



La Revolución Verde y la biotecnología

Del trigo enano a la Revolución Verde

La intervención del ser humano en la mejora de los cultivos, árboles, ganado y pesca no es una novedad. Desde hace milenios, las especies más productivas, mejor adaptadas o de particular utilidad, han sido objeto de mejoramiento, cruzamiento y selección.

En el caso particular de las plantas, los fitogenetistas producen, a través de estas técnicas, variedades con características convenientes, por ejemplo, mayor productividad, mayor resistencia a plagas y a enfermedades, o mejor adaptación al medio ambiente. Luego, las semillas y el material de propagación de estas variedades se proveen a los agricultores. Estas plantas constituyen hoy la base de la alimentación en el mundo.

Estas técnicas de mejoramiento adquirieron mayor importancia después de la década de 1960, cuando se logró obtener nuevas variedades de trigo, de mayor rendimiento y reacción a los fertilizantes y al riego. Este logro se le atribuye a un científico estadounidense que trabajaba en México, Norman Borlaug. Hasta entonces, los intentos de incrementar la productividad de las variedades locales de trigo habían dado pocos resultados, ya que al suministrarles demasiado fertilizante, las plantas crecían vigorosamente hasta doblarse por el peso excesivo.

Cuando el profesor Borlaug cruzó el trigo local con variedades enanas japonesas, obtuvo nuevas plantas de trigo más productivas, que podían resistir la aplicación de mayor cantidad de fertilizantes y crecer vigorosamente sin doblarse. Mediante este procedimiento incorporó en la variedad de trigo local los genes del enanismo que permitían el desarrollo de tallos más cortos y fornidos. Estas variedades utilizan la mayoría de su energía en la producción y llenado de granos y relativamente poco en el crecimiento en altura y en la producción de hojas, y responden mejor a los fertilizantes que las variedades tradicionales. Los cultivadores adoptaron estas variedades semi-enanas muy pronto, especialmente en lugares con acceso a la irrigación, y obtuvieron rendimientos muy superiores a los de las variedades tradicionales. Esas variedades de trigo han sido adoptadas y crecen en muchas partes del mundo, especialmente en la India, México y Pakistán.

"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 Porqué Biotecnología

Edición N° 59 de

Este desarrollo no solo le valió a Borlaug un Premio Nóbel en 1970, sino que resultó una práctica que se extendió a otros cultivos de importancia, como el arroz. Incluso, se ha atribuido a las variedades de trigo obtenidas a través de este método, el haber

evitado la hambruna masiva que afrontaba el mundo en desarrollo en la década de 1960. Este fue el comienzo de la denominada *Revolución Verde*, un programa destinado a aumentar significativamente la producción de alimentos, con la esperanza de reducir el hambre en el mundo.

La Revolución Verde

Desde 1960 la Revolución Verde supuso un gran esfuerzo en el incremento y diversificación de los rendimientos agrícolas en los países más pobres, y un cambio de paradigma en las prácticas agrícolas de numerosas zonas del mundo, basado en enfoques genéticos y nuevas prácticas agrícolas.

Se sustentó sobre todo en la mejora de tres cereales clave en la alimentación humana: trigo, arroz y maíz. El desarrollo de nuevas variedades de cereales adaptables a diferentes latitudes, con capacidad para madurar antes y producir más de una cosecha por temporada, junto con el acceso por parte de los agricultores a equipo, abonos, regadío, pesticidas y créditos, consiguió que en tres décadas se duplicaran los rendimientos de las cosechas, en numerosas zonas del mundo. Es posible distinguir una primera fase de la Revolución Verde caracterizada por la adopción de variedades modernas y una segunda fase de mayor impacto en que las variedades se extendieron ampliamente por Latinoamérica y Asia.

La Revolución Verde llega a su fin

Aunque la Revolución Verde fue una novedad que contribuyó a la seguridad alimentaria y a la lucha contra el hambre, hay quienes afirman que condujo a la utilización insostenible de sustancias agroquímicas y a la aplicación de altos niveles de insumos. También se ha dicho que las nuevas variedades desplazaron a las variedades tradicionales, lo cual dio lugar a la pérdida de biodiversidad.

Entre los efectos indeseables que deja la Revolución Verde se menciona:

- Una escasa disponibilidad de suelo. Prácticamente se está arando toda la tierra adecuada del mundo. En muchos casos habría que roturar territorios de alto valor ecológico que sustentan una biodiversidad de la que la

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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 59 de

humanidad podría sacar más provecho mediante usos alternativos y sostenibles.

- El acceso al agua es uno de los principales factores limitantes. Las prácticas agrícolas recientes hacen gran uso de agua. En 2025 podrían ser 3000 millones de personas las que carecieran de agua para usos esenciales, por lo que es iluso pensar que se puedan seguir ampliando indefinidamente los regadíos.
- El abuso de abonos nitrogenados y plaguicidas hace que el agua quede contaminada, con los consiguientes perjuicios ambientales y sanitarios. Entre 1950 y 1998 el uso de fertilizantes se multiplicó por nueve.
- Se gasta cada vez más energía, procedente mayoritariamente de los combustibles fósiles, un recurso no renovable.
- Ha habido una acentuada tendencia a la pérdida de biodiversidad de plantas de cultivo. Miles de variedades locales se han visto desplazadas por unas cuantas variedades de alto rendimiento, pero que a menudo no rinden en las condiciones de muchas zonas tropicales o subtropicales.

Nuevas alternativas

Dando por supuesto que no se puede (ni es conveniente) ampliar la superficie cultivada, el problema de la escasez cada vez mayor de agua, y dado que las variedades de esta revolución están llegando al límite de su productividad, será necesario seguir aumentando la productividad de los cultivos por otros medios. La innovación tecnológica será clave en esta tarea, y dentro de ella habría que lograr nuevas maneras de aprovechar el potencial de los genomas vegetales (y de otros organismos) para aumentar la producción de alimentos sin dañar el ambiente. Lo que se propone es elaborar propuestas que hagan compatible el desarrollo con la conservación del ambiente, una idea a la que se llama “desarrollo sustentable”. Algunas alternativas que harían posible este tipo de desarrollo serían:

- técnicas de cultivo más eficientes en el uso de agua y de insumos externos,
- desarrollo de plantas capaces de crecer en suelos ácidos y con metales,
- plantas resistentes a sequía, a salinidad, etc.
- plantas resistentes a plagas,
- plantas menos dependientes de aplicación de productos agroquímicos,

"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 Porqué Biotecnología

plantas con cualidades nutritivas mejoradas

Edición N° 59 de

Los aportes de la biotecnología moderna

Las técnicas modernas de la biotecnología podrían complementar y mejorar la eficacia de los métodos tradicionales de selección y mejoramiento para incrementar la producción agrícola. La biotecnología moderna podrá contribuir a las mejoras agrícolas mediante técnicas de ADN recombinante que permitirían:

- ü Caracterizar el material genético de seres vivos y buscar recursos genéticos valiosos de variedades silvestres o cultivadas que luego podrían incorporarse a los cultivos mediante cruzamientos tradicionales o mediante ingeniería genética. Por

ejemplo, la introducción de genes de resistencia a insectos y otras plagas permite un control más eficaz y ambientalmente seguro que los actuales métodos químicos.

- ü Obtener plantas transgénicas capaces de resistir frío, sequías, salinidad o estrés hídrico, de crecer en suelos ácidos o con alto contenido de metales, etc.
- ü Plantas con mejor contenido nutritivo, como semillas de soja con niveles superiores de ácidos grasos monoinsaturados, lo que logra un aceite más sano, que resiste más las altas temperaturas, y por lo tanto permite más uso para los fritos.
- ü Productos vegetales enriquecidos en macronutrientes y en micronutrientes (vitaminas, minerales), que podrían mejorar deficiencias nutritivas especialmente en países pobres cuyas poblaciones tienen poca variedad de dietas. También es posible enriquecer en las semillas el contenido de aminoácidos esenciales (que el cuerpo humano no pueden fabricar por sí mismo).

Mediante estas técnicas, la biotecnología pretende contribuir a una agricultura más sostenible al:

- ü Aumentar la producción por unidad de superficie cultivada, lo que podría desalentar la roturación de más tierras y áreas de gran valor ecológico.
- ü Lograr una menor dependencia de los insumos intensivos en energía y materiales (combustibles fósiles, pesticidas, fertilizantes).
- ü Permitir prácticas agrícolas menos dañinas, mediante un mejor aprovechamiento del agua, menores necesidades de laboreo, agricultura de precisión, etc.

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



El Cuaderno de Porqué Biotecnología

Edición N° 59 de

- ü Disminuir las pérdidas pos-cosecha.
- ü Mejorar la calidad del producto fresco o procesado.

ACTIVIDADES

OBJETIVOS:

1. Revisar los conceptos explicados en el texto.
2. Integrar conceptos empleados a lo largo del año.
3. Relacionar los conceptos trabajados en el texto con otros contenidos de la currícula.
4. Interpretar los contenidos a partir del trabajo con representaciones gráficas.

DESTINATARIOS:

Las actividades están destinadas a alumnos de EGB 2 y 3, y Polimodal, según la profundidad con que sean abordados los temas, y su relación con otros temas que se trabajan en el aula, incluso en otras disciplinas.

En EGB se puede vincular con temas como el desarrollo de la población humana, los recursos alimenticios y el desarrollo de la agricultura, y los aportes de las nuevas tecnologías.

Con los alumnos de Polimodal se puede profundizar en aspectos vinculados más directamente con la Revolución Verde, sus objetivos, el contexto socio-económico en que surgió, sus consecuencias y las alternativas que ofrece la biotecnología moderna.

CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS:

Uno de los aspectos a trabajar con los alumnos a partir de este Cuaderno, y que ya se ha destacado en otras ediciones, es el hecho de que el hombre desde siempre intervino y modificó la naturaleza a través de sus actividades.

En este caso particular, al trabajar la Revolución Verde es interesante analizar el contexto en que surgió, en un período de crecimiento acelerado de la población mundial que presagiaba una escasez de alimentos, fundamentalmente en los países más pobres. Por esto, el objetivo primordial se basaba en aumentar de la productividad de los cultivos como una alternativa para paliar el hambre en el mundo.

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



El Cuaderno de Porqué Biotecnología

Edición N° 59 de

Se sugiere elaborar este tema en conjunto con los docentes de Ciencias Sociales, al trabajar la población humana, su crecimiento y los recursos alimenticios. En este contexto es interesante trabajar el concepto de “desarrollo sustentable” que la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo define como “aquel que satisface las necesidades actuales de la humanidad sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”.

Asimismo, los alumnos de Polimodal pueden trabajar con los docentes de química aspectos vinculados a los agroquímicos más empleados, su estructura y características físico-químicas, así como sus consecuencias sobre el medio ambiente.

Al relacionar con la biotecnología moderna, es interesante dejar en claro algunos aspectos que relacionan estas nuevas tecnologías basadas en la ingeniería genética con las tecnologías tradicionales que emplean el mejoramiento a través de cruzamientos y selección. Por ejemplo, que la biotecnología moderna no reemplaza sino que complementa las técnicas que emplea la agricultura tradicional. Respecto de la relación con la Revolución Verde, es importante comprender que la biotecnología moderna no se presenta como una alternativa para paliar el hambre en el mundo, sino que ofrece soluciones puntuales a problemáticas específicas, como plantas resistentes a las sequías, o una mayor proporción de nutrientes en alimentos que constituyen la base de la dieta en determinadas regiones. Debido a que la biotecnología moderna no se limita

a un aumento en la productividad, es que ofrece diferentes tipos de productos como alimentos y medicamentos, que no sólo beneficia a los productores, sino también a los consumidores o a diferentes industrias en las que se aplican.

Como se explicó ya en el Cuaderno 43, resulta interesante el trabajo con representaciones gráficas, ya sea tablas, esquemas, cuadros, gráficos, para la comprensión de ideas y conceptos ya que permiten comprimir información, localizar ideas claves y establecer relaciones entre ellas. Es recomendable dedicarle un tiempo al análisis de esquemas para favorecer su interpretación y, en consecuencia, la comprensión de los conceptos que se pretende transmitir a través de su utilización.

El tipo de gráfico empleado dependerá del tipo de variables implicadas, si son continuas o discontinuas (siempre que se trate de variables cuantitativas, es decir que pueden medirse). Para las variables continuas se recomienda el uso de curvas

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



en coordenadas cartesianas o de histogramas. Los gráficos circulares o gráficos de torta son útiles cuando se desea demostrar porcentajes, en donde en forma rápida se puede distinguir el tamaño de las porciones.

ACTIVIDADES

ACTIVIDAD 1. Comprensión de conceptos

Nota para el docente: muchos de los conceptos trabajados en este cuaderno y que se busca repasar a través de estas preguntas, integran contenidos ya trabajados en cuadernos anteriores. Se adapta a alumnos de EGB y de Polimodal.

1. ¿Cuáles son las técnicas que emplea el hombre desde los comienzos de la agricultura con el fin de obtener cultivos con características más beneficiosas?
2. ¿Cuáles son las características que se seleccionan?
3. ¿Cuál fue el cultivo desarrollado por el científico Norman Borlaug y qué ventaja suponía en cuanto a la productividad de los cultivos?
4. ¿En qué países se implementó el cultivo de estas variedades y cómo cambió la producción de trigo y arroz a partir de los '60 con la Revolución Verde.? ¿Por qué tuvo un valor tan significativo en la India?
5. ¿Cuáles fueron las principales innovaciones tecnológicas implementadas en la denominada Revolución Verde?
6. ¿Qué relación se puede establecer entre el crecimiento de la población mundial y el comienzo de la revolución verde?
7. ¿Cuáles se consideran los efectos indeseables de la Revolución Verde que desaniman la continuidad de este tipo de prácticas?

8. ¿Cuáles serían las alternativas a este tipo de prácticas que permitirían aumentar la producción de alimentos con menos perjuicio para el ambiente?
9. ¿Cuáles podrían ser los aportes de la biotecnología moderna en la mejora de las prácticas agrícolas?

ACTIVIDAD 2. Análisis de representaciones gráficas

Nota para el docente: la siguiente actividad ofrece diferentes representaciones gráficas con el objetivo de visualizar los datos y analizarlos en relación con los conceptos estudiados. Según el nivel de profundidad con que se trabaje se pueden aplicar a alumnos de EGB 3 y de Polimodal.

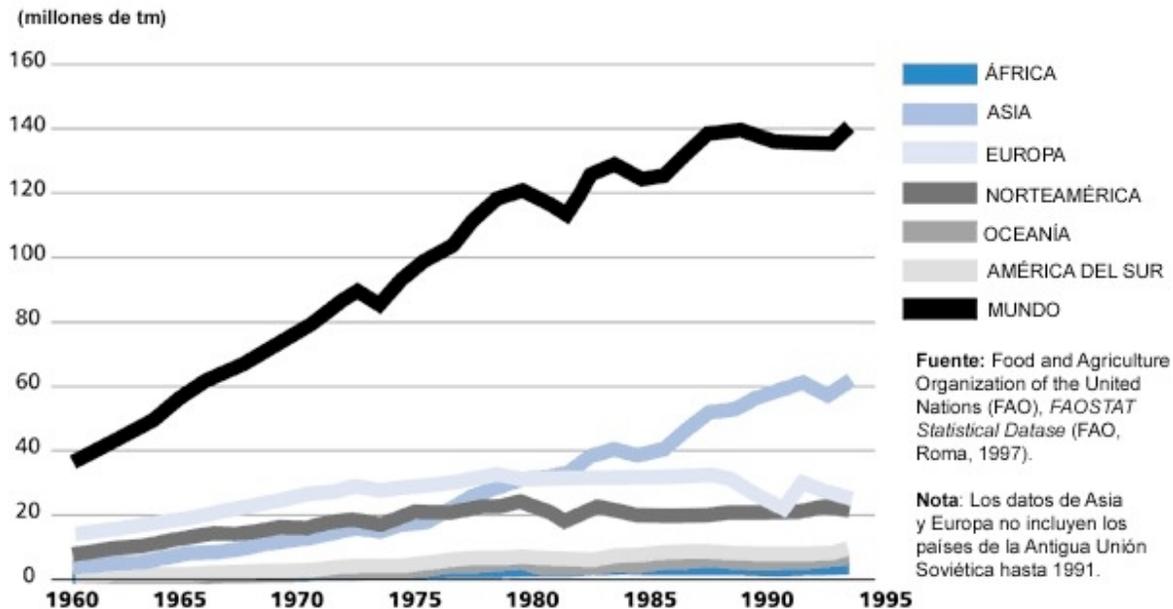
"El Cuaderno de PorquéBiotecnología" es una herramienta didáctica creada y desarrollada por el equipo pedagógico del Programa Educativo PorquéBiotecnología. Su reproducción está autorizada bajo la condición de que se aclare la autoría y propiedad de este recurso pedagógico por parte del Programa Educativo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



El Cuaderno de PorquéBiotecnología

Edición N° 59 de

Tendencias en el uso de fertilizantes (1961-1994)



Fuente: <http://noticias24horas.buenosdiasplaneta.org/descargas/diapos.html>

Aspectos para analizar con los alumnos:

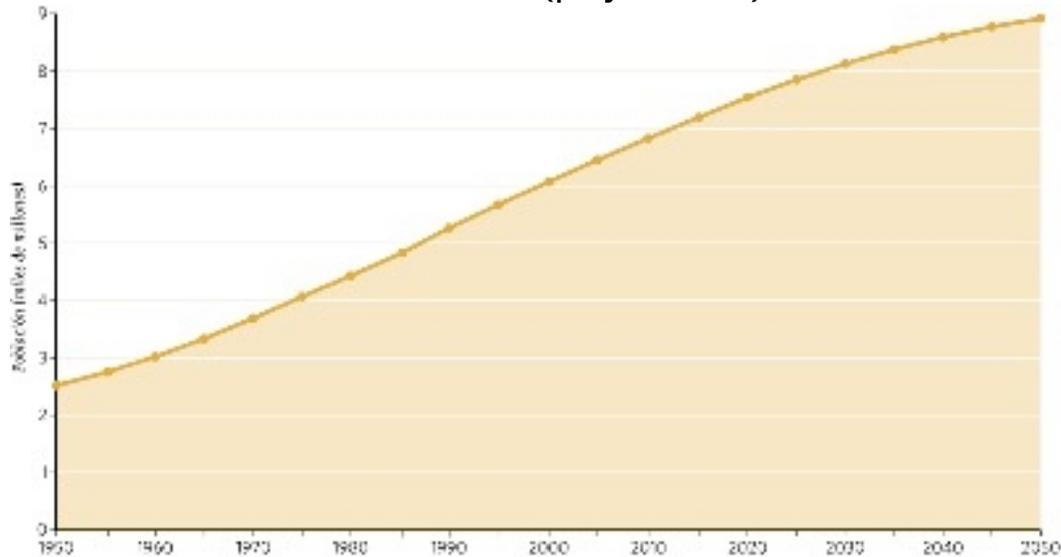
1. ¿Qué representa el gráfico (en su totalidad)? **Nota para el docente:** es importante que puedan comprender que el gráfico representa la variación de un parámetro en función de otro. En este caso particular, cómo varía el uso de fertilizantes (variable dependiente) en función del tiempo (variable independiente).
2. ¿Qué representa cada eje en particular?
3. ¿Qué representa cada curva?
4. ¿Qué relación entre la curva negra y el resto de las curvas representadas? **Nota:** la curva negra que representa la variación a nivel mundial se compone a partir de los datos del resto de las curvas.
5. Según el gráfico, ¿Cuál es el continente que habrá tenido mayor incidencia en la variación mundial en este período? **Nota:** la idea de esta pregunta es que los alumnos puedan analizar la forma de las curvas y deducir que la variación en Asia muestra un parámetro similar, de gran aumento, que marca la tendencia en el cambio mundial.
6. ¿Cómo se relaciona la respuesta anterior con lo aprendido acerca de la Revolución Verde y su desarrollo en Asia?

"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. ¿Qué tendencia se nota en el uso de fertilizantes a partir de la década de 1980? ¿Cómo se ve esto en el gráfico? **Nota:** es importante que los alumnos puedan diferenciar entre lo que muestra el gráfico y las interpretaciones que se hacen a partir de él, y de la aplicación de los conocimientos previos en el tema.
8. A continuación se muestran otras dos representaciones gráficas para analizar:

POBLACIÓN MUNDIAL 1950 - 2050 (proyecciones)



(El eje vertical lleva el título "Población, miles de millones")

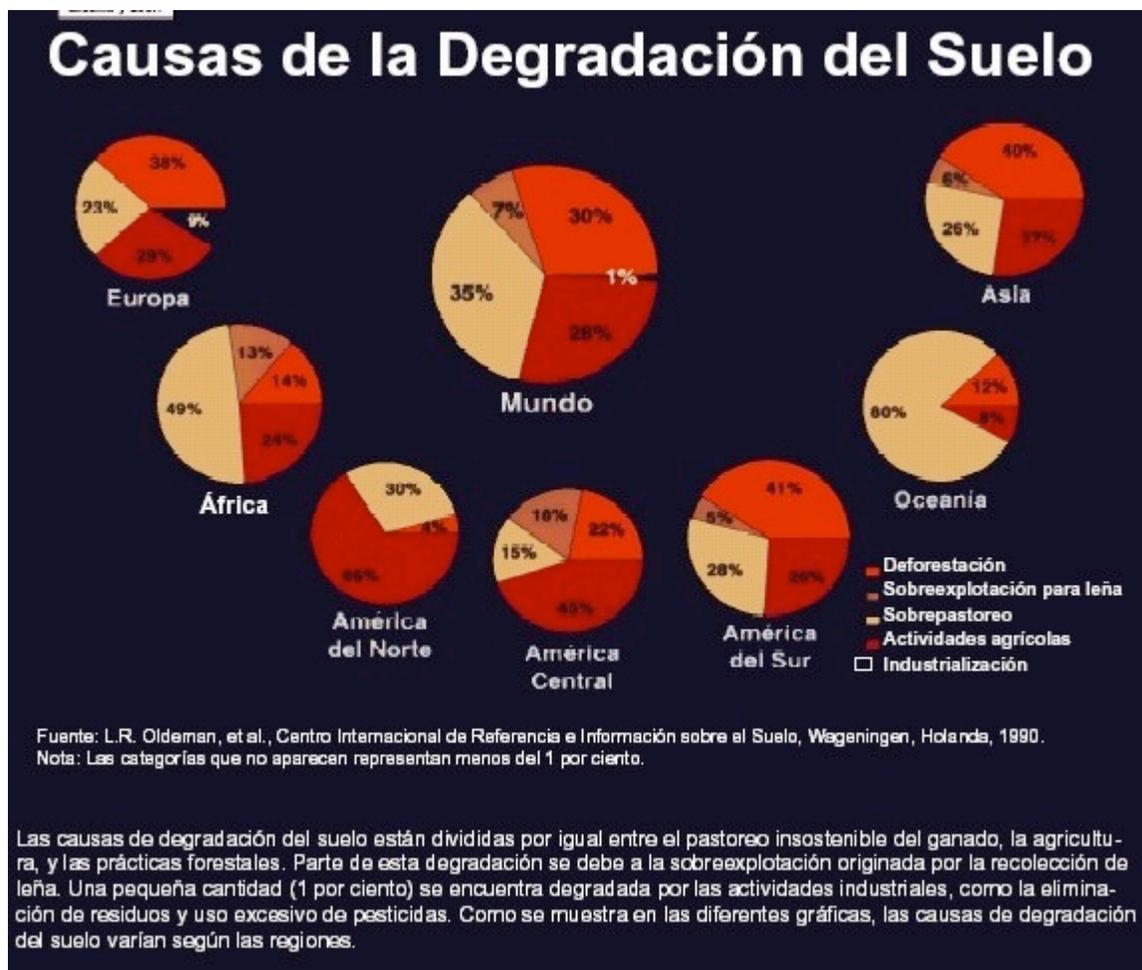
Fuente: <http://www.unfpa.org/swp/2004/espanol/tables.htm>

Analizar con los alumnos:

- qué representa esta representación gráfica, cuáles son las variables en juego,
 - cómo se relaciona con el gráfico anterior de variación en el uso de fertilizantes,
-
- cómo se relaciona con la información acerca de la Revolución Verde analizada a partir del Cuaderno.

Nota para el docente: en este caso particular se debe analizar con los alumnos qué significa la proyección hasta el 2050, y cuáles son los parámetros que se toman en cuenta para poder hacer tal perspectiva (tasa de fecundidad y de mortalidad, entre otros factores). Es interesante analizar este gráfico con la colaboración de docentes de Ciencias Sociales.

"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.



Fuente: <http://noticias24horas.buenosdiasplaneta.org/descargas/diapos.html>

Analizar con los alumnos:

- por qué resulta útil el empleo del gráfico de tortas,
- qué representa cada torta, y cómo se relacionan unos con otros (los gráficos de torta de cada región con el que representa la situación mundial).
- comparar el gráfico que representa a América del Sur con el gráfico del Mundo, y poder diferenciar cuáles son los factores predominantes de degradación del suelo en cada región.

"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.



d. ¿Qué relación se puede establecer entre los datos que aportan estos gráficos y la información obtenida acerca de la Revolución Verde?

Nota para el docente Se sugiere la colaboración de docentes de Ciencias Sociales en este trabajo.

ACTIVIDAD 3. Mejoramiento tradicional y moderno

A partir de la información aportada en este Cuaderno y de lo aprendido previamente acerca de la biotecnología moderna (ver Cuaderno 45, donde se desarrolla el método de producción del arroz dorado), se sugiere comparar dos proyectos de mejoramiento vegetal. Los resultados se pueden volcar en una tabla como la siguiente:

	Trigo enano	Arroz dorado
Objetivo del proyecto		
Institución / investigadores		
Período de realización		
Características del nuevo producto		
Beneficios / alcance		
Método de mejora utilizado		

Material de Consulta

Ecoespaña. RECURSOS PARA LA EDUCACIÓN. Colección de diapositivas: '50 tendencias en Medio Ambiente y Desarrollo'. Para entender de un golpe de vista la dimensión de la situación del planeta en población, energía, agua, tierra, aire y economía. Cada imagen cuenta con textos breves explicativos.

<http://noticias24horas.buenosdiasplaneta.org/descargas/diapos.html>

El estado de la población mundial – Reporte 2004. población y medio ambiente, migración y urbanización, sida, entre otros. Incluye tablas y gráficos.

<http://www.unfpa.org/swp/2004/espanol/ch1/page7.htm#1>

<http://www.unfpa.org/swp/2004/espanol/tables.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

<http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/gmo2.htm>

"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° 59 de

Libro electrónico. CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE

<http://www1.ceit.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>

Fitogenética: la revolución verde y los milenios anteriores

(<http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/gmo2.htm>)

Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde

<http://www.fao.org/docrep/003/w2612s/w2612s06.htm>

Biotecnología y la Revolución Verde. Entrevista con Norman Borlaug. Una entrevista original de ActionBioscience.org (2002)

<http://www.actionbioscience.org/esp/biotech/borlaug.html>.

Más allá de la revolución verde: un papel para la biotecnología Enrique Iáñez. Instituto de Biotecnología. Universidad de Granada.

<http://fai.unne.edu.ar/bioetica/agricultura.htm>

Información sobre conservación del medio ambiente y desarrollo sustentable, el crecimiento de la población, el uso de plaguicidas, etc.

http://www.iespana.es/natureduca/conserva_sostenible2.htm

IMPACTOS DE LA REVOLUCIÓN VERDE, AGRICULTURA CONVENCIONAL *por Ing.*

Fernando Queirós. COOPERATIVA DE EDUCACION Y COMUNICACION ALTERNATIVAS.

Uruguay. http://www.ecocomunidad.org.uy/coeduca/artic/impactos_verde1.htm

Del Hambre a los OGM: la iniciativa campesina. Dossier El Correo de la UNESCO. Enero 2001.

"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.