y estabilidad en presencia de los diferentes componentes de los detergentes y la separación y purificación de las enzimas.*

*Las proteasas y lipasas serán caracterizadas en detalle y aquellas con mayor potencial industrial para la formulación de detergentes serán seleccionadas”.*

"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° 73 de

### Cuestionario:

1. ¿Cuál es el objetivo del proyecto? **Rta. Aislar, analizar y seleccionar proteasas y lipasas con mayor potencial industrial.**
2. ¿Qué beneficio trae el uso de enzimas a bajas temperaturas según el texto? **Rta. Ahorro de energía.**
3. ¿Qué otros beneficios representa para el lavado de ropa? **Rta. Menor daño a las ropas al lavar con agua tibia o fría, y con una acción eficiente de los detergentes.**
4. ¿A qué se denomina enzima criofílica? **Rta. Aquella que resiste temperaturas muy bajas.**
5. ¿Qué función cumplen las proteasas y las lipasas en el lavado de ropa? **Rta. Proteasas: degradan proteínas. Lipasas: degradan lípidos**
6. Investigar qué es el Krill y dónde habita. A partir de lo investigado deducir por qué el Krill es fuente de enzimas criofílicas. **Rta. El krill antártico es un crustáceo que vive en mar abierto a bajas temperaturas, y constituye un eslabón importante en la cadena alimentaria. Las enzimas criofílicas permiten que las funciones metabólicas del krill se cumplan normalmente en ambientes de baja temperatura.**
7. ¿De qué otros organismos se podrían aislar enzimas apropiadas para la formulación de detergentes? **Rta. Extremófilos que vivan en ambientes alcalinos, o de altas temperaturas.**
8. ¿Qué características deberán presentar las enzimas de Krill para ser apropiadas en la fabricación de detergentes? **Rta. Estabilidad y funcionalidad a bajas (o altas) temperaturas y ante la presencia de diferentes componentes de detergentes como blanqueadores, suavizantes, surfactantes, etc.**
9. ¿Qué tipo de conocimientos requieren los investigadores para trabajar en el tema? **Rta. Conocimientos biotecnológicos de avanzada, de bioquímica, química, caracterización, purificación y química de proteínas y de ingeniería de proteínas**

"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° 73 de

### Material de Consulta

Instituto Latinoamericano de la comunicación educativa. [http://ilce.edu.mx/  
http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/51/htm/sec\\_10.html](http://ilce.edu.mx/http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/51/htm/sec_10.html)

Museo de Ciencia e Industria. Chicago. Experiencias en temas de genética (en inglés). <http://www.msichicago.org/exhibit/genetics/activities.html>

El rincón de la Ciencia. Experimentos.  
<http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/rincon.htm>

[http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo\\_ov/index.htm](http://web.educastur.princast.es/proyectos/biogeo_ov/index.htm) Sitio español con contenidos diversos de biología, física y química para el docente y los alumnos. Incluye ejercicios y exámenes con sus respuestas, esquemas, ilustraciones, etc.

"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.