



TESIS DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

USO DE ENERGIA EN EL SECTOR DE ALIMENTOS

Autor: Federico Luchi

Legajo: 44144

Director de Tesis:

Ing. Pedro del Campo

Año 2009



## **ABSTRACT**

En el presente trabajo se analizan en profundidad los distintos consumos de energía del sistema de alimentos, haciendo foco en lo posible en Argentina, uno de los principales productores mundiales. El consumo de energía en estos sistemas esta íntimamente vinculado al desarrollo de los sistemas conocidos como industriales, donde la producción se basa en el uso de insumos de fabricación externa y el producto final suele atravesar etapas de procesamiento antes de ser transportado para su venta al consumidor final. Los sistemas industriales han sido muy ventajosos en términos económicos durante muchos años, pero en años más recientes se ha demostrado que la producción de alimentos no ha resultado inmune a los crecientes e inestables precios observados en el petróleo y sus derivados utilizados en dicha industria. Como conclusión del trabajo, se señala que los consumos de energía en el sector de alimentos son importantes y necesarios para asegurar un aprovisionamiento de alimentos suficiente para el mayor porcentaje de la población mundial posible. También se evidencia que existen diversas posibilidades de disminuir los mismos sin afectar en mayor medida a la productividad.

This study analyses the different energy uses in the food production system in depth, with special focus in Argentina, one the world's foremost food producers. Energy use in these systems is intimately related to the development of industrial systems, in which production is based in the use of external inputs and several stages of processing are involved before the final product is delivered to final consumers. Industrial systems have proven to be very convenient for decades, but in recent years the rise and instability of oil products prices have affected them significantly. The main conclusion reached by this study is that energy uses in the food production system are important and necessary to ensure a sufficient food supply for the greatest proportion of the world's population possible. It is also evidenced that there are diverse alternatives for reductions in energy consumption without affecting productivity.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente trabajo se analizan en profundidad los distintos consumos de energía del sistema de alimentos, haciendo foco en lo posible en Argentina, uno de los principales productores mundiales. Este sistema incluye tanto la producción primaria de los alimentos como las actividades de post-producción, como el procesamiento y el empaquetado. El trabajo se concentra en la primera etapa mencionada, aunque su consumo energético es comparativamente menor, debido a la gran cantidad de datos disponibles sobre el mismo que permiten obtener conclusiones de mayor relevancia.

El estudio del consumo de energía a nivel mundial esta ganando atención progresivamente, a medida que:

- las reservas de recursos fósiles se van agotando.
- los residuos y desechos provenientes de las fuentes de energía están impactando en el clima.
- se está impulsando el desarrollo de energías alternativas.

Generalmente, los primeros estudios vinculados al uso energético mundial no solían considerar al sector de alimentos. Sin embargo, la situación ha cambiado ya que durante el siglo XX, especialmente en la segunda mitad del mismo, el uso de energía en este sector se ha intensificado considerablemente. Esto se debe al desarrollo de los sistemas conocidos como industriales, donde la producción se basa en el uso de insumos de fabricación externa y el producto final suele atravesar etapas de procesamiento antes de ser transportado para su venta al consumidor final. Los sistemas industriales han sido muy ventajosos en términos económicos durante muchos años, ya que se ha logrado aumentar la productividad y los precios de la energía en sus distintas formas se han mantenido relativamente bajos.

En años más recientes, sin embargo, la producción de alimentos ha demostrado no ser inmune a los crecientes e inestables precios observados en el petróleo y sus derivados utilizados en dicha industria. Los mayores costos que experimentaron los productores en combustibles, fertilizantes y electricidad, entre otros insumos, son una de las principales razones detrás del considerable aumento de los precios de los principales productos alimenticios. La situación es preocupante, ya que entre otras consecuencias ha logrado revertir una tendencia declinante en la población mundial que sufre de malnutrición y ha hecho desaparecer industrias pesqueras regionales ante la pérdida de rentabilidad.

Como conclusión del trabajo, se señala que los consumos de energía en el sector de alimentos son importantes y necesarios para asegurar un aprovisionamiento de alimentos suficiente para el mayor porcentaje de la población mundial posible. También se evidencia que existen diversas posibilidades de disminuir los mismos sin afectar en mayor medida a la productividad. Argentina presenta excelentes condiciones para la producción de alimentos que aun no termina de explotar en su totalidad por diversos motivos. El país también presenta algunas situaciones puntuales preocupantes, como la tendencia a la sojización de la producción agrícola. Este trabajo captura todos estos aspectos, sus consecuencias y las oportunidades de mejora existentes.

## TABLA DE CONTENIDOS

### INTRODUCCIÓN

1. DISTINTAS ENERGÍAS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS.....	4
1.1 Energía natural.....	4
1.2 Energías humana y animal.....	4
1.3 Energía fósil .....	6
1.3.1 Producción primaria agropecuaria .....	6
1.3.2 Producción primaria de la pesca y acuicultura .....	8
1.3.3 Otros consumos en la cadena.....	9
1.3.4 La situación actual y futura.....	9
2. LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN EL MUNDO Y EN ARGENTINA.....	17
2.1 Evolución de la agricultura.....	17
2.1.1 En el mundo.....	17
2.1.2 En Argentina.....	20
2.1.3 Cambios producidos por la revolución agrícola y situación actual en el mundo y en Argentina.....	24
2.2 Evolución de la ganadería.....	32
2.2.1 En el mundo.....	32
2.2.1 En Argentina.....	38
2.3 Evolución de la pesca de captura y la acuicultura.....	42
2.3.1 En el mundo.....	42
2.3.2 En Argentina.....	46
2.4 Otros cambios significativos que han impactado en la producción de alimentos.....	50
3. USO DE ENERGÍA EN PRODUCCIÓN PRIMARIA AGRÍCOLA.....	51
3.1 Consumos directos.....	51
3.1.1 Labranza, implantación y defensa.....	51
3.1.2 Cosecha.....	58
3.2 Consumos indirectos .....	58
3.2.1 Fertilizantes .....	58
3.2.2 Control de plagas.....	74
3.2.3 Semillas.....	86
3.2.4 Riego .....	87
3.3 Los cultivos relevados: características salientes.....	89
3.3.1 Soja .....	90
3.3.2 Maíz.....	91

3.3.3 Trigo.....	92
3.4 Pérdidas en cosecha en Argentina.....	94
3.5 Cálculo de eficiencia actual.....	95
3.5.1 Modelo propio.....	95
3.5.2 Estudios EE.UU. ....	97
3.5.3 Estudios Brasil.....	100
3.5.4 Estudios Argentina.....	103
3.5.5 Estudios Reino Unido.....	108
3.5.6 Resumen.....	108
3.6 Comparación de distintos planteos de cultivos.....	109
3.6.1 Agricultura orgánica vs. convencional.....	109
3.6.2 Riego vs. Secano.....	114
3.6.3 Siembra directa vs. labranza convencional.....	118
3.6.4 Monocultivo vs. rotación.....	122
3.6.5 Doble cultivo.....	123
3.6.7 Agricultura de Precisión.....	124
3.7 Evolución histórica de la eficiencia.....	132
3.8 Desarrollos potenciales.....	133
4. USO DE ENERGÍA EN PRODUCCIÓN PRIMARIA PECUARIA.....	135
4.1 Consumos energéticos en la producción de alimentos.....	136
4.1.1 Pastos y forrajes.....	136
4.1.2 Granos.....	140
4.1.3 Los índices de conversión de alimentos: determinantes y evolución .....	148
4.1.4. Consumo de alimentos para las distintas especies.....	151
4.2 Otros consumos.....	157
4.2.1 Vacuno.....	158
4.2.2 Porcino.....	159
4.2.3 Avícola.....	160
4.3 Las especies relevadas: características salientes.....	160
4.3.1 Vacuno.....	160
4.3.2 Porcino.....	161
4.3.3 Avícola.....	162
4.4 Cálculo de eficiencia actual.....	163
4.4.1 Vacunos.....	164
4.4.2 Porcino.....	170
4.4.3 Avícola.....	172
4.5 Evolución histórica de la eficiencia.....	176
4.6 Estudio de alternativas.....	176

5. USO DE ENERGÍA EN LA PESCA Y LA PRODUCCIÓN PRIMARIA ACUÍCOLA.....	180
5.1 Pesca de captura.....	180
5.1.1 Consumos directos: consumo de combustible.....	180
5.1.2 Consumos indirectos.....	184
5.1.3 Determinación de la eficiencia.....	184
5.1.4 Evolución de la eficiencia en el tiempo.....	185
5.1.5 Potenciales mejoras de eficiencia.....	186
5.1.6 Impacto ambiental.....	187
5.2 Acuicultura .....	188
5.2.1 Alimentación .....	188
5.2.2 Consumos de energía en la mecanización.....	196
5.2.3 Determinación de la eficiencia energética actual.....	197
5.2.4 Evolución de la eficiencia en el tiempo.....	204
6. CONSUMOS DE ENERGÍA EN POST-PRODUCCIÓN.....	205
6.1 Transporte.....	205
6.1.1 Transporte en mercado interno.....	205
6.1.2 Comercio exterior.....	207
6.2 Agricultura: pérdidas durante el periodo de postcosecha.....	207
6.3 Procesamiento.....	208
6.3.1 Productos agrícolas.....	208
6.3.2 Productos pecuarios.....	208
6.3.3 Productos pesqueros.....	209
6.4 Packaging.....	210
6.5 Refrigeración.....	211
6.6 Cocción.....	213
7. CONSUMOS DE ENERGÍA E IMPACTOS AMBIENTALES TOTALES.....	215
7.1 Productos primarios.....	216
7.2 Productos industriales.....	216
7.2.1 Spaghetti.....	216
7.2.2 Puré de papas (en base a polvo) .....	217
7.2.3. Maíz enlatado.....	218
7.2.4 Pan lactal.....	218
7.2.5 Café.....	219
7.2.6 Espinaca congelada.....	219
7.2.7 Manteca.....	220
7.2.8 Ketchup.....	221
7.3 Productos mixtos: el caso del Big Mac.....	221

8. CONCLUSIONES.....	225
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	230



## INTRODUCCIÓN

La importancia de la producción de alimentos para la sociedad es indudable, ya que los seres vivos dependen de la energía, proteínas y otros compuestos provenientes de los mismos para poder subsistir. El mundo tal cual lo conocemos hoy no sería posible sin un aprovisionamiento seguro de alimentos y es por eso que la adopción de la agricultura, en reemplazo de la caza y recolección prehistóricas, es considerada por muchos especialistas como el desarrollo más importante en la historia de la humanidad.

Este trabajo tiene como objetivo analizar los consumos energéticos asociados a la producción de alimentos y su eficiencia. Se hace hincapié en Argentina

- por tratarse de un país con un sector productivo de alimentos desarrollado, fundamentalmente en agricultura y ganadería, aunque esta última en un plano menor. Analizando la economía como conjunto, se observa que el sector es de suma importancia.
- por presentar oportunidades de mejora en el sistema en conjunto, por un lado, y de crecimiento en los subsectores menos desarrollados, que merecen un análisis. En el caso de la ganadería, por ejemplo, se tiene una referencia muy cercana en Brasil, país que hoy en día se encuentra entre los líderes en la producción de las principales especies.
- porque hay escasos estudios propios del país en lo que al consumo energético de la actividad se refiere y los que se han realizado presentan ciertos errores y simplificaciones.
- porque se han producido cambios relativamente recientes en las técnicas productivas del sector agrícola, que merecen un estudio profundo de sus características y consecuencias. Muchos especialistas sostienen que, planteado como lo está actualmente, existen ciertos factores que hacen dudar de la sustentabilidad de dicho sector a largo plazo. Es por eso que en este estudio se considera no solo la realidad presente hoy en día sino también las consecuencias que está tendrá en el futuro.

En cuanto a los distintos subsectores productivos, se aclara que no se analizará en profundidad el fruti hortícola debido a la escasa cantidad de datos que se han podido relevar del mismo.

## Uso de energía en el sistema de alimentos

Para poder determinar la eficiencia de cada sistema productivo, por un lado se analizan en detalle las características de cada input y proceso utilizado en la producción primaria y la post-producción, incluyendo con el mayor grado de detalle posible distintos aspectos, como las tendencias de consumo de los insumos, sus propiedades, las tecnologías disponibles para eficientizar el consumo y el impacto ambiental que genera.

Por otro lado, es necesario cuantificar la cantidad de energía necesaria para cada insumo y proceso. Hay que aclarar que el procedimiento de cálculo para los consumos directos e indirectos no es el mismo. Mientras que los combustibles tienen una determinada conversión calórica, los inputs como fertilizantes, pesticidas y envases surgen de procesos industriales en los que se utilizan una gran cantidad de insumos y procesos distintos. En la medida de lo posible, se trata de conseguir la mayor cantidad de datos para modelar adecuadamente la determinación los equivalentes energéticos de estos insumos. Sin embargo, en algunos casos se recurre directamente a datos de otros estudios que no detallan los procedimientos utilizados para su obtención. Una vez calculado el consumo energético de cada producto en detalle, es posible identificar las áreas críticas de cada proceso y evaluar donde existen los mayores potenciales de mejora.

Hay que aclarar que el cálculo del consumo de energía no tiene en cuenta en ninguna etapa al trabajo humano ni la energía solar. En el caso del trabajo humano, esto se debe a que no es comparable con el resto de los insumos utilizados en los sistemas productivos. En cuanto a la radiación solar, su magnitud excede al input de energía fósil por tres órdenes de magnitud y es prácticamente igual en todas partes del mundo, por lo que su inclusión en los balances energéticos sólo generaría distorsiones en los cálculos. Para insumos como la maquinaria y las construcciones asociadas a los distintos sistemas, los usos y coeficientes energéticos presentes en la literatura son muy aproximados, por lo que se prefiere no tenerlos en cuenta para este trabajo. A pesar de lo mencionado, hay que aclarar que algunos estudios evaluados a fines comparativos si consideran algunos de estos consumos.

En el caso del output, el otro componente de la ecuación, la unidad de referencia utilizada es la tonelada, por lo que el cálculo del consumo de energía se expresa en MJ/ton. Adicionalmente, se estima en lo posible el contenido de proteína de 1 tonelada de producto final, para poder comparar con mayor propiedad a los distintos alimentos.

Se aclaran algunos aspectos adicionales vinculados a la metodología:

- cuando resulta posible, especialmente al analizar la agricultura, se analizan adicionalmente los sistemas productivos de Brasil y EE.UU., dos países de

relevancia en la producción de alimentos. Esto permite realizar comparaciones con lo que sucede en Argentina.

- existe una gran diversidad de valores en distintos estudios para datos clave como el consumo de cada input y los valores utilizados para la conversión a unidades de energía, por lo que en algunos casos se decide utilizar valores promedio.
- se trabaja con unidades correspondientes al sistema métrico, que es el utilizado en Argentina.
- en los cálculos, tanto en agricultura como en ganadería, sólo se considera como producto final al grano o la carne en cuestión, para ser consistente con la mayor parte de los estudios. Igualmente se aclarar que cantidades se obtienen de subproductos agrícolas o peso no utilizable en cada caso.

En resumen, este trabajo propone:

- en primer lugar, entender la evolución de los principales sistemas de producción de alimentos en las últimas décadas.
- luego, hacer foco en los distintos usos de energía característicos de cada sector y las tecnologías involucradas en su producción (en el caso de inputs indirectos) y aplicación/uso (para directos e indirectos).
- después de completados los dos primeros pasos, determinar la eficiencia actual del consumo energético, midiendo el aporte que cada alimento otorga al ser consumido, en función de su contenido calórico o proteico real, y estableciendo una relación output/input. También se analizan en lo posible datos históricos para evaluar si se ha logrado mejorar el proceso en cuestión en los últimos años.
- por último, realizar un resumen de las principales conclusiones y oportunidades de mejora percibidas.

## **1. DISTINTAS ENERGÍAS EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS**

### **1.1 Energía natural**

Las plantas y algas son los productores primarios naturales de alimentos, ya que son los únicos organismos que poseen la capacidad de convertir energía solar en alimento no sólo para uso propio sino para el de otras especies, mediante la fotosíntesis. Sin embargo, esta propiedad, sin ayuda de métodos artificiales, pone un límite a la cantidad de alimento que se puede producir durante una determinada cantidad de tiempo en un lugar específico. La explicación se encuentra en que, a pesar de que la cantidad de energía solar recibida por nuestro planeta es dos órdenes de magnitud superior a la utilizada en los combustibles, los productores primarios sólo aprovechan un 0,1% de la misma. La mitad de la energía solar fijada a nivel mundial pertenece a los sistemas terrestres, a pesar de que estos ocupan menos del 30% de la superficie global. Esto es producto de la pobre penetración de la luz solar en las aguas profundas de los sistemas acuáticos, una de las razones principales por las que estos últimos proveen un menor porcentaje de las necesidades de alimentos que los terrestres.

Debido a que parte de la energía capturada es utilizada para consumo propio y el de bacterias y otros patógenos, nos encontramos con que aproximadamente solo un 60% de esa energía capturada puede ser transferida a los consumidores primarios. Luego, cada eslabón posterior en las cadenas tróficas obtiene solo un 10% de la energía del anterior como máximo, limitando las mismas a no más de 4 o 5 componentes.

Otra energía natural que se ha aprovechado en gran parte de la historia de la humanidad ha sido la del viento como propulsora de las embarcaciones pesqueras. En cuanto a las energías renovables como la eólica y la solar, como se analizará más adelante su uso en el sector aun es incipiente.

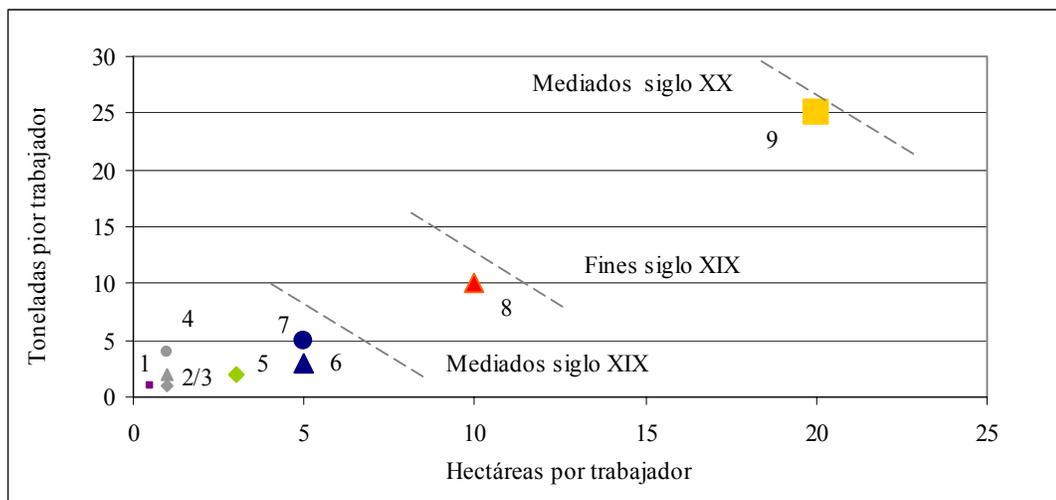
### **1.2 Energías humana y animal**

Hasta principios del siglo XX todavía eran frecuentes, aún en países desarrollados, los predios de unas pocas hectáreas por trabajador, trabajando tanto lo agrícola como lo ganadero. Las únicas fuentes adicionales de energía de la gran mayoría de los sistemas de producción de alimentos eran el trabajo humano y la tracción de los propios animales, como los bueyes, necesarias para realizar labores como la siembra y la cosecha y el transporte de los productos. En su reporte “Estado mundial de la Agricultura” del año 2000, la FAO (Organización Mundial de la Alimentación y la Agricultura) destaca los 8 sistemas agrícolas principales en el mundo hasta 1950, ordenándolos por productividad creciente por hectárea:

- agricultura manual con riego.
- agricultura manual sin riego.
- cultivo de arroz con riego y empleo de tracción animal, con una cosecha al año.
- cultivo de arroz con riego y empleo de tracción animal, con dos cosechas al año.
- cultivo con tracción animal ligera con siembra en una estación.
- cultivo con tracción animal pesada con siembra en una estación.
- cultivo con tracción animal pesada con siembra en dos estaciones.
- cultivo con tracción animal mecanizada con siembra en una estación.
- primeros sistemas de cultivo con mecanización a motor (mecanización motorizada nivel I, se define más adelante en este trabajo).

El Gráfico 1.1 muestra estos sistemas para tener una mejor idea de lo que ha significado cada una de estas etapas en términos de mejora de productividad.

**Gráfico 1.1 - Productividad comparativa de los principales sistemas agrícolas del mundo hasta mediados del siglo XX**



## Uso de energía en el sector de alimentos

La relación entre el sistema menos eficiente y el más productivo, que incluye a la mecanización por primera vez, era de aproximadamente uno a treinta. Hoy en día, con casi 60 años adicionales de desarrollo agropecuario, la productividad de la agricultura manual no se ha modificado. Sin embargo, este sistema sigue siendo uno de los más extendidos en el mundo, particularmente en las regiones de menor desarrollo.

En los sistemas ganaderos se observa que las limitaciones en la productividad de los cultivos determinaban que los animales en muchos casos no tenían acceso a dietas de propiedades nutritivas óptimas, como las utilizadas actualmente. Esto afectaba significativamente la eficiencia de producción de los mismos. En cuanto a los sistemas pesqueros, muchas especies no podían ser capturadas fácilmente debido a que las embarcaciones y sus equipos de pesca no eran aptos para grandes traslados.

### 1.3 Energía fósil

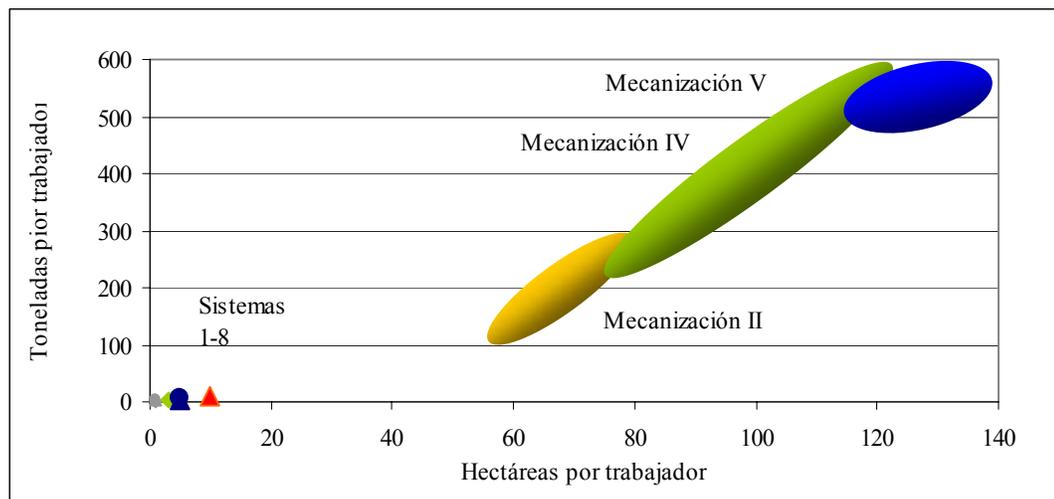
Las limitaciones de los sistemas mencionados han sido superadas en gran parte con la aparición de los combustibles fósiles como fuentes complementarias de energía. Su aparente inagotabilidad, alto contenido y precio relativamente bajo (salvo en períodos específicos), permitieron hasta hace unas décadas una utilización creciente de los mismos en estos sistemas de producción. Este uso puede ser:

- **directo:** como en el caso del combustible utilizado en tractores o buques pesqueros.
- **indirecto:** como materia prima para la producción de fertilizantes y herbicidas o como fuentes de energía necesarias para el procesamiento y el transporte a destino final de los alimentos.

#### 1.3.1 Producción primaria agropecuaria

Utilizando la energía fósil, la agricultura actual puede exceder productividades de 500 tons por hectárea-trabajador, un valor 500 veces mayor al de la agricultura manual. Esto hace que la brecha entre los sistemas más y menos productivos hoy sea 20 veces mayor a la existente 50 años antes, como puede apreciarse en el Gráfico 1.2.

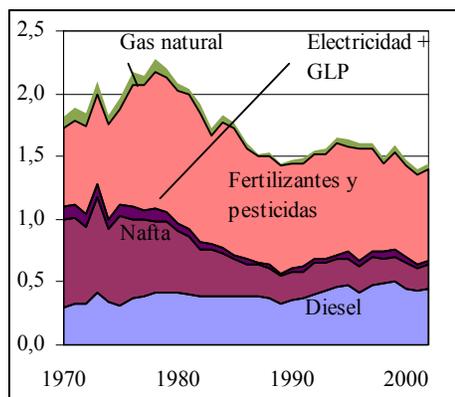
**Gráfico 1.2 - Diferencias de productividad entre sistemas de producción agrícolas modernos**



En cuanto a la ganadería, los aumentos en la producción de cultivos, con el consecuente aumento en su uso como alimento ganadero, sumados a la posibilidad que otorga el uso de energía de intensificar los métodos productivos (con confinamiento, por ejemplo) también han permitido aumentos considerables en la productividad.

Diversos estudios sostienen que después de haber aumentado hasta la década del '80 aproximadamente, el uso de energía en la producción primaria agrícola de los países desarrollados se ha mantenido estable, producto de cambios en las prácticas de producción que se analizarán en la presente Tesis. Si se tienen en cuenta las estadísticas de EE.UU., uno de los pocos países que tiene datos completos en la materia, el consumo de energía actual es un 25% menor al máximo alcanzado. En el Gráfico 1.3 y la Tabla 1.1. se presentan las cifras disponibles de dicho país.

**Gráfico 1.3 y Tabla 1.1 - Consumo de energía en la producción primaria agropecuaria de EE.UU, por fuente y rubro. (izq): evolución, (der.): año 2002**



Combustibles (excluye riego)	40%
Diesel	25%
Nafta	9%
Gas Natural	1%
LPG	5%
Electricidad (excl. Riego)	18%
Fertilizantes	29%
Pesticidas	6%
Riego	7%

En Argentina, en cambio, un estudio reciente señala el consumo de energía directa (combustibles y electricidad) del sector agropecuario ha aumentado un 230% entre 1970 y 2004. A esto hay que sumarle el mayor uso que se registra en inputs como fertilizantes y pesticidas, lo que también significa un mayor consumo de energía.

### 1.3.2 Producción primaria de la pesca y acuicultura

La motorización de las flotas pesqueras ha permitido aumentar considerablemente las capturas y lograr un mayor aprovechamiento de las distintas especies. Un estudio que integra datos de 250 pesquerías alrededor del mundo para el período 2000/2001, llega a la conclusión de que la pesca consume aproximadamente 50 billones de litros de combustible al año, lo que representa un 1,2% de la demanda global de los mismos. Aunque este porcentaje puede parecer poco significativo, equivale aproximadamente a la demanda anual de Holanda, país que ocupa la 18va posición entre los consumidores mundiales de petróleo. Más aún, esta estimación probablemente sea inferior al valor real, ya que no se tuvieron en cuenta las pesquerías continentales y las de agua dulce y, aun más relevante, las pesquerías ilegales que se sabe que capturan varios millones de toneladas al año.

En cuanto a la acuicultura, las mayores capturas logradas por la pesca son uno de los principales factores que han permitido el crecimiento de la actividad, ya que en muchos casos el pescado y subproductos derivados del mismo constituyen la base de la alimentación.

### 1.3.3 Otros consumos en la cadena

Existen otros consumos energéticos de importancia en la cadena que va desde la producción primaria de los alimentos hasta el consumidor final. Cuando se analiza el sector en conjunto, también en EE.UU, los mismos estudios señalados anteriormente sostienen que la misma es responsable por entre un 10 y un 17% del consumo total de energía, dependiendo de los eslabones de la cadena que se consideren. En la Tabla 1.2 puede verse la distribución de los consumos en la cadena completa.

**Tabla 1.2 - Uso de Energía en la producción de alimentos en EE.UU, por etapa**

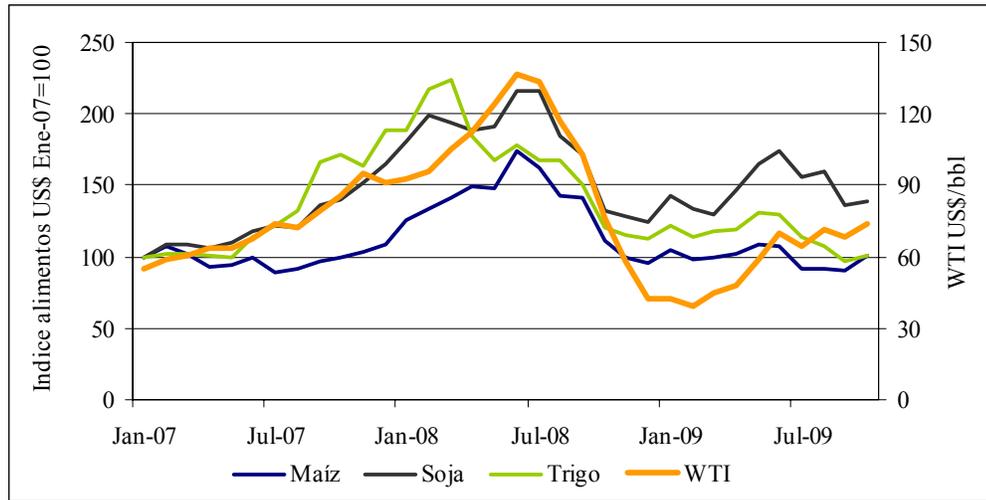
Producción Primaria	21%
Transporte	14%
Procesamiento	16%
Packaging	7%
Venta (Supermercados, etc.)	4%
Refrigeración/preparación	38%
Hogares	31%
Restaurantes	7%

En países menos industrializados, donde el sector de alimentos tiene una mayor importancia relativa en la economía, estos valores pueden estar más cerca del 50%. Citando nuevamente el estudio disponible para la Argentina, vemos que sólo el consumo de energía directa de la producción primaria representa casi un 6% del consumo energético total nacional, mientras que en EE.UU. representa tan solo un 2%.

### 1.3.4 La situación actual y futura

Como puede observarse en el Gráfico 1.4, en 2008 el precio de los alimentos aumentó considerablemente con respecto a los valores de años recientes, desatando conflictos a nivel mundial que llevaron a más de 40 gobiernos a imponer medidas de emergencia, como restricciones a las exportaciones. Entre los principales factores responsables se encuentra el aumento de los costos productivos, en particular el experimentado por los vinculados a insumos energéticos, que dependiendo del producto en cuestión pueden representar hasta un 60-70% de los costos operativos (sin incluir como costo la amortización de tierras y maquinarias) totales.

**Gráfico 1.4 - Evolución comparativa reciente de los precios de los principales commodities agrícolas y el petróleo (WTI)**

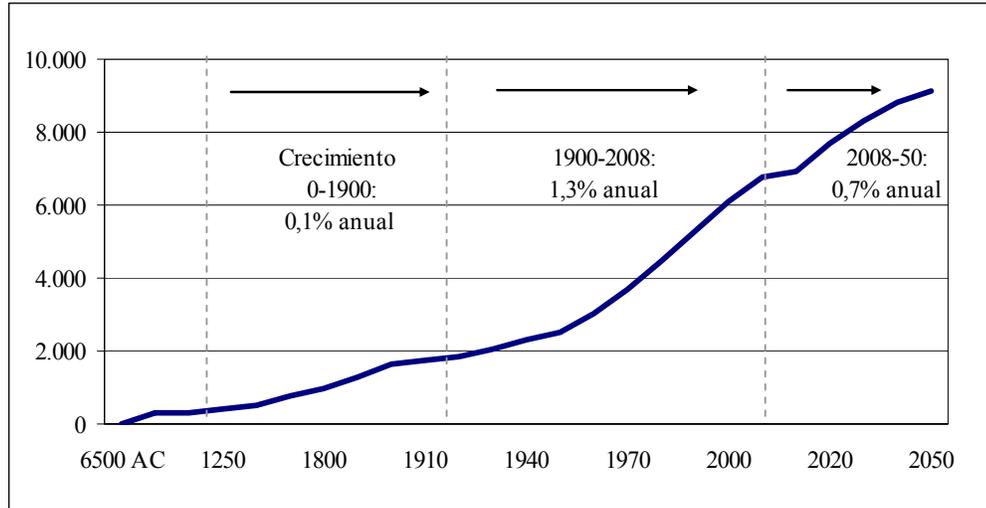


Evaluando posibles tendencias en el mediano y largo plazo, existen aspectos importantes vinculados entre si y que demandarán un mayor consumo de energía y/o una mejor eficiencia.

***i. Evolución de la población mundial***

El Gráfico 1.5 muestra la evolución de la población mundial desde su surgimiento. Diversos demógrafos predicen que la misma recién se estabilizará en torno a los 10.000 millones de habitantes en la segunda mitad del siglo XXI, producto de una disminución en el crecimiento demográfico, ya observable en los países desarrollados e incipiente en los en desarrollo. Esto implica una cantidad de habitantes aproximadamente el doble de la actual, que se estima necesitará aproximadamente el triple de alimentos. La disparidad entre un crecimiento y el otro surge principalmente de la necesidad de eliminar el hambre que ya existe.

**Gráfico 1.5 - Población mundial, en millones, y crecimiento por período**

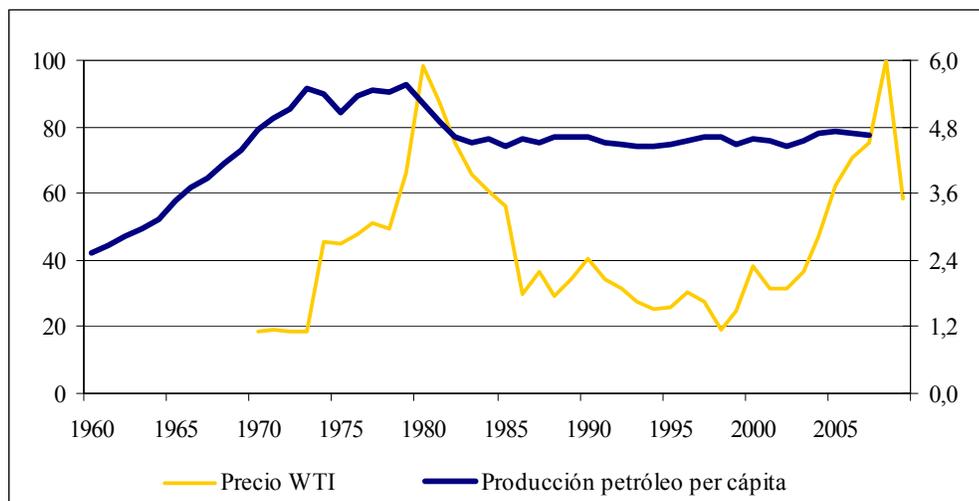


**ii. Mayor productividad necesaria**

Existen claros obstáculos para poder alimentar a una mayor población a futuro. Por un lado, se observa que la disponibilidad de tierras para la expansión de la superficie cultivable es limitada. Muchas regiones ya están totalmente explotadas, e inclusive existen otras peligrosamente degradadas, cuya producción probablemente no sea sustentable en el tiempo. Esto deja como soluciones una mayor intensificación, que implica un uso incremental de insumos, o avances tecnológicos que no impliquen necesariamente mayores inputs, como desarrollos biotecnológicos.

En cuanto a la primera alternativa mencionada, algunos datos recientes sugieren que un aumento considerable en el consumo de insumos vinculados al petróleo y sus derivados presenta ciertas complejidades. Por un lado, el ratio de energía fósil disponible per capita ha dejado de aumentar desde la década del '80, como muestra el Gráfico 1.6.

**Gráfico 1.6 - Evolución de la producción mundial per cápita y el precio del petróleo**



Esto se debe a que las reservas de combustible son finitas por naturaleza y a que la población mundial sigue en aumento. Diversos geólogos petroleros estiman que las reservas se agotarán en 40-50 años, horizonte en permanente revisión debido a la potencial explotación de yacimientos económicamente inviables hasta hace pocos años. Sin embargo, estos últimos necesitan de precios de los combustibles más altos que los históricos. Por otro lado, muchas de las energías alternativas que se proponen en la actualidad aún presentan problemas serios, como la competencia en el uso para alimentos que se ve en los granos utilizados en los biocombustibles o la poca eficiencia en términos de costo y captura de energía por cm<sup>2</sup> de los sistemas de energía solar. Es por eso que hoy en día se acepta casi como un hecho que los precios de los combustibles a futuro se mantendrán en niveles similares, e incluso superiores, a los actuales.

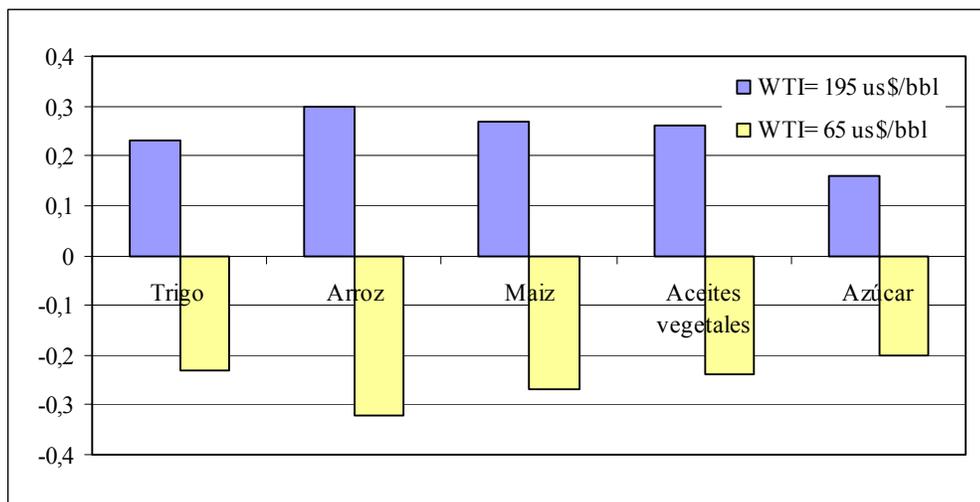
Analizando el impacto de esta situación en la producción de alimentos, se prevé que los costos van a modificarse a largo plazo. Esto hará que mantener los esquemas actuales o intensificar aún más la producción sin analizar la eficiencia resulte cada vez más caro para los productores y pescadores y comprometa su rentabilidad. En la Conferencia de Alto Nivel de Roma de la FAO, realizada en junio de 2008, fueron evaluados una serie de posibles escenarios futuros para la agricultura, utilizando software de modelización. El propósito principal fue cuantificar el impacto, a mediano plazo, de variaciones hipotéticas en distintos *drivers* de la producción sobre los precios mundiales de los principales productos básicos agrícolas. Para simplificar, sólo se tuvieron en cuenta los efectos sobre los costos de producción primaria y sobre la demanda de materias primas para biocombustibles. Se dejaron de lado, aunque también se vean afectadas por los precios de la energía, a etapas posteriores como el transporte y la elaboración.

Para analizar el impacto de los precios del petróleo, se examinaron dos escenarios contra uno de referencia en el que el precio es 130 us\$ por barril, nivel medio presumido en ese momento para 2008 (el real fue de 100 us\$):

- aumento de los precios del petróleo a 195 us\$ por barril en 2009 y 2010 (50% por encima del nivel de base de 130 us\$).
- caída de los precios del petróleo a 65 us\$ por barril en 2009 y 2010 (50% por debajo del nivel de base).

El Gráfico 1.7 muestra los resultados de la simulación. Estos indican que una reducción a la mitad de los precios del petróleo daría lugar a una disminución significativa de los precios de los productos básicos agrícolas, entre el 21% y el 32% para 2010, dependiendo del producto básico. Por el contrario, una duplicación de los precios del petróleo provocaría un aumento de los precios que oscilaría entre el 16% y el 30%.

**Gráfico 1.7 - Estimación del efecto de variaciones del precio del petróleo en el precio de los alimentos en 2010**



Estas conclusiones son consecuentes con el aumento reciente observado en algunos de los insumos productivos más íntimamente relacionados con el precio de la energía, dejando de lado los combustibles, como fertilizantes y pesticidas.

En cuanto a la pesca, las capturas mundiales actuales son prácticamente iguales a las de hace 15 años. Debido a la intensificación sin control que ha sufrido la actividad, hoy en día se estima casi imposible lograr un mayor output por decisiones como un aumento del tamaño de la flota. A lo largo de la última década, la FAO ha llevado a cabo una

serie de estudios internacionales sobre la vinculación entre la rentabilidad del sector de capturas y el precio de los combustibles. El más reciente tuvo como objetivo determinar que porcentaje de los ingresos y costos correspondieron a los gastos en combustible en distintos períodos, para diferentes pesquerías y regiones. Las conclusiones se detallan en la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3 - Evolución de los costos de combustible como porcentaje de los ingresos por desembarques en países en desarrollo y desarrollados, según técnica de pesca**

	'95-'97	'99-'00	'02-'03	2005(e)
Países en desarrollo	19%	21%	22%	43%
<i>Demersal activo</i>	17%	30%	26%	52%
<i>Pelágico activo</i>	17%	18%	17%	34%
<i>Arte pasivo</i>	19%	17%	19%	39%
Países desarrollados	11%	10%	10%	20%
<i>Demersal activo</i>	11%	9%	14%	29%
<i>Pelágico activo</i>	<i>n.d.</i>	8%	5%	11%
<i>Arte pasivo</i>	6%	5%	5%	9%
<b>Promedio global</b>	<b>15%</b>	<b>17%</b>	<b>19%</b>	<b>37%</b>

Se puede observar que:

- los propietarios de barcos de los países en desarrollo pagan por el combustible una parte de sus ingresos mucho más alta que los de los países desarrollados, lo que los hace mucho más sensibles a un aumento de los precios del combustible. Es llamativo el caso de las artes de pesca pasivas, donde el gasto como proporción de los ingresos es al menos tres veces superior.
- la proporción media que supone el costo del combustible del total de ingresos ha aumentado del 15% al 37% entre 1995 y 2005. Para el mismo período, el WTI se incrementó un 138% en dólares constantes y hoy se encuentra en niveles aún superiores.

Teniendo en cuenta estos datos, se puede entender la razón de las conclusiones de otro estudio anterior. Entre 1995 y 1997, la FAO examinó 88 pesquerías, de las cuales ninguna tuvo un flujo de caja negativo. Si se ajustaban los flujos por el efecto de una duplicación en los precios de los combustibles 55 pesquerías (63%) pasaban a tener un flujo de caja neto negativo. Hay que aclarar que los valores de los combustibles en aquel entonces eran significativamente menores que los actuales.

En cuanto a la biotecnología, muchos especialistas son optimistas con respecto a su capacidad de aumentar la producción de alimentos. Atributos que se estima se lograrán en el corto plazo, como resistencia a sequías y heladas para disminuir pérdidas

productivas o una mayor velocidad de crecimiento en especies pecuarias y acuícolas, pueden lograr tal fin.

### *iii. Sustentabilidad de los sistemas productivos*

La sustentabilidad implica la minimización de las consecuencias negativas de los sistemas en el entorno en que se desenvuelven. Actualmente, se observa que se está prestando una mayor atención a los impactos ambientales y, como parte de la causa del problema, al uso de recursos no renovables de las distintas actividades económicas desarrolladas por el hombre. Décadas de precios bajos, tanto para los productos finales como para los insumos productivos, han llevado a muchos países a descuidar las inversiones en mejoras de eficiencia agrícola, lo que no ha colaborado con alcanzar sistemas más sustentables en el tiempo. Hoy en día, la suba del nivel de precios general obliga por un lado e incentiva por el otro a los productores a encarar estas mejoras, entre otras maneras reduciendo el consumo de energía.

Uno de los más graves problemas ambientales actuales es la acumulación de los gases de invernadero en la atmósfera, principal causa del cambio climático ya perceptible en la actualidad y potencialmente más graves a futuro. Algunas actividades humanas, como la agricultura y la actividad forestal, tienen un doble rol en cuanto a estas emisiones. Esto se debe a que por un lado las originan, al utilizar insumos derivados de los combustibles fósiles, y por el otro pueden mitigarlas ya que cuentan con potencial de secuestro de carbono. Se entiende por esto último al proceso por el cual los organismos capturan carbono de la atmósfera y lo almacenan en suelos agrícolas.

La métrica de mayor difusión para cuantificar el impacto ambiental del uso de recursos no renovables a la fecha es el cálculo de las emisiones de gases de invernadero en su equivalente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Sin embargo, la definición de sustentabilidad abarca todos los impactos de los sistemas, no solo los vinculados al uso de energía, al igual que las emisiones no necesariamente provienen del uso de energía fósil. Ejemplos de esto son:

- en el caso de la ganadería, la mayor parte de las emisiones proviene del metano liberado por los desechos de los mismos.
- el mejor uso de fertilizantes y los pesticidas, de altos costos energéticos en su producción. Ambos insumos son prácticamente indispensables en la actualidad, pero utilizados inadecuadamente pueden dañar severamente la calidad del agua y de los suelos de los campos donde se aplican.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- Los defensores de la siembra directa, técnica de producción agrícola, mencionan sus distintos aportes a la sustentabilidad como:
  - la reducción del consumo de combustible y sus emisiones asociadas.
  - el mantenimiento y mejoramiento de la calidad de los suelos
  - el mejor aprovechamiento de las propiedades de los mismos

## 2. LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN EL MUNDO Y EN ARGENTINA

### 2.1 Evolución de la agricultura

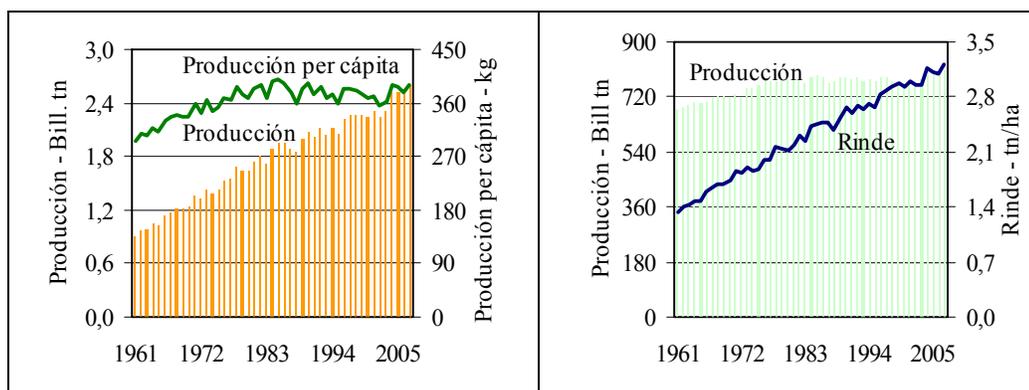
#### 2.1.1 En el mundo

La población del mundo supera actualmente las 6.500 millones de personas. Cada una de ellas consume 2.800 kcal (*kilocalorías*) diarias en promedio, mientras que en 1950 2.500 millones de personas disponían de menos de 2.450 kcal per cápita. Esto significa que durante los últimos 60 años, la producción de alimentos mundial se ha multiplicado en casi 3 veces en términos de calorías totales. Los distintos factores responsables de este gran crecimiento han sido, en orden de importancia:

- en un 71%, el incremento de los rendimientos. Esto se debe a la adopción de cultivos híbridos, por un lado, y a una mayor intensidad en las prácticas agronómicas, que se vinculado estrechamente con un uso más intensivo de energía.
- en un 23%, la expansión de la tierra cultivable.
- en un 6%, los aumentos en la intensidad de cultivo vinculados a cultivos múltiples (más de un cultivo en una temporada).

Los Gráficos 2.1 y 2.2 muestran las variables mencionadas.

**Gráficos 2.1 y 2.2 - (izq) Evolución de la producción de granos mundial, total y per cápita. (der) Evolución del área sembrada y los rindes**



Existen otros factores adicionales que aunque no han afectado en forma directa a la producción si la han hecho indirectamente. Todos, en conjunto, han desencadenado una serie de transformaciones graduales, donde cada una de ellos retroalimentó a los otros, produciendo lo que se conoce actualmente como Revolución Agrícola Moderna/Revolución Verde. En la Tabla 2.1. se analizan con mayor detalle los vinculados específicamente con la agricultura. El resto se analizará más adelante.

**Tabla 2.1 - Pilares de la revolución agrícola moderna**

<b>Aspecto</b>	<b>Aplicaciones Prácticas</b>
Motorización	Motor de combustión interna (Tractores/Riego) Motor eléctrico (Riego)
Mecanización	Maquinaria compleja y eficaz para labranzas y riego
Fertilización mineral intensa	Amonio, Nitrato, Fertilizantes compuestos
Tratamientos de plagas y enfermedades	Herbicidas, Insecticidas
Selección	Variedades vegetales y animales de mayor rentabilidad

### ***i. La mecanización motorizada***

En 1950, 700 millones de trabajadores se dedicaban a la agricultura en todo el mundo, trabajando con menos de 7 millones de tractores y 1,5 millones de cosechadoras. En contraste, en la actualidad las 1.300 millones de personas que se dedican a la agricultura disponen de 28 millones de tractores y 4,5 millones de cosechadoras. Esta mecanización se produjo a un ritmo distinto según la esfera de actividad. Los cultivos de gran escala, como maíz y soja, fueron los primeros en adoptar esta técnica, ya que al ocupar un gran porcentaje de la tierra productiva eran una oportunidad importante para la incipiente industria de la maquinaria agrícola. Posteriormente, la mecanización se extiende a la recolección de raíces y tubérculos, como la remolacha y la papa, y los cultivos vegetales y arbóreos, entre otros.

En lo que a cultivos extensivos se refiere, el ya citado informe de la FAO distingue cinco etapas de mecanización motorizada, cada una de ellas caracterizada por un aumento de la potencia de los equipos utilizados:

- hasta 1950, la primera fase (mecanización motorizada I) consiste en la utilización de tractores de baja potencia (10 a 30 CV) en explotaciones de más de 15 hectáreas. Estos tractores, más rápidos que los animales de tiro y sin problemas de cansancio, permiten que la superficie atendida por trabajador pase de alrededor de 10 hectáreas a más de 20.
- las etapas intermedias (mecanización motorizada II, III y IV), se suceden desde finales de los '50 hasta finales de los '80. Lo que las distingue es el aumento

progresivo de la potencia de la maquinaria: primero de 30 a 50 CV, luego de 50 a 75 y, por último, de 75 a 120 CV. Esto implica mayor capacidad de arado, siembra, mantenimiento y recolección, aumentando la superficie por trabajador a 50, 80 y, finalmente, 100 hectáreas.

- la quinta y última etapa (mecanización motorizada V), comienza hace unos veinte años. En la misma se observa la utilización de tractores de tracción en las cuatro ruedas y más de 120 CV, que permite ampliar la superficie de trabajo a 200 hectáreas.

El aumento de las hectáreas abarcadas por cada trabajador se traduce en un incremento en la producción de cereales que los mismos pueden producir, llegándose a superar las 2.000 toneladas en la actualidad. Hay que aclarar por último que los distintos tractores mencionados se adaptan en mayor o menor medida a los diversos métodos de siembra. Dichas técnicas se analizan con mayor detalle más adelante.

## *ii. Productos químicos agrícolas*

El aumento de rendimiento de los cultivos está íntimamente relacionado a la utilización de fertilizantes y, en menor medida, pesticidas. Los fertilizantes proveen de nutrientes a los cultivos y reponen los que son extraídos del suelo. Su efecto es claramente observable en cultivos como el trigo, donde:

- un aumento en el empleo de fertilizante de 6 veces (20 a 120 kg/ha) en EE.UU ha producido un aumento en los rindes del 130% (1,1 a 2,6 tn/ha).
- el uso de fertilizante en Francia ha pasado de 45 a 250 kg/ha y los rendimientos de 1,8 a 7,1 tn/ha.

Los fertilizantes también han contribuido a la separación entre agricultura y ganadería, que ha permitido una mayor especialización en los productores. Esto se debe a que han reemplazado al abono animal como fuente de nutrientes, eliminando la necesidad de mantener ganado para colaborar con la actividad agrícola.

Los pesticidas permiten combatir las plagas de distinto origen, minimizando las pérdidas de producción que estas pueden causar. Esto es de suma importancia en un contexto de mayor es montos invertidos en rubros como semillas seleccionadas, fertilizantes y maquinaria motorizada. Como se ha mencionado anteriormente, ambos insumos necesitan de cantidades de energía considerables para su producción y otros

aspectos relacionados. Es por esto que más adelante se realiza un análisis completo de los mismos.

### ***iii. Mejoramiento genético***

La contribución genética al aumento de los rindes ha provenido de aumentar la proporción del producto fotosintético de la planta destinado a la semilla, en detrimento de las hojas y raíces. Para cuantificar estos avances en el caso del trigo, se puede mencionar que las variedades originales solo destinaban 20% de dicho producto a la semilla, mientras que hoy en día ese porcentaje corresponde a un 50%, muy cerca del límite teórico de 60%. La clave para poder lograr este cambio fue la incorporación del gen del enanismo. Los primeros cultivos solían presentar tallos muy largos, debido a que competían con otras plantas por la luz solar. Cuando los agricultores lograron controlar las malezas, los tallos largos eran un desperdicio de la energía metabólica de las plantas.

Hay que aclarar que estos avances, que volviendo a hablar del trigo permitieron pasar de rindes de 2 ton/ha a desarrollos que pueden llegar a las 10 ton/ha, no fue inmediato. Tuvieron que obtenerse variedades sucesivas de rendimiento incremental, y superar obstáculos en el pleno aprovechamiento de aplicaciones de fertilizantes cada vez mayores. Esto fue posible por grandes esfuerzos de la comunidad científica, específicamente en Japón y EE.UU.

### ***iv. El riego***

Durante el siglo XX, se quintuplicó el área regada en el mundo, terrenos que hoy en día representan el 17% de la superficie productiva y que producen un 40% del output agrícola global. El riego consiste en aportar agua al suelo para que los vegetales tengan el suministro que necesitan favoreciendo así su crecimiento. En promedio se requieren 1.000 litros de agua para producir 1 tonelada de grano. Es por eso que la agricultura, a medida que ha aumentado su producción, ha necesitado consumir una mayor parte de los recursos de agua disponibles, llegando en la actualidad a ser responsable por entre un 80% del consumo total, según diversos estudios.

## **2.1.2 En Argentina**

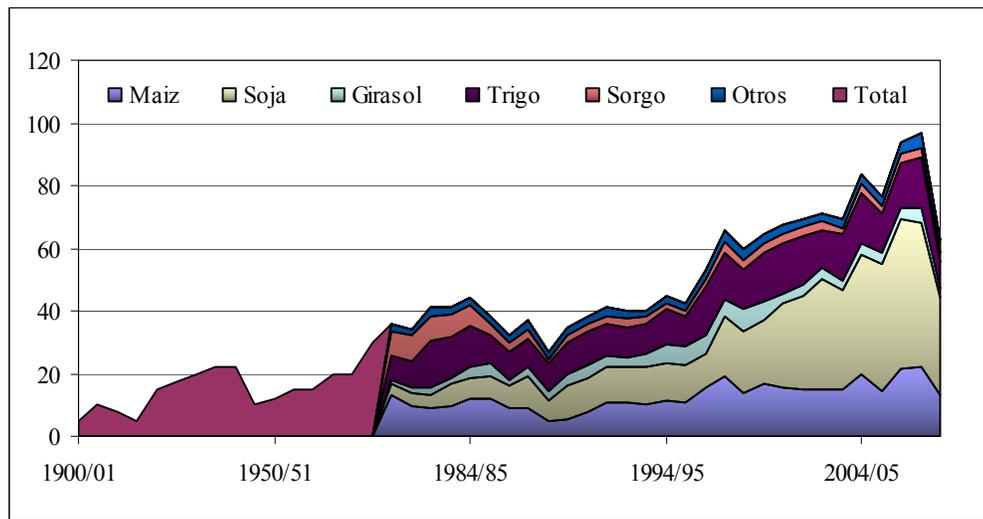
En la producción agrícola argentina se pueden distinguir tres períodos bien diferenciados:

- ***comienzos del siglo XX***: se evidencia un aumento considerable de la producción.

- **1930-1970:** la agricultura permaneció ajena tanto al dinamismo productivo interno, como a los cambios operados internacionalmente en el marco de la Revolución Verde.
- **1970-1990:** comienza a crecer lentamente la producción, aunque con altibajos.
- **1990-actualidad:** se adquiere un ritmo de crecimiento mayor que la de principios del siglo pasado. En 1900 y 1935, la tasa de crecimiento había sido del 3,5% anual, mientras que en este último período se ha crecido al 5,8%.

El Gráfico 2.3 muestra la evolución del volumen producido en estos períodos.

**Gráfico 2.3 - Evolución de la Producción Anual Argentina de Granos, por cultivo**



A continuación se analiza en profundidad la segunda mitad del siglo XX:

### ***i. Las décadas del '70 y '80***

Como se menciona anteriormente, es a mediados de la década del '70 cuando vuelve a aumentar la producción agrícola. En los años previos, el sector evidenciaba bajos niveles de rentabilidad y la tierra era vista sólo como un refugio de las inestabilidades macroeconómicas. Es por esto que generalmente existían comportamientos conservadores en cuanto a la adopción de innovaciones. Los esfuerzos públicos y algunas iniciativas privadas para la introducción de nuevos cultivos y tecnologías de proceso fueron el punto de partida de la reconversión productiva. La misma se basa en algunos de los pilares principales de la revolución agrícola mundial y en otros adicionales:

## Uso de energía en el sector de alimentos

- una mayor mecanización (tractores).
- la utilización de semillas híbridas.
- la creación y el apoyo otorgado a instituciones de generación, adaptación y difusión de tecnologías (INTA, AACREA).
- programas públicos de difusión de determinados cultivos.
- mejora de los precios relativos.
- dinamismo de los mercados internacionales.
- inversiones extranjeras en nodos claves de determinadas redes de negocios.

Las mejoras en los precios internacionales de la soja producidas durante ese período, junto con reducciones en el precio de otros granos gruesos, tendieron a consolidar a dicho cultivo. El modelo productivo utilizado principalmente incluía:

- un laboreo convencional, aunque con la aparición gradual de la siembra directa (en adelante SD), sistema que requiere de menos labores para la implementación y permite el doble cultivo con el trigo. Más adelante se analiza este sistema en detalle.
- el uso varios pesticidas distintos, destinados al control de malezas.
- bajos niveles de fertilización.

Otros cultivos como el maíz y el sorgo también evidenciaban cierta presencia, más asociada a las demandas internas derivadas del desarrollo de la ganadería intensiva y la lechería.

### ***ii. Las décadas del '90 y del 2000***

A lo largo del primer lustro de los '90, la actividad agrícola muestra un rápido desarrollo, ya que a las condiciones estructurales previas se le suman precios relativos aún más favorables y demandas externas dinámicas. Como resultado, entre fines de los '80 y la primera mitad de los '90, la producción pasa de 34 millones de toneladas a 40 millones. Esto es explicado por:

- un aumento en la superficie sembrada de 2,7% anual promedio para toda la década. En parte, esta situación es producto de un desplazamiento de tierras desde la ganadería y la lechería, en particular hacia la soja, que no afectó significativamente los niveles de producción de las anteriores actividades.
- el incremento de los rendimientos promedios, por un lado por favorables condiciones climáticas y, por el otro, por el impacto tecnológico asociado a una mayor difusión de utilización de nuevas técnicas, como herbicidas y fertilizantes.

La oferta de créditos creció sustantivamente en el marco del Plan de Convertibilidad, no sólo los de origen público sino también los de algunos bancos privados de primera línea. Esto, sumado a expectativas de rentabilidad crecientes, demandas contenidas en años anteriores para las compras de insumos, el dinamismo del mercado externo y la revalorización de los activos genera un fenómeno de capitalización en base a crédito durante gran parte de los '90. La producción primaria ingresa en un proceso de reequipamiento para sostener la creciente difusión de la SD, incluyendo principalmente la compra de sembradoras SD, tractores de alta potencia y equipos de fumigación.

En la segunda mitad de los años noventa, al igual que otros sectores de la economía argentina, la actividad agrícola experimenta un importante giro negativo, tanto por causas externas como internas. Entre las primeras, la principal es la caída de los precios promedio de todos los cultivos, que en 2001 eran aproximadamente un 45% menores a los registrados en 1996. En el plano interno, se empieza a resquebrajar el modelo de la Convertibilidad. La suma de estos factores puso a las actividades relacionadas con el uso de la tierra frente a una disyuntiva compleja. Por un lado, los niveles de endeudamiento de los productores demandaban una mejor productividad para poder pagar, ya que la deuda contraída había sido volcada a inversiones en tecnología, cuya maduración y amortización llevaría algunos años. La alternativa de abandono de los proyectos implicaba elevados costos de salida, ya que una fuga masiva de las recientes inversiones disminuiría el precio de los activos empeorando aún más la situación. Por otra parte, los bancos no podían seguir ampliando sus niveles de crédito, pero tampoco podían perder la cartera de inversiones de manera masiva, ya que ello implicaba desmejorar su propia solvencia y posición económica. La solución que encontraron fue refinanciar pasivos con garantías reales establecidas a valores ficticios.

Otros actores interesados en mantener la red de producción, servicios y ventas de insumos eran los empresarios responsables de industrias como la molienda de soja y la molienda húmeda de maíz. Esto se debe a que en los últimos años, los mismos habían ampliado sus capacidades productivas con inversiones sustantivas y, por ende, a pesar de enfrentar drásticas reducciones de precios no podían prescindir de materia prima. En

definitiva, nadie tenía interés en forzar los mecanismos de ajuste y generar una pérdida colectiva incierta. La idea era apuntar, mediante el uso de tecnología, a profundizar la bonanza.

### ***iii. La innovación tecnológica como solución***

La producción primaria necesitaba tecnologías ahorradoras de costos, para poder hacer frente a negocios fuertemente endeudados y con tasas de interés en ascenso, en un contexto de tipo de cambio fijo y caída en los precios internacionales. Se profundiza entonces la adopción del nuevo paquete tecnológico, con una mayor presencia de componentes que habían estado latentes desde hacía unos años, como el pesticida glifosato y la SD. Este paquete tiene como factor clave la liberación a la venta comercial de la soja transgénica resistente al glifosato (soja RR) y el maíz bt en 1996. Su ventaja en cuanto a costos era evidente; estimaciones de aquel momento estimaban gasto necesario en 90 us\$/ha para la soja, mientras que con el paquete convencional el monto ascendía a 115 us\$. En el caso del maíz, las proporciones de reducción también eran similares.

En los años siguientes, este modelo se fue reforzando y a fines de los noventa la forma convencional de siembra de soja había prácticamente desaparecido y el cultivo de la oleaginosa se había extendido hacia zonas previamente marginales y sobre el denominado cordón maicero.

## **2.1.3 Cambios producidos por la revolución agrícola y situación actual en el mundo y en Argentina**

Como se ha señalado en la introducción de este sector, el efecto más importante de la transformación productiva de los últimos años ha sido el aumento de la producción mundial. Sin embargo, existen diversas consecuencias adicionales asociadas, favorables y desfavorables, que merecen ser mencionadas. Por otro lado, en los últimos años han comenzado a aparecer límites aparentes al crecimiento de la producción, que podrían comprometer la seguridad alimentaria a futuro.

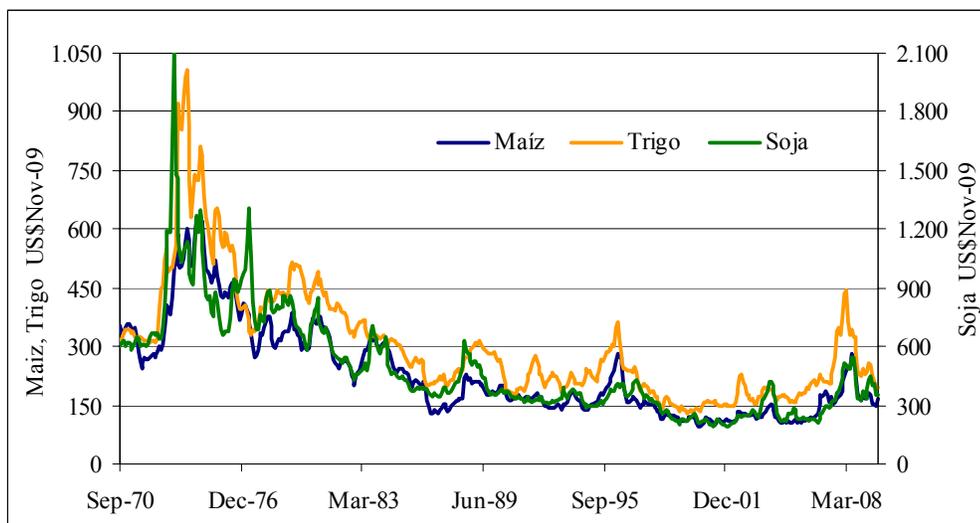
### ***i. Consecuencias***

#### **a. Precios de los alimentos**

Por el lado de los precios de los alimentos, hasta muy recientemente se observaba una tendencia decreciente en términos reales (ajustados por inflación), como muestra el Gráfico 2.4. Eso no hubiera sido posible de no haberse producido cambios tan

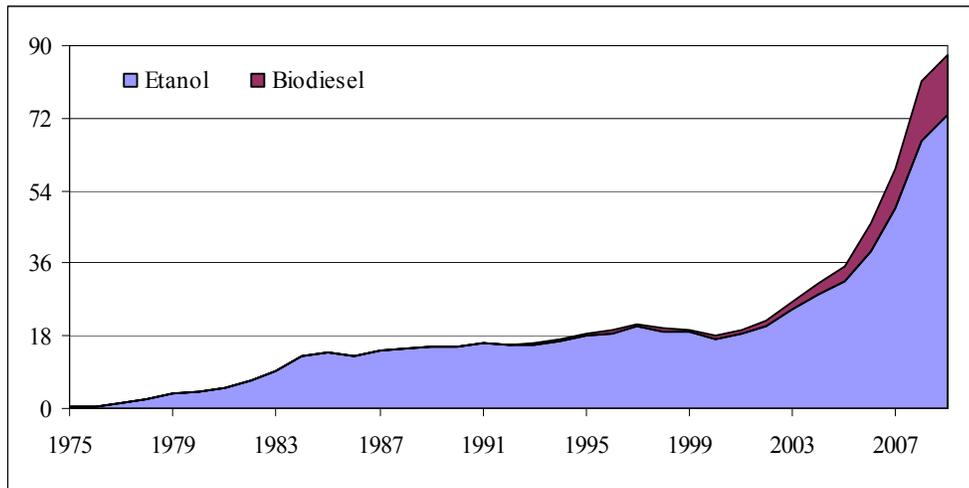
trascendentales como los expuestos. Este descenso beneficia a los pobres relativamente más que a los ricos, ya que los primeros gastan en alimentos una mayor proporción de su ingreso disponible, y ha permitido en gran parte el fenomenal aumento en el uso de cereales en la ganadería.

**Gráfico 2.4 - Evolución de los precios de los principales commodities agrícolas en moneda constante, ajustados por la Inflación de EE.UU (CPI)**



Puede observarse que esta situación ha cambiado en los últimos años. Ya se han mencionado como causas el aumento de los precios energéticos. Sin embargo, existe otro factor importante que es la ya mencionada demanda de grano por la industria de los biocombustibles. Estos productos son una de las alternativas de energía renovable que mayor desarrollo e inversiones ha alcanzado a la fecha, producto de las políticas de reemplazo de fracciones de combustibles derivados del petróleo con biocombustibles implementadas por un gran número de países. El Gráfico 2.5 muestra el aumento en la producción de biocombustibles.

**Gráfico 2.5 - Evolución de la producción de biocombustibles mundial, en billones de litros**



Tomando como ejemplo el caso de EE.UU., se estima que hoy en día el 30% de la cosecha de maíz se destina a la producción de etanol, el biocombustible de mayor difusión. Sin embargo, hacia el futuro se espera que las críticas que ha levantado el uso de cultivos que representan alimento para estos emprendimientos alienten el desarrollo de cultivos alternativos no útiles para alimentación. Un freno concreto hasta ahora está dado por los mayores costos de transformación que estos cultivos implican.

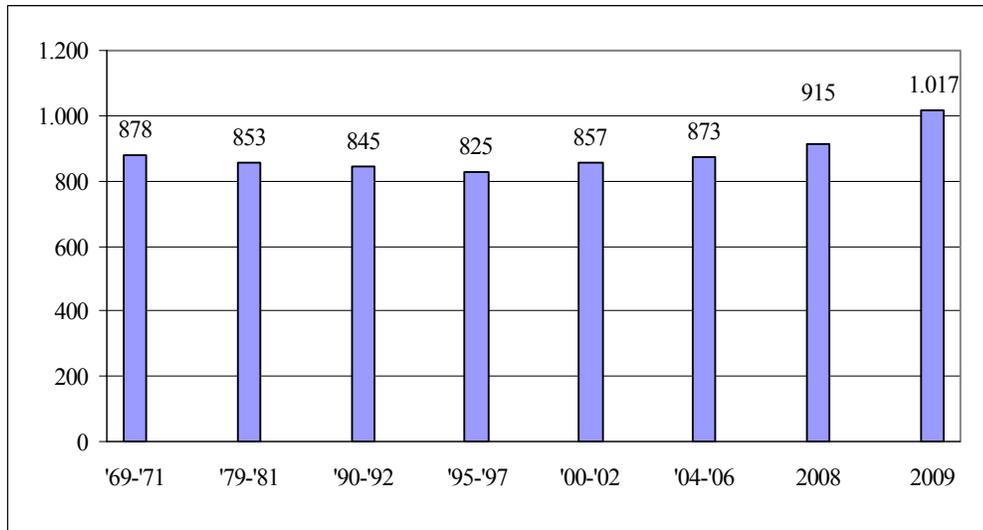
### **b. Pobreza y hambre**

Los importantes avances de la agricultura no pueden ocultar el hecho de que históricamente la mayor parte de los agricultores del mundo ha utilizado exclusivamente herramientas manuales, sumamente ineficaces, y han cultivado plantas de baja calidad genética. De hecho, muchos especialistas sostienen que existe una vinculación entre ambos aspectos. Esto se debe a que estos campesinos mal equipados están expuestos a una competencia cada vez más intensa de los agricultores más productivos, que han mantenido bajos los precios agrícolas por décadas. Entonces, muchos de estos campesinos han quedado condenados a la extrema pobreza y al hambre y se han visto obligado a emigrar a ciudades, que a menudo han estado mal equipadas y poco industrializadas.

Esta situación parecía estar superándose lentamente, ya que entre 1970 y 1996 el número de personas que sufren hambre o malnutrición a nivel mundial disminuyó de 960 millones a 800. Sin embargo, en este último tiempo se observa nuevamente un aumento en este sector poblacional, fundamentalmente debido al aumento de los precios de los alimentos. Es por eso que se necesitan de nuevas políticas para atacar este problema en una escala global.

Los Gráficos 2.6 y la Tabla 2.2 muestran los datos mencionados.

**Gráfico 2.6 - Evolución de la población subnutrida mundial, en millones de habitantes**



**Tabla 2.2 - Detalle de la población subnutrida abierta por región para 2009**

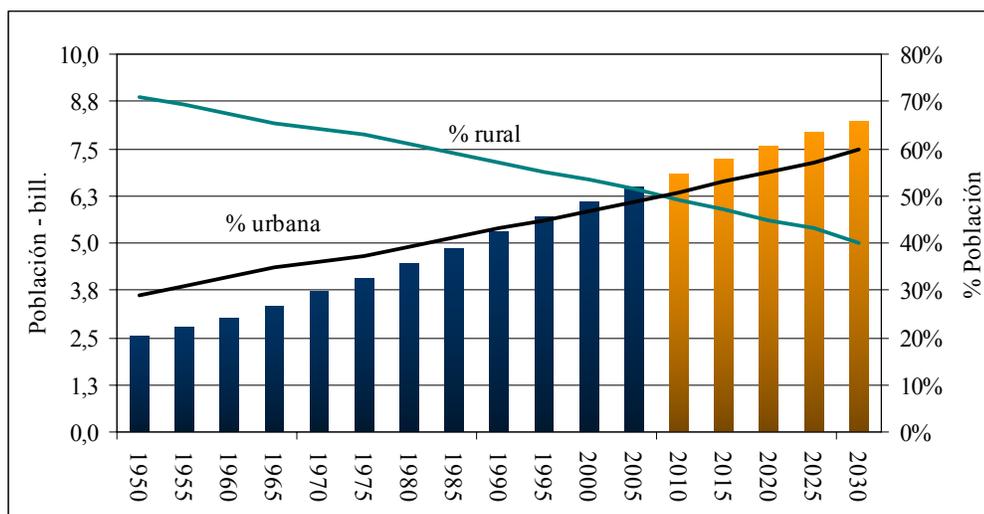
Región	Población subnutrida	% subnutridos	% población región
Asia-Pacífico	642	63%	17%
LATAM y Caribe	53	5%	9%
Medio Oriente y África N	42	4%	9%
África Sub-Sahara	265	26%	34%
<b>Paises en desarrollo</b>	<b>1.002</b>	<b>99%</b>	<b>18%</b>
<b>Paises desarrollados</b>	<b>15</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>
<b>Mundo</b>	<b>1.017</b>		<b>15%</b>

A futuro, para poder aprovechar plenamente potenciales mejores niveles de precios y salir de su condición actual, los productores agrícolas más pobres deberán actualizar su manera de producir.

### c. Urbanización

La intensificación tecnológica del sector agrícola ha generado una menor necesidad de mano de obra rural y, como ya se ha mencionado, ha dificultado la situación de muchos productores pequeños. Esto ha provocado un proceso de urbanización que hace que, como se aprecia en el Gráfico 2.7, en la actualidad la población urbana haya superado a la rural, situación muy diferente a la de 60 años atrás.

**Gráfico 2.7 - Población Mundial y composición, con proyección a 2030**



Se estima que a futuro casi la totalidad del crecimiento de la población será urbano.

#### **d. Especialización de los productores**

Por un lado, la especialización de los productores ha originado una reubicación geográfica masiva y un reagrupamiento regional, con cultivos extensivos en algunos sitios, pastizales y ganado en otros, y viñedos, desarrollo de la horticultura comercial, el cultivo de flores o de otros productos, tierras en barbecho y reforestación en otros lugares. Así, los ecosistemas cultivados actuales difieren de los ecosistemas anteriores basados en múltiples cultivos y en la cría de ganado, en los que cada aldea, e incluso cada explotación agrícola, comprendía un mosaico de terrenos dedicados a actividades distintas (cereales y otros cultivos extensivos, pastizales, prados, espacios arbolados, huertos, viñedos, etc.), cada uno de ellos con una población vegetal y animal diferente.

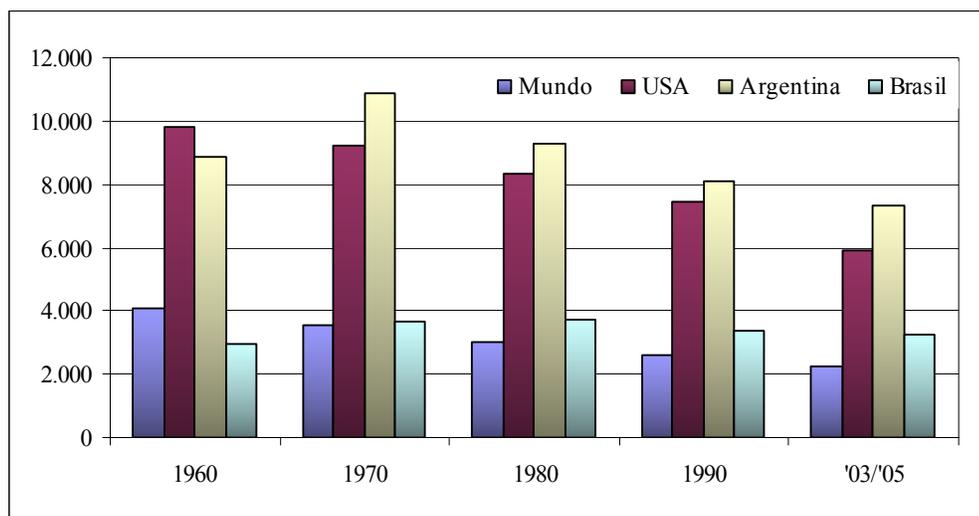
Los ecosistemas cultivados son ahora más sencillos y uniformes: campos de trigo o de maíz, viñedos o pastos y rebaños se suceden a veces unos a otros a lo largo de centenares de kilómetros, y las variedades vegetales y las razas animales apenas varían. Además, al estar mejor alimentados y protegidos, los cultivos y el ganado son más vigorosos y más abundantes que en el pasado.

#### **ii. Límites**

A nivel mundial, el área bajo cultivo de granos en la actualidad es prácticamente la misma que hace 30 años atrás. Como la población se ha mantenido en aumento y hoy en día no quedan muchos reservorios de tierra productiva disponibles, salvo excepciones

como el Cerrado brasileiro, la disponibilidad de área per cápita ha ido disminuyendo y se espera que lo continúe haciendo a futuro. Esto puede apreciarse en el Gráfico 2.8.

**Gráfico 2.8 - Evolución de la disponibilidad de tierra cultivable en países seleccionados y promedio mundial, en m2 por habitante**



En cuanto al Cerrado, se trata de un área que, aunque ya es explotada intensivamente en la actualidad, se estima podría expandir la producción en unas 75 millones de hectáreas cultivables adicionales aun no explotables, un área equivalente a la sembrada con granos y soja en EE.UU. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la producción en dicha región es muy intensiva, ya que se requieren altas dosis de fertilizantes y otros insumos, por lo que una potencial expansión requiere del incentivo de precios altos por un período de tiempo prolongado. En el caso de Argentina, en la actualidad presenta la mejor relación de los principales países productores, por presentar baja densidad poblacional y buena calidad de tierras en promedio. Sin embargo, esta ventaja probablemente disminuya a futuro ya que se cree que quedan pocas hectáreas con potencial agrícola sobre las cuales avanzar, asumiendo que un reemplazo mayor de la ganadería no es posible.

Por otro lado, si se observa la evolución del aumento de los rendimientos, en años recientes el ritmo es aproximadamente un 40% menor que el evidenciado en décadas anteriores. ('50-90: 2,1%; 90'07=1,2%). Hoy en día, el aumento en los rindes promedio es aun menor, resultando aproximadamente del 0,7% anual, nivel menor al crecimiento de la población. Esto se debe fundamentalmente a que la mayoría de alternativas “fáciles” para aumentar los rindes ya han sido implementadas. Por otro lado, muchos de los pilares en los que se sostuvo el aumento en el pasado muestran situaciones complejas en la actualidad:

## Uso de energía en el sector de alimentos

- el abastecimiento de agua de riego se está achicando en muchas regiones.
- las respuestas al uso adicional de fertilizantes están disminuyendo.
- han aumentado los precios de la energía y los combustibles.
- el backlog de tecnologías disponibles para aumentar los rindes se ha reducido significativamente.
- el potencial genético de los cultivos está cerca de su límite teórico. Hay que aclarar que alcanzar el 100% del potencial genético de los cultivos no es sencillo, porque requiere de prácticas agronómicas prácticamente perfectas. Generalmente, productores intensivos logran alcanzar entre un 80% y un 85% del potencial genético de los cultivos en ese momento.

Existen también factores adicionales que resultan preocupantes, como el hecho que las temperaturas promedio globales están aumentando. Se estima que un aumento de 1 grado C puede generar disminuciones en los rindes de aproximadamente 10%.

Considerando todo lo expuesto, no sorprende que es que la producción de grano per cápita haya disminuido aproximadamente un 12% desde el pico alcanzado en 1984 (342 kg). Aunque aún no se observa un aumento en la cantidad de personas malnutridas específicamente por este fenómeno, existen factores que pueden cambiar rápidamente esta situación:

- el consumo de carne en muchas regiones en desarrollo está aumentando, producto de su rápido progreso. Cuanto mayor sea el porcentaje ocupado por la carne en las dietas, mayor es la cantidad de granos que requieren en su producción.
- diversos países están impulsando el uso de biocombustibles para reducir el uso de petróleo.
- se estima que la población mundial seguirá en aumento.

Todo esto lleva a pensar maneras de seguir aumentando la productividad a las mayores tasas posibles. Un área de mejora está en la mejora de las prácticas agronómicas, como implementar una densidad óptima de implantación y hacer un uso más efectivo de fertilizantes y pesticidas, algo que muchos productores de avanzada ya están haciendo en la actualidad. Otra abarca desarrollos biotecnológicos en etapa de prueba, como

cultivos más tolerantes al frío y a la sequía. Ambas serán analizadas con mayor profundidad más adelante.

En el plano ambiental, la intensidad de la producción y la aplicación rentable de insumos actual excede con frecuencia los límites de la tolerancia ecológica y el nivel de riesgo aceptable socialmente. Por un lado, la fauna y flora silvestres se han empobrecido gravemente. Por otro, la utilización de grandes cantidades de fertilizantes y productos químicos puede ocasionar una contaminación mineral y orgánica, particularmente de las aguas superficiales y subterráneas y, en ocasiones, la adulteración de los alimentos. Algunas de las alternativas lógicas para limitar los impactos no son sencillas ya que operaciones potenciales de limpieza pueden resultar muy costosas y la limitación reglamentaria de las prácticas reduce inevitablemente la productividad agrícola.

Sin embargo, existe la posibilidad de alterar directamente las técnicas productivas, algo que propone la agricultura orgánica. En estos sistemas se utilizan menos recursos no renovables y se tiene más en cuenta el medio ambiente. Es por eso que es necesario un mayor estudio de estas alternativas para determinar si es posible que puedan cumplir con la necesidad de aumentar la producción mundial de alimentos al ritmo que requieren el aumento y mayor desarrollo poblacional.

### *iii. Argentina*

En los últimos años, la agricultura en Argentina ha mostrado un dinamismo importante, generando nuevos perfiles empresarios, formas de financiamiento y articulaciones con la industria y los servicios. Sin embargo, los recientes incrementos en los precios internacionales no han podido ser aprovechados en su plenitud por los productores ya que el Estado decidió elevar los impuestos al comercio exterior de granos (retenciones) para capturar una mayor parte de la renta del sector e incluso prohibir dicho comercio directamente (en maíz y trigo). Esto ha hecho que estos dos cultivos se hayan visto en una inferioridad de condiciones cada vez mayor frente a la soja, perdiendo hectáreas sembradas frente a esta y llevando al país al borde de situaciones muy preocupantes como:

- un abandono de la práctica de la rotación de cultivos entre soja y maíz, que se explica más adelante, y la consecuente producción en monocultivo de la oleaginosa en casi el 80% del territorio agrícola nacional.
- una posible necesidad de importación de trigo en el 2010.

De mantenerse este contexto macroeconómico, muchos especialistas ponen en tela de juicio la sustentabilidad de largo plazo del sistema en su conjunto, ya que aunque las

tecnologías para asegurarla están disponibles, las mismas no son aplicables en su plenitud.

## 2.2 Evolución de la ganadería

### 2.2.1 En el mundo

En las últimas décadas, el sector pecuario se ha visto afectado por profundos cambios tecnológicos en dos frentes:

- en el sector agrícola, como se ha señalado, se observa un aumento de la producción, que ha permitido abastecer de una mayor cantidad de grano a los animales. En la actualidad, un 36% de la producción de granos mundial se consume indirectamente en la carne de distintos animales. Este ratio no es parejo en distintas partes del mundo, en EE. UU. Es 65%, 25% en China y 4% en India. Por otro lado, se han obtenido mejoras en la calidad nutritiva de los pastos y los principales cultivos forrajeros.
- en la producción animal, la difusión de tecnologías avanzadas para la cría y la alimentación ha conducido a un impresionante aumento de la productividad en casi todo el mundo, como se observa en la Tabla 2.3. También se ha dado un proceso análogo al de la agricultura de selección de razas por sus rendimientos de carne, leche y huevos y su capacidad para consumir raciones cada vez más nutritivas en forma rentable.

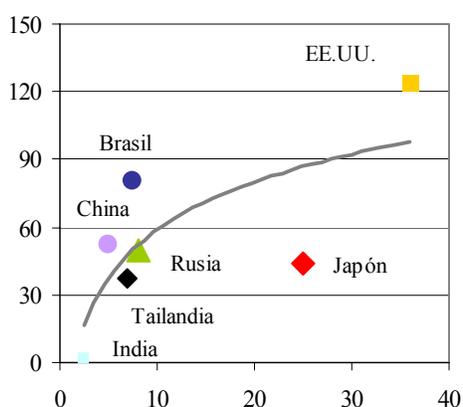
**Tabla 2.3 - Evolución de productividad anual de principales productos pecuarios '80-'05**

Actividad	Avícola - Carne			Avícola - Huevos			Porcina			Bovina - Carne			Bovina - Leche		
	1980	2005	Δ	1980	2005	Δ	1980	2005	Δ	1980	2005	Δ	1980	2005	Δ
Mundo	1,83	2,47	35%	8,9	10,3	16%	0,31	0,45	45%	0,11	0,13	18%	1,974	2,192	11%
P. en desarrollo	1,29	1,98	53%	5,5	8,8	60%	0,14	0,33	136%	0,06	0,09	50%	708	1.015	43%
P. desarrollados	2,26	3,55	57%	12,2	15,0	23%	0,82	1,2	46%	0,17	0,21	24%	3.165	4.657	47%
P. industrializados	2,45	3,72	52%	14,1	16,0	13%	1,03	1,34	30%	0,17	0,20	18%	4.226	6.350	50%
P. en transición	1,81	2,75	52%	9,6	13,0	35%	0,57	0,75	32%	0,18	0,22	22%	2.195	2.754	25%
África subsah.	1,46	1,63	12%	3,4	3,6	6%	0,53	0,57	8%	0,06	0,06	0%	411	397	-3%
Asia O. y África N.	1,73	2,02	17%	7,0	9,4	34%	1,04	1,03	-1%	0,07	0,10	43%	998	1.735	74%
LATAM y Caribe	1,67	3,41	104%	8,6	9,8	14%	0,41	0,79	93%	0,08	0,11	38%	1.021	1.380	35%
Asia meridional	0,61	2,69	341%	5,8	8,1	40%	0,72	0,71	-1%	0,03	0,04	33%	517	904	75%
Asia E y SE	1,03	1,41	37%	4,7	9,5	102%	0,12	0,31	158%	0,06	0,16	167%	1.193	1.966	65%

Por otro lado, el Gráfico 2.9 y la Tabla 2.4 muestran como al aumentar el ingreso per cápita en muchos países en desarrollo, la alta elasticidad que existe con la demanda de productos pecuarios ha hecho que crezca con gran rapidez el gasto en productos pecuarios. A futuro se espera que este efecto continúe siendo de importancia,

especialmente en el caso de los países en desarrollo, que todavía muestran consumos promedio menores a los de los países desarrollados. Hoy en día, en términos de nutrición, los productos alimenticios de origen animal contribuyen globalmente a la dieta con un promedio del 17% de la ingestión de energía y un 33% de la ingestión de proteínas, aunque con fuertes diferencias entre las distintas regiones.

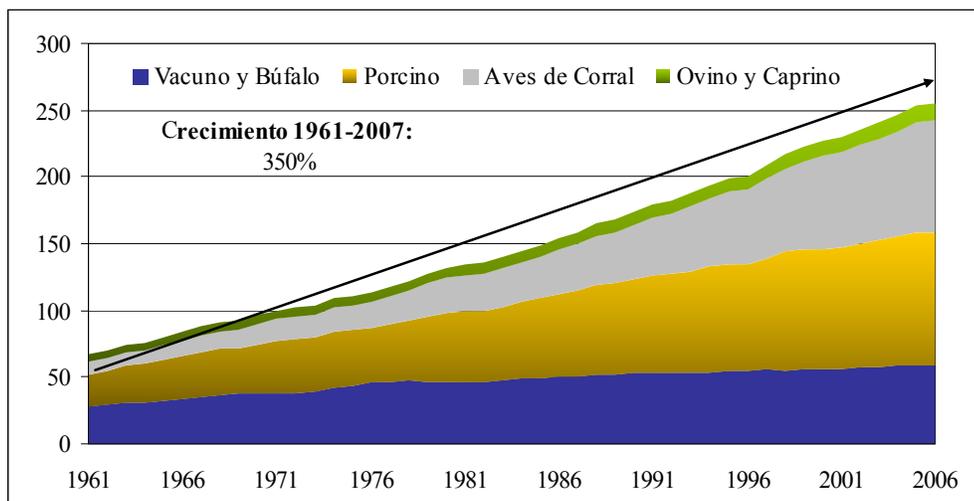
**Gráfico 2.9 y Tabla 2.4 - (izq) Relación entre consumo de carne (vertical, kg) e ingresos per cápita (horizontal, miles us\$ ajustados por paridad del poder adquisitivo - PPA) en 2002. (der) Evolución comparativa del consumo de productos pecuarios en el mundo, con proyección a 2030**



Consumo anual per cápita	1980	Hoy	2015	2030
<b>En desarrollo (I)</b>				
Carne (kg.)	14	28	32	37
Leche (lts.)	34	46	55	66
<b>Desarrollados (II)</b>				
Carne	73	78	83	89
Leche	195	202	203	209
<b>(I)/(II)</b>				
Carne	19%	36%	39%	42%
Leche	17%	23%	27%	32%

Por todo lo mencionado, no sorprende observar en el Gráfico 2.10 que la producción mundial de carne muestra un importante crecimiento, de 44 millones de toneladas en 1950 a 240 en 2005 (17 a 39 kg per cápita. Por otro lado, también se registran importantes aumentos en la producción de productos asociados como la leche y los huevos. En cuanto al mix de carne consumida, este varía en las distintas regiones y países. Aquellos países con grandes extensiones de pasturas, como EE.UU., Brasil, Argentina y Rusia, han dependido tradicionalmente del ganado vacuno. Por otro lado, países más densamente poblados y sin extensiones de pasto se han inclinado en mayor medida por el ganado porcino.

**Gráfico 2.10 - Evolución de la producción de carne mundial en millones de toneladas**



A pesar de que el ritmo de crecimiento de la demanda de carne se está ralentizando, se espera que la demanda global de carne aumente en más de un 50% de aquí al año 2030. Satisfacer esta creciente demanda de productos alimenticios de origen animal sustentablemente es uno de los desafíos más importantes a los que se enfrenta el sector de producción de alimentos en la actualidad.

A continuación se analizan con mayor detalle los cambios de las últimas décadas en los sistemas productivos pecuarios.

### ***i. Modernización de los sistemas productivos pecuarios***

Tradicionalmente, una gran parte del ganado no era criado para su consumo posterior, sino para obtener tracción animal, estiércol o bienes de capital a los que se recurría como emergencia. Los animales eran compartidos por muchos propietarios y se criaban cerca de la fuente de suministro de alimentos. En la actualidad este modelo es muy distinto y prácticamente todo el crecimiento de la producción pecuaria tiene lugar en sistemas industriales, en los que la producción de carne ya no está ligada necesariamente a una base local de tierras para el suministro de alimentos. Estos últimos sistemas se han instalado con mayor rapidez en la producción de especies monogástricas, como los cerdos y aves de corral, donde hoy en día son predominantes. Los rumiantes en cambio, como bovinos, ovinos y caprinos, todavía son criados con frecuencia en condiciones tradicionales, por lo que muestran un crecimiento de la productividad y una adopción de avances tecnológicos no tan marcados.

Los cambios tecnológicos fundamentales que ha traído la intensificación del proceso productivo son: un aumento en el uso de cereales forrajeros, avances en la alimentación, mejoras en la genética y un mayor cuidado de la salud animal. Estos factores actúan sinérgicamente, por eso es difícil determinar el efecto de cada uno por separado. También hay que mencionar la redistribución geográfica que se evidencia en la producción

- en primer lugar, de las áreas rurales a las zonas urbanas y periurbanas con el fin de acercarse a los consumidores.
- en segundo lugar, hacia las áreas donde se produce el alimento o hacia zonas situadas en las cercanías de los medios de transporte o de los centros de comercio del mismo en el caso de que éste sea importado.

## ***ii. Intensificación de la producción***

La intensificación de la producción pecuaria se lleva a cabo en relación a casi todos los insumos. En particular, en los últimos decenios se ha avanzado enormemente en el área de alimentación. Antiguamente, la producción pecuaria se basaba en los recursos disponibles localmente, que incluían forrajes locales, residuos de las cosechas y las partes no consumidas de los alimentos de las familias. Sin embargo, en las últimas décadas los alimentos fibrosos y de alto contenido de energía que resultaban de las fuentes señaladas se han ido reemplazando con alimentos de gran contenido de proteínas con aditivos modernos que mejoran la eficiencia en el uso de los mismos. Las especies que pueden utilizar sacar provecho de estos nuevos alimentos (cerdos y aves de corral) tienen una ventaja sobre los que no pueden hacerlo (bovinos, ovejas, cabras). Entre los monogástricos, las aves de corral presentan la mayor eficiencia en el uso de los alimentos y los costos más bajos por unidad de producción. En cambio, en las especies rumiantes, que dependen en gran medida de las pasturas para su alimentación, no se observan grandes avances. La intensificación de los pastizales suele no ser rentable, ya que se trata generalmente de terrenos ubicados en zonas inadecuadas, marginales o degradadas para la agricultura.

También se percibe una mayor tendencia a la mecanización, con el uso de equipos de calefacción y ventilación para hacer posible la producción de animales en galpones industriales. Nuevamente, son las especies monogástricas las que presentan un mayor grado de mecanización. Por último, la intensificación también ha dado lugar al concepto de economías de escala, que se definen como reducciones de costos logradas mediante la expansión del volumen de actividades en diversas etapas de la producción. Es por eso que hoy en día las unidades de producción pecuaria son cada vez más grandes, algo

similar a lo observado con la agricultura, lo que ha reducido el número de productores, pero sin afectar la cantidad producida en conjunto.

Estas diferencias entre la aplicación de nuevas tecnologías en las distintas especies hacen que mientras que desde 1990 la producción de carne avícola ha crecido al 5% y la porcina al 2,6%, la vacuna lo ha hecho a una tasa menor al 1%. Hoy en día, la carne de pollo ya es la segunda más consumida del mundo detrás de la de cerdo, carne que había sobrepasado a la vacuna en 1979 y ampliado la brecha considerablemente desde entonces.

### *iii. Los distintos sistemas de producción pecuarios*

Las características propias de cada especie animal y los distintos grados de adopción de las innovaciones señaladas hacen que hoy en día existan sistemas productivos muy diferentes. Resulta útil entonces clasificar de alguna forma esta variedad de situaciones individuales en un número limitado de sistemas de producción ganadera diferentes. La FAO ha propuesto 11 categorías de sistemas, según los diferentes tipos de producción agropecuaria, la relación con la tierra y la zona agroecológica. Los principales criterios para efectuar distinciones entre uno y otro son: grado de integración con cultivos, relación con la tierra, zona agroecológica, intensidad de producción, regadío o secano y tipo de producto. Teniendo en cuenta esto, pueden identificarse dos grupos principales de sistemas

- sistemas basados exclusivamente en la producción de animales, donde más del 90% del alimento del ganado proviene de pastizales, forrajes anuales y alimento comprado, y menos del 10% del valor total de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas.
- sistemas donde la cría de animales y los cultivos se asocian en sistemas de producción agropecuaria mixtos, en los cuales más del 10% del alimento del ganado proviene de subproductos de cosechas o rastrojos, o más del 10% del valor total de la producción proviene de actividades agrícolas no ganaderas.

La clasificación en sistemas de producción exclusivamente pecuaria y sistemas agropecuarios mixtos se puede subdividir a su vez en cuatro amplios grupos.

- **Sistemas de producción pecuaria sin tierra:** se definen como aquellos en los que menos del 10% del alimento animal se produce en la granja y las tasas poblacionales medias se sitúan por encima de las 10 unidades ganaderas por hectárea. Esta categoría se subdivide a su vez en sistemas de monogástricos y de

rumiantes. Los sistemas sin tierra son dominantes en las áreas con alta densidad de población y un elevado poder adquisitivo, como Asia meridional, Europa y América del Norte, que además están conectadas con puertos marítimos para la importación de alimentos. Entre las regiones en desarrollo, Asia oriental y sudoriental y Brasil son epicentros de producción industrial de importancia mundial.

Las tres categorías restantes se basan en la tierra y se subdividen a su vez en tres zonas agroecológicas: zonas templadas y tierras altas tropicales, trópicos y subtropicos húmedos/subhúmedos, y trópicos y subtropicos áridos/semiáridos.

- **Sistemas de producción pecuaria a base de pastizales:** son sistemas de producción exclusivamente ganaderos, con frecuencia basados en el pastoreo migratorio, en pastizales estacionales o en pastos de altura. Suelen estar ubicados en las zonas más marginales, que no resultan aptas para los cultivos, bien sea por las bajas temperaturas, las escasas precipitaciones o las condiciones topográficas. Otras características importantes son que una proporción mayor al 10% del alimento se produce en la granja, y que las tasas poblacionales se sitúan por debajo de 10 unidades ganaderas por hectárea. Estos son los sistemas que ocupan una mayor superficie de tierra en el mundo, estimada actualmente en el 26% de la superficie total del planeta libre de hielo.

Los otros dos tipos de sistemas basados en la tierra asocian la producción de cultivos y la crianza de ganado. Estos sistemas mixtos se encuentran en ecosistemas con mejores condiciones bioclimáticas.

- **Sistemas de producción pecuaria en secano:** son sistemas mixtos en los que más del 90% del valor de la producción agrícola no ganadera proviene de tierras no irrigadas. La mayoría de los sistemas de producción pecuaria mixtos son de secano y se localizan especialmente en las zonas semiáridas y subhúmedas de los trópicos y de las zonas templadas.
- **Sistemas de producción pecuaria en regadío:** son sistemas mixtos que se encuentran en muchos lugares del mundo, pero generalmente con una extensión espacial muy limitada. Las excepciones son el oriente de China y el norte de la India, donde estos sistemas están presentes en amplias zonas. Se definen como sistemas mixtos en los cuales más del 10% del valor de la producción no ganadera proviene del uso de tierras en regadío.

***iv. Límites e impactos ambientales de los sistemas pecuarios***

La ganadería es la actividad humana que ocupa una mayor superficie de tierra. Por un lado, el área total dedicada al pastoreo equivale al 26% de la superficie terrestre libre de hielo del planeta mientras que por el otro, el área destinada a la producción de cultivos para alimentación ganadera representa el 33% del total de tierra cultivable. Esto implica que en total, a la producción ganadera se destina el 70% de la superficie agrícola y el 30% de la superficie terrestre del planeta. Hoy en día, existe un límite para poder aumentar la superficie utilizada en el sector, principalmente puesto por la agricultura y la mayor urbanización. Esto obliga a lograr mayores productividades por unidad de tierra a futuro, para poder abastecer a la mayor demanda de productos pecuarios. Sin embargo, uno de los insumos fundamentales para poder lograr esto, que son los cereales utilizados en la alimentación, también podrían presentar una situación compleja a futuro, producto del freno en el aumento de la producción agrícola.

En cuanto a los impactos ambientales, debido a la alta generación de estiércol de los animales, hoy en día el sector ganadero es responsable del 18% de las emisiones de gases de efecto invernadero mundiales, un porcentaje mayor que el correspondiente a los medios de transporte. Un agravante adicional a esta situación está dado por el hecho de que algunos de los gases de mayor emisión en el sector se encuentran entre los que tienen un mayor potencial de calentamiento de la atmósfera. En cuanto al uso de agua, el sector consume grandes cantidades, ya sea indirectamente a través del alimento, que necesita de la misma en su producción, como directamente para satisfacer las necesidades del ganado durante su cría y para los procesos involucrados en la faena del mismo. Por otro lado, se cree que la ganadería es probablemente una de las mayores fuentes de contaminación de este recurso a nivel mundial, debido a los desechos de los animales, los fertilizantes y pesticidas utilizados en los cultivos forrajeros y los sedimentos de pastizales erosionados. Por último, existen una serie de enfermedades animales asociadas al incremento de la intensidad de la producción y concentración de animales en un espacio limitado, que en muchos casos representan una amenaza para la salud humana.

**2.2.1 En Argentina**

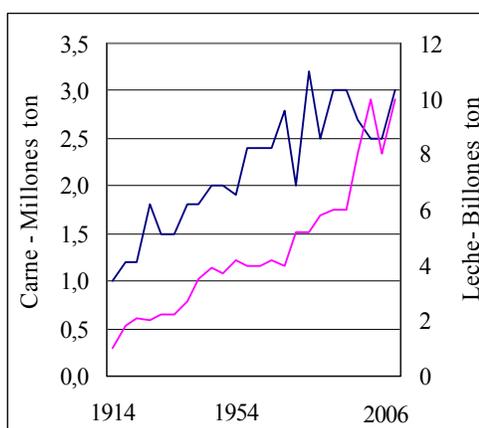
En la producción pecuaria del país también se evidencia cierto dinamismo, aunque claramente menor que el agrícola. A continuación se detalla la evolución respectiva de las principales especies y productos

***i. El sector bovino***

Después de un siglo de notable crecimiento entre 1870 y 1977, año en que se alcanzó el stock máximo de 61 millones de cabezas, las existencias de vacunos muestran una

declinación sistemática hasta 1988, año en que se llegó a los 48 millones de animales. A partir de aquel entonces, el stock ha oscilado entre los 50 y 52 millones, sin mostrar una tendencia definida. Por otro lado, por la importancia de la carne vacuna en la dieta nacional, en los últimos años el Estado ha llevado a cabo políticas de restricción a las exportaciones y control de precios, que han erosionado la rentabilidad del sector. No sorprende entonces que la producción de carne nacional actual sea aproximadamente la misma que hace 30 años, como se aprecia en el Gráfico 2.11, y que muchos especialistas sostengan que de mantenerse este marco regulatorio Argentina deba importar carne en los próximos años.

**Gráfico 2.11 y Tabla 2.5 - (izq) Producción de carne y leche bovinas en Argentina; (der) Consumo de carne bovina en países seleccionados**



	Kg/hab/año		
	1955	2006	'06 vs '55
Argentina	90	62	-31%
EE.UU.	30	43	43%
Uruguay	74	41	-45%
Brasil	n.d.	36	n.d.
Australia	57	39	-32%
U.E.	18	19	6%
Japón	1	8	700%
China	n.d.	5	n.d.
India	n.d.	2	n.d.

La Tabla 2.5 muestra que el país presenta en la actualidad el mayor consumo anual de carne vacuna per cápita del mundo. Este resulta de tal magnitud que es aproximadamente un 50% mayor al del segundo país en importancia bajo esta medida, EE.UU. Sin embargo, a pesar del alto valor presente, es interesante observar que en la década del '50 se consumía aproximadamente un 50% más, bajo la misma medida. En cuanto al comercio internacional el país, que lideró el mercado durante muchas décadas, lentamente fue perdiendo esa posición de privilegio. Esto se debe, además del estancamiento de la producción y las regulaciones internas señaladas, a otros factores adicionales como:

- las restricciones de acceso a los mercados más exigentes debido a problemas sanitarios, en particular la aftosa.
- las modificaciones en la estructura de los importadores y exportadores de carne.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- a nivel mundial surgieron otros productores más competitivos que Argentina, por motivos como subsidios y menores costos de producción

En este contexto complejo no llama la atención que la ganadería extensiva, principal motor del sector pecuario argentino, haya perdido alrededor de 5 y 6 millones de hectáreas entre 1996 y 2005 a manos de la agricultura. A pesar de lo mencionado, hay razones para el optimismo a futuro. Por un lado, todavía existe una importante estructura de unas 15.000 empresas proveedoras de servicios e insumos que aseguran un sistema en línea con el potencial productivo del sector. Por el otro, la genética del ganado local se encuentra entre las mejores a nivel mundial, producto de una preocupación continua de los productores para mejorarla año a año.

En cuanto a la producción lechera, la misma se ha dedicado históricamente a satisfacer al mercado interno. Sólo a partir de los '90, donde se produce un gran aumento en la producción, se alcanzan exportaciones de cierta relevancia. Este incremento responde a tres factores fundamentales:

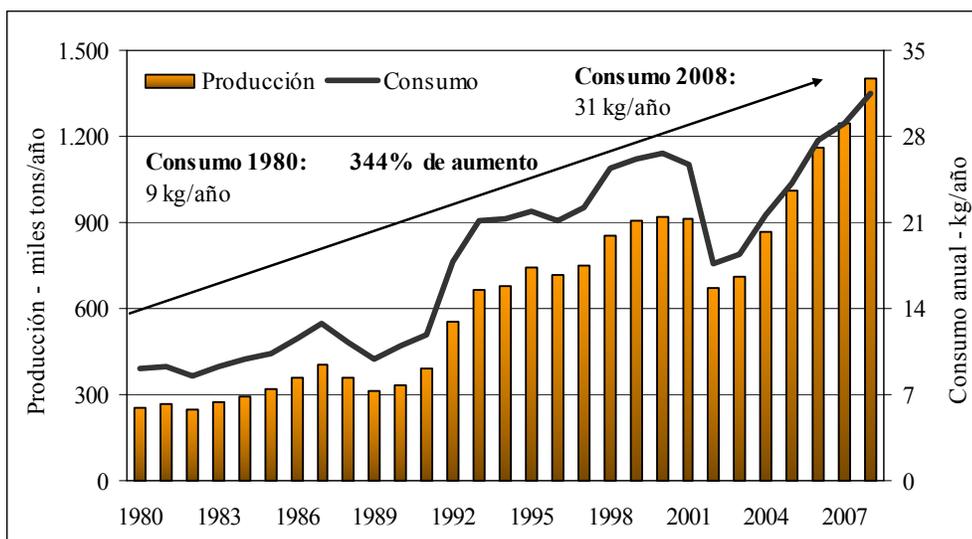
- una intensa modernización industrial, llevada a cabo principalmente en los '90, con inversiones por un total de aproximadamente 2.000 millones de uS\$.
- una mayor producción de leche en polvo, producto destinado en gran parte a la exportación.
- un aumento en el consumo y la exportación de quesos.

Para tener una idea más concreta de los cambios estructurales producidos en los últimos años, hay que tener en cuenta que durante el período 1986-2005 se redujo el número de tambos en un 50% y el rodeo lechero disminuyó en un 30%, pero a pesar de esto la producción lechera creció en un 50%. Actualmente, el complejo lácteo está conformado por una estructura primaria de 12-13 mil tambos junto a un sector industrial compuesto por 850 plantas, que emplean a 30.000 personas aproximadamente. En cuanto al consumo interno, en la década de los '90 el promedio rondó los 214 litros anuales, registrándose el pico en 199 con 234 litros. Luego de la crisis económica de 2001, el consumo disminuyó manteniéndose en niveles similares a los de principios de los '90.

### *ii. El sector avícola*

Hasta hace unas pocas décadas, esta actividad tuvo escaso desarrollo en el país. Sin embargo, el Gráfico 2.12 muestra que desde 1980 el consumo de carne avícola en Argentina se ha incrementado considerablemente.

**Gráfico 2.12 - Evolución de la producción y el consumo de carne avícola en Argentina**



Este aumento ha compensado en parte la disminución ya mencionada en el consumo de carne bovina. Tal evolución ha sido posible por el bajo costo de la alimentación y la escala alcanzada por un grupo de 10 empresas líderes, responsables del 70% del mercado total, que les ha permitido invertir en desarrollos para aumentar su competitividad. Estas últimas desarrollan su negocio a través de un sistema integrado por todos los eslabones de la cadena de abastecimiento. Entre sus tareas, se pueden mencionar inversiones en genética, provisión de pollitos a los productores, procesamiento y comercialización. De esta forma, logran una reducción en los costos de transacción y una mejora en la eficiencia en general. Todas estas características hacen que el sector parezca tener un futuro promisorio, principalmente basado en un aumento de las exportaciones

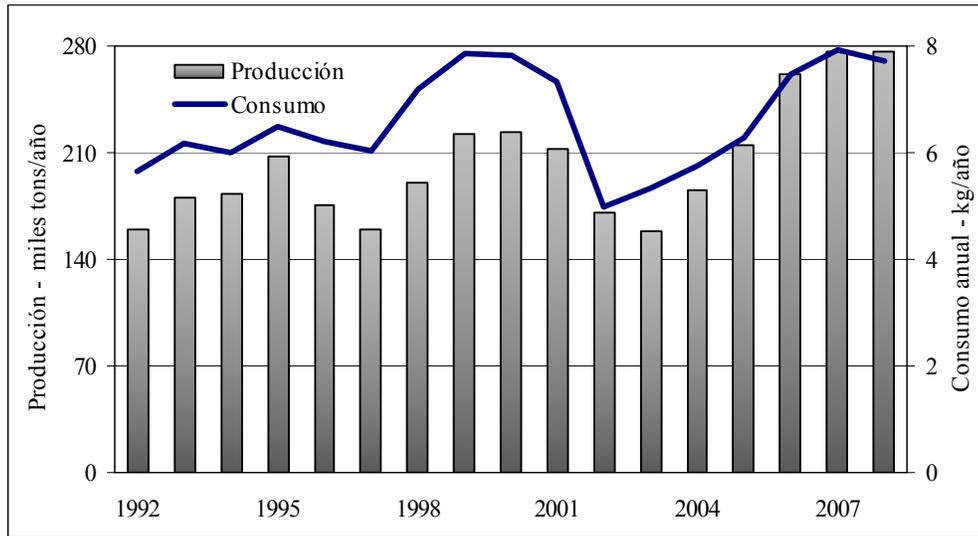
En cuanto a la producción de huevos, hasta 1985 la industria local no había alcanzado niveles competitivos. A partir de ese momento, unas pocas empresas se decidieron a invertir en tecnología de punta, lo que llevó a la situación actual de concentración con 8 empresas teniendo alrededor de un 70% del mercado. Hoy en día, la producción local se ubica por encima de las 4.500 millones de unidades anuales y el consumo interno en aproximadamente 125 huevos anuales por habitante. Hay que mencionar que este valor es menor al de años pasados, principalmente por la falta de concientización de la población con respecto a las ventajas alimenticias que posee este producto.

### ***iii. El sector porcino***

En el medio local, este sector no ha tenido el desarrollo de las otras especies, por lo que históricamente se ha tenido la condición de importador neto. Sin embargo, a partir de la

devaluación post-crisis, se han abierto mejores condiciones para que aumente la producción local, como muestra el Gráfico 2.13, principalmente por el encarecimiento de las importaciones.

**Gráfico 2.13 - Evolución de la producción y el consumo de carne porcina en Argentina**



En la actualidad, la producción porcina está atravesando una etapa favorable, principalmente generada a partir de costos muy competitivos en comparación con los principales productores internacionales. Esto ha permitido explotar plenamente los cambios producidos durante la década del 90, como la intensificación de los sistemas productivos, la mejora genética y la formulación de raciones equilibradas. No sorprende entonces observar un aumento del volumen producido que ha posicionado al país al borde del autoabastecimiento. Hoy en día, existen 1.550 productores y 177 plantas frigoríficas destinadas a la actividad.

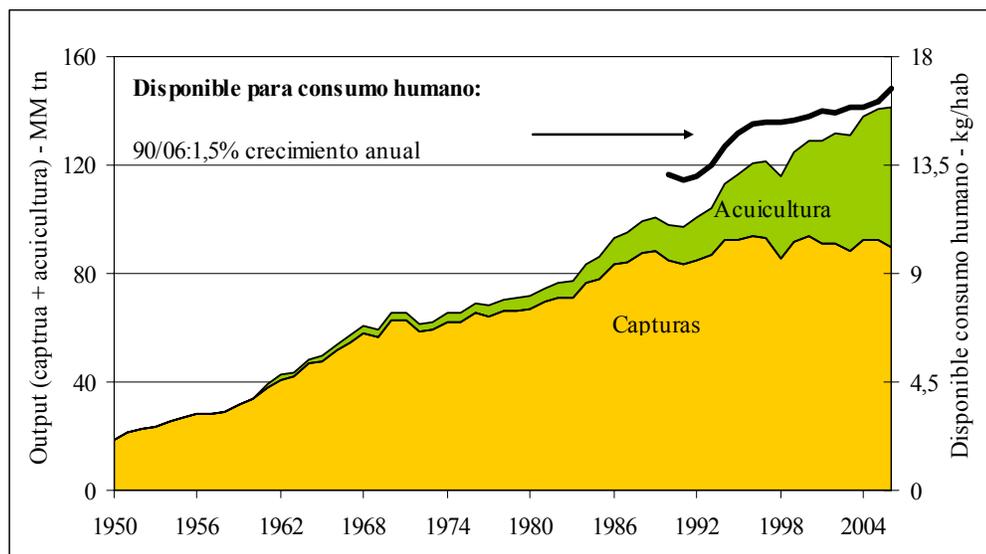
## 2.3 Evolución de la pesca de captura y la acuicultura

### 2.3.1 En el mundo

El Gráfico 2.14 muestra que el suministro de pescado mundial per cápita ha crecido gradualmente desde 1990, ya que el incremento de la producción de las granjas de acuicultura ha compensado con creces los efectos del estancamiento de la producción de la pesca de captura y del aumento de la población. La producción mundial proporcionó unos 110 millones de toneladas de pescado para consumo humano en 2006, lo que equivale a un suministro per cápita teórico de 16,7 kg equivalentes en peso vivo (una vez restada la fracción de captura destinada a fines no alimenticios), una cifra que se

encuentra entre las más elevadas registradas hasta el momento. Un 47% de esta cantidad correspondió a la acuicultura. Los productos pesqueros proporcionan a más de 2.900 millones de personas al menos un 15% del aporte medio de proteínas animales.

**Gráfico 2.14 - Evolución de la producción pesquera de captura y la acuicultura mundial, junto con el output disponible para consumo humano**



China es por mucho el mayor productor mundial, algo que puede verse en el hecho de que el output mundial per cápita sería un 20% menor sino se incluyera a dicho país. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que existen indicios de que las estadísticas chinas podrían ser no del todo exactas desde comienzos de los '90. Es por esto que para poder sacar conclusiones más relevantes, se suelen presentar los datos mundiales considerando o no a dicho país.

Se estima que la demanda de estos productos continuará aumentando a futuro, tanto por el crecimiento de la población como por el aumento de los ingresos disponibles.

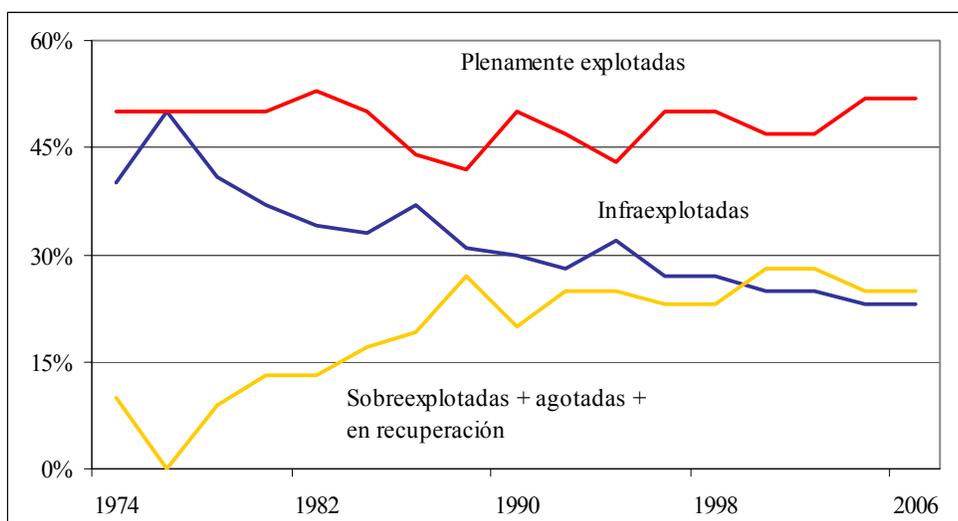
### *i. Pesca de captura*

La producción de la pesca de captura marina mundial se ha mantenido relativamente estática en los últimos años, siendo de unos 85 millones de toneladas en 2004, casi la misma cantidad que en 1992. A la hora de analizar por especie, existen notables fluctuaciones en las capturas anuales debido a las condiciones oceanográficas, como el caso de la anchoveta en Perú y la corriente de El Niño en el Pacífico sudoriental. Sin embargo, las mismas tienden a compensarse unas y otras en gran medida. En cuanto a

las capturas continentales, las prácticas de fomento de poblaciones han hecho que desde 1950 se observe un incremento lento pero constante

Hasta la primera mitad del siglo XX, el mar se consideraba un reservorio prácticamente inagotable de pescado que se podía explotar eternamente. Tan sólo a mediados de siglo empezaron a surgir biólogos marinos que aseguraban que las poblaciones de peces naturales eran finitas y que la pesca como estaba planteada en ese entonces podía no ser del todo sustentable. Desde que la FAO inició el seguimiento de la situación mundial de las poblaciones en 1974, se ha registrado una continua tendencia al descenso, de casi un 40% en 1974 a un 23% en 2005, en las proporciones de poblaciones definidas como infraexplotadas y moderadamente explotadas, que son las que ofrecen ciertas posibilidades de aumento de la producción. Al mismo tiempo, tendió a aumentar la proporción de poblaciones sobreexplotadas y agotadas, que pasó de un 10% aproximadamente a mediados del decenio de 1970 a un 25% a comienzos del de 1990. Desde ese año se ha registrado una estabilización hasta el presente. Lo mencionado puede observarse en el Gráfico 2.15.

**Gráfico 2.15 - Evolución del porcentaje sobre el total de especies en cada categoría planteada por FAO**



Es importante señalar que la mayor parte de las poblaciones de las diez especies más pescadas, las cuales representan en total un 30% de las capturas marinas a nivel mundial, se ubican en las categorías de plena o sobreexplotación y, por ello, no se puede esperar que se produzcan grandes aumentos en sus capturas.

## ***ii. Acuicultura***

La acuicultura está creciendo más rápidamente que cualquier otro sector de producción de alimentos de origen animal. La producción ha pasado de menos de un millón de toneladas anuales a comienzos de la década de 1950 a casi 52 millones en 2006, lo que representa una tasa de crecimiento anual de casi el 7%. Esto, sumado al estancamiento en las capturas, hace que hoy en día la acuicultura proporcione aproximadamente la mitad del pescado consumido a nivel mundial, cuando en 1970 solo representaba un 6%. La región de Asia y el Pacífico aporta el 89% de la producción mundial, principalmente debido a la enorme producción de China que por si misma representa el 67% de la producción. Existen diversos argumentos para mirar con optimismo o pesimismo el futuro de esta actividad

### **Positivos**

- La acuicultura moderna aún está en una etapa temprana de desarrollo. Mientras que la agricultura tal cual la conocemos hoy es el producto de siglos de evolución y desarrollo, la acuicultura comercial a gran escala se remonta a poco más de 30 años.
- Los grandes avances realizados en el plano tecnológico, en genética y en nuevas especies domesticadas.

### **Negativos**

- Los peces que se obtienen son más grasos que los naturales.
- La contaminación que provoca.
- El hecho de que peces carnívoros, como el salmón, son alimentados con otros peces transformados en alimento. Estos peces deben ser capturados en hábitat natural, lo que aumenta las presiones en dichos ecosistemas en vez de reducirlas.

A pesar de lo señalado, dada la alta probabilidad de que los desembarques de las flotas se mantengan estancados la acuicultura será la única forma de aumentar los suministros de pescado mundiales. Sin embargo, el sector ya muestra señales de un freno en su crecimiento. Mientras que la tasa media anual había sido del 12% en el período 1985-1994, en el decenio siguiente fue del 7%. Todo esto parecería indicar que la disponibilidad de pescado per cápita a nivel mundial podría estar estabilizándose y queda la duda hacia el futuro acerca de si se mantendrá así o alcanzará un máximo en algún momento y luego disminuirá.

### ***iii. Impacto ambiental***

El principal impacto ambiental de la pesca de captura es el vinculado a la contaminación producida por residuos y emisiones producto del uso de combustible en los motores de las embarcaciones. Distintos estudios han tratado de cuantificar este impacto, los mismos se detallan más adelante en este trabajo.

En cuanto a la acuicultura, la misma también tiene su impacto en el medio ambiente. Entre otros motivos, se pueden mencionar que:

- los desechos provenientes de las granjas de cultivo, como el alimento no consumido o los peces muertos, se acumulan y pueden destruir ecosistemas naturales cercanos.
- el uso intensivo de antibióticos puede dañar tanto a los animales en estado natural como a los propios seres humanos.
- en estos sistemas se pueden propagar enfermedades con mayor facilidad y las mismas pueden ser transmitidas a peces externos.
- la cruce potencial de organismos domesticados con los salvajes puede llevar a una polución genética.

En los países desarrollados, se han estado llevando a cabo grandes esfuerzos en mejorar la performance ambiental de estos sistemas.

## **2.3.2 En Argentina**

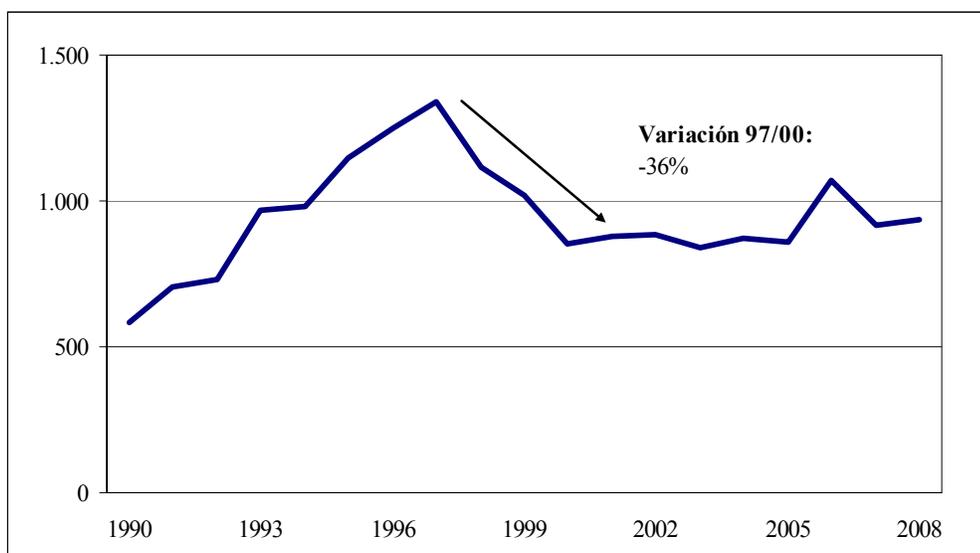
### ***i. Pesca de captura***

Una serie de características otorgan a Argentina condiciones favorables para el desarrollo de la pesca, en especial la marítima: una extensa costa sobre el Atlántico SO y una plataforma continental muy ancha, que otorga gran accesibilidad a los recursos pesqueros. Por otro lado, el sector cuenta actualmente con una estructura de extracción y procesamiento de magnitud importante, distribuida en todo el litoral marítimo. Su actividad se orienta básicamente a la exportación, siendo poco relevantes los valores de importación. En los últimos años, la evolución se ha caracterizado por cambios estructurales significativos. Se pueden mencionar modificaciones en la participación

relativa de las distintas especies en las capturas, en la composición de la flota y en el perfil de los actores privados.

Como se aprecia en el Gráfico 2.16, los desembarques marinos muestran una tendencia creciente hasta 1997, año en el que se alcanza el valor más alto de la misma, con 1,3 millones de toneladas. A partir de ese momento se produce una abrupta caída hasta el año 2000, año a partir del cual se estabilizan los desembarques en un nivel que sitúa al país entre los 30 principales productores a nivel internacional, con aproximadamente el 1% del mercado.

**Gráfico 2.16 - Evolución de las capturas pesqueras de mar en Argentina 1990-2008**



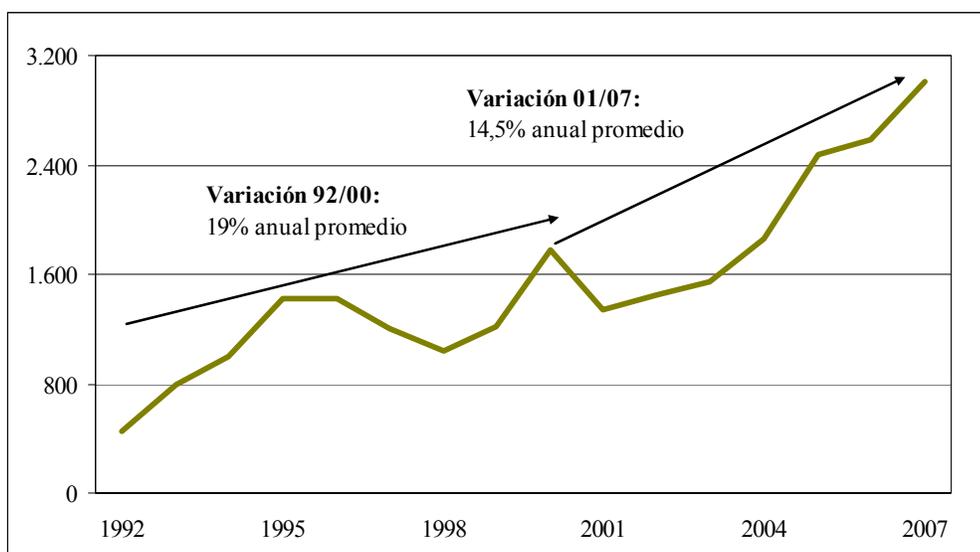
Históricamente, la merluza común ha sido la especie de mayor peso en el sector y también existen capturas considerables de calamar y langostino, aunque estas últimas son especies muy sensibles a cambios en las condiciones medioambientales y pueden presentar variaciones de importancia en sus capturas. Al mismo tiempo, existen otras especies de alto valor de mercado y con disponibilidad de biomasa capturable, que permitirían un crecimiento en la actividad. Sin embargo, para poder lograr este objetivo se requiere profundizar en la investigación del comportamiento de las mismas e incorporar la tecnología adecuada de captura y procesamiento.

En cuanto a la producción de la pesca continental, si bien es modesta, se encuentra en continuo crecimiento desde inicios de la década del '90, alcanzando las 35.000 toneladas en 2004. Prácticamente la totalidad de la producción corresponde a la actividad desarrollada en la zona argentina de la Cuenca del Plata (subcuencas del Río de la Plata, Uruguay, Paraná y Paraguay).

**ii. Acuicultura**

Se ha mencionado la importancia que se le está dando a la acuicultura en el mundo, y también a nivel regional, pero en Argentina la actividad no es lo suficientemente reconocida. Hasta 1980, la producción era de muy pequeña escala e incentivada por el Estado. El objetivo era la implantación de poblaciones en ambientes naturales o el mantenimiento del potencial pesquero, relacionado a la práctica de la pesca deportiva. Las especies cultivadas pertenecían a eran truchas de diversas clases, salmones, pejerrey y perca. La década del '90 trajo consigo un mayor crecimiento en el área de la acuicultura comercial, con el aumento de la producción de trucha e iniciándose también el cultivo de peces y crustáceos de agua dulce. Durante la crisis del 2001 se observa una disminución significativa de la producción, pero en el período que le sucedió el tipo de cambio favoreció a los acuicultores y por ende la actividad ha podido crecer, como se ve en el Gráfico 2.17.

**Gráfico 2.17 - Evolución de la producción acuícola en Argentina 1992-2007**



En los últimos cuatro años, se evidencia un mayor apoyo hacia la actividad, por un lado desde el Estado y por el otro desde actores privados. Esto es algo muy positivo, ya que nuestro territorio nacional presenta, tanto en continente como en el litoral marítimo, condiciones naturales para un mayor desarrollo como: factores climáticos acompañantes para determinadas especies, abundancia en agua de calidad, y sitios aptos a seleccionar. Las explotaciones que mayor auge han tenido recientemente son las vinculadas a pequeños establecimientos agrícolas, que perciben la actividad como una manera de aumentar sus ingresos. El modelo de negocio consiste en insertar en los campos un módulo destinado a esta actividad, utilizando un manejo con similitudes al de otras producciones llevadas a cabo en dicho lugar. Adicionalmente, existen diversas empresas

analizando proyectos de inversión en el sector, en cultivos destinados a moluscos bivalvos, ostras, camarón blanco, langosta de pinzas rojas, carpas y otras especies de peces.

### *iii. Mercados para los productos pesqueros*

La demanda interna de pescado es muy limitada. El hábito de consumo de carnes rojas, su mayor grado de saciedad por peso y las dificultades permanentes en las cadenas de frío del sistema de comercialización los pescados, han contribuido claramente a esta realidad. Es en la década del '90 se observa el mayor consumo per cápita de pescado, que llegó a estimarse en 10 kg/año en 1997. Las principales causas de esta situación fueron:

- la valorización del peso en términos del dólar, que favorecía el desvío de parte de la producción exportada hacia el mercado interno y, al mismo tiempo, facilitaba la importación de productos como conservas y semiconservas.
- el incremento en las capturas.
- la modificación de hábitos vinculados con el consumo de “comida sana”.
- el acceso más fácil al producto a través de las cadenas de hipermercados.
- la oferta de comidas preparadas o semipreparadas.

La situación económica de principios de este siglo mejoró la posición de los exportadores y puso freno a las importaciones, reduciendo el mercado local. El precio del pescado al consumidor argentino, atado al precio en el mercado externo, genera un encuadre poco favorable. Es por eso que la mayor parte de la población ha disminuido su participación en la demanda, aunque los sectores de ingresos altos y medios altos presentan un consumo similar al de la Convertibilidad.

La producción pesquera de captura está orientada en más del 80% a la exportación, mientras que la comercialización del producto acuícola se realiza básicamente en el mercado interno, en general en las mismas regiones de producción. Los productos de merluza han sido históricamente la base del consumo interno, tanto frescos como congelados, seguidos por los de calamar. Hay que mencionar que en el caso de la acuicultura, al tratarse de una actividad aún incipiente, es indispensable para garantizar la rentabilidad de las nuevas inversiones que los consumidores muestren un interés por los productos a desarrollar.

## **2.4 Otros cambios significativos que han impactado en la producción de alimentos**

Existen otros factores que han colaborado con que se produzcan los cambios señalados en los sistemas productivos de alimentos:

- la revolución del transporte, que se inició en el siglo XIX con la aparición del ferrocarril y el barco de vapor y recibió un nuevo impulso con la motorización del transporte. Esto:
  - facilita el acceso a las explotaciones y a las regiones agrícolas y les permitió a los productores obtener los fertilizantes, el pienso y otros insumos de lugares más alejados y en mayores cantidades.
  - propicia también la venta de los productos, incluso los más difíciles de manejar y perecederos, en cantidades cada vez mayores y a zonas más amplias.
- la revolución de las comunicaciones, que se basa en parte en la del transporte, proporcionó los medios para el suministro de información y para las transacciones comerciales a larga distancia. Ambos aspectos impulsaron el comercio distante y la organización de estructuras administrativas, productivas, financieras y comerciales en gran escala.
- la disponibilidad de nuevas tecnologías para el procesamiento, empaquetado, enfriado y secado de los alimentos.

### 3. USO DE ENERGÍA EN PRODUCCIÓN PRIMARIA AGRÍCOLA

A continuación se analizan los distintos consumos energéticos involucrados en la producción agrícola. Se hace foco en la soja, el maíz y el trigo ya que los mismos son responsables por la mayor parte del output anual en el mundo y en Argentina. En una primera instancia se analizan los sistemas productivos a nivel país, es decir, con valores promedios en cuanto al consumo de insumos, la adopción de técnicas agrícolas y los rindes. Una vez determinada la eficiencia promedio a nivel nacional para cada cultivo, se evalúan planteos alternativos para determinar su eficiencia respectiva y se analizan alternativas actuales para mejorar la eficiencia.

#### 3.1 Consumos directos

Antes de comenzar el análisis de los distintos consumos directos de la agricultura, vale la pena hacer una aclaración previa en lo que refiere a los equivalentes energéticos utilizados para los combustibles. Generalmente se encuentran en la literatura dos valores distintos para el poder calorífico de los distintos combustibles, uno denominado poder calorífico inferior y otro superior. La diferencia entre ambos se debe a que el primero considera que los productos de combustión incluyen al vapor de agua. La energía en forma de calor que contiene dicho elemento no se recupera, lo que sucede en la práctica en todos los casos salvo en plantas eléctricas y células de combustible. Es por eso que el criterio generalmente utilizado por otros estudios en la materia es utilizar el poder calorífico inferior de los combustibles por lo que en este trabajo se utilizarán dichos valores.

##### 3.1.1 Labranza, implantación y defensa

En la actualidad, existen tres técnicas principales para realizar estas tareas.

- **labranza convencional o tradicional:** es la práctica que, con modificaciones progresivas, se utiliza desde los comienzos de la agricultura. Los primeros agricultores empezaron a laborear el suelo de forma tal de crear un ambiente adecuado para el crecimiento de los cultivos, con una cama adecuada para colocar la semilla y que esta germinara rápida y uniformemente. Básicamente, esta técnica consiste en el laboreo del suelo anterior a la siembra, cortando e invirtiendo total o parcialmente los primeros 15cm de tierra. Esto se realiza en distintas operaciones, utilizando maquinaria específica en cada una de ellas.

- **labranza mínima o conservacionista:** también implica el laboreo anterior a la siembra, pero con un menor número de pasadas de maquinaria que en la labranza convencional, existiendo una menor inversión y mezclado del suelo.
  
- **labranza cero o siembra directa (SD):** esta técnica surge en la década del '70, como una alternativa a los métodos tradicionales mencionados anteriormente. El suelo no se laboreo, excepto para la aplicación de fertilizantes por inyección, sino que se siembra directamente, depositando la semilla en un pequeño corte vertical realizado con una cuchilla circular o zapata de corte y compactándola luego para permitir su contacto con el suelo húmedo. A continuación se enumeran algunas de las ventajas fundamentales de la SD en comparación con los otros dos planteos señalados:
  - al no laborearse el suelo, queda presente sobre el mismo el rastrojo del cultivo precedente, que ejerce una protección directa contra la erosión. La erosión es una de las 3 causas principales de la degradación de la tierra tiene, junto con el agotamiento de nutrientes y la urbanización. Debido a esta combinación de factores, diversos estudios estiman que en la segunda mitad del siglo XX se ha degradado una superficie equivalente al 43% del territorio vegetado mundial. Haciendo foco en la erosión, se calcula que la labranza convencional presenta niveles de erosión de más de 2,5 cm. cada 100 años, ritmo muy superior al de regeneración natural del suelo, que se estima en 2,5 cm. cada 700-1500 años dependiendo del tipo de terreno. La SD permite disminuir el nivel de erosión hasta valores prácticamente iguales a los de la producción natural. Esto es bastante importante en zonas con suelos en pendiente y, que en algunas épocas del año, reciben precipitaciones de alta intensidad.
  
  - el rastrojo también establece una barrera que reduce la tasa a la que el agua se evapora desde el suelo, evitando la espera de lluvias para poder sembrar. Asimismo se conserva mejor la reserva de agua del suelo para que sea aprovechada por el cultivo, especialmente en los períodos críticos, y se evita en gran parte el escurrimiento de sedimentos, fertilizantes y pesticidas a fuentes de agua cercanas.
  
  - las operaciones de maquinaria y la potencia de los equipos necesarios son considerablemente menores que en otro tipo de planteos. Esto se ve reflejado en una fuerte reducción del consumo de combustible.
  
  - como se ha señalado en la introducción, el secuestro de carbono es una propiedad que poseen los suelos que colabora con la reducción de la

presencia de gases de invernadero en el aire. Los especialistas sostienen que las prácticas de labranza tradicionales cuentan con escaso potencial de secuestro, e incluso en algunos casos terminan liberando carbono a la atmósfera. Esto se debe a la remoción característica de la tierra a la hora de la siembra de dichas técnicas. La SD, en cambio, logra importantes valores de secuestro (hasta 3 veces superiores), colaborando con la disminución de los impactos de la propia agricultura y de otras actividades productivas.

- se produce una reducción en el tiempo entre la recolección y la siembra, permitiendo el desarrollo de un mayor número de cultivos durante el año. En Argentina, es muy común entre los productores de trigo la implementación del doble cultivo con soja, que bajo este planteo se denomina de segunda.
- con la SD, existe una reducción de hasta 60% en las necesidades de mano de obra, fundamentalmente en la preparación del terreno al inicio de la campaña de cultivo. En los países desarrollados agrícolaemente, el impacto de este ahorro es menor ya que los costos de mano de obra suponen menos de un 10% del costo total.

También existen algunas desventajas comparativas, como que:

- al haber menos mineralización, habrá menos nitrógeno disponible para los cultivos y, en general, habrá que aplicar mayor cantidad de fertilizante nitrogenado, al menos en los primeros años.
- el no laboreo y la presencia de rastrojo reducen la efectividad del control de malezas, que pueden transformarse en un problema para el cultivo. Es por eso que como compensación de los menores costos de maquinaria, y sustituyendo su tarea se encuentran los mayores costos de tratamientos con herbicidas, producto de las mayores dosis necesarias especialmente durante los primeros años post-adopción.
- se requiere una inversión inicial considerable en equipos para poder realizar la transición desde un sistema convencional. Sin embargo, aquí es importante distinguir entre costos a corto y largo plazo, donde los primeros no asumen ningún ajuste del capital en equipo existente mientras que los últimos sí que lo hacen. Diversos estudios han mostrado

que después de los ajustes del capital, los costos de la SD se sitúan por debajo de los del laboreo convencional a largo plazo.

- la mayor precisión de manejo técnico que se requiere en la SD aumenta los riesgos de fallas y hacen necesaria una mayor especialización de los trabajadores vinculados a la explotación.

Cuando se consideran todos estos aspectos en conjunto, la conclusión a la que llegan la mayoría de los estudios es que la SD reduce los costos operativos de las explotaciones en el largo plazo, y les provee una mayor sustentabilidad. Otro análisis adicional que resulta de interés es el mostrado en la Tabla 3.1, donde se analizan los costos y beneficios en cuanto a su condición de locales y/o regionales/globales. Mientras que algunos de los beneficios de la SD pueden ser locales y/o regionales-globales, la gran mayoría de los costos deben ser afrontados solamente por los productores. Es por eso que existe una divergencia entre el interés de la sociedad por la SD y su atractivo potencial por los agricultores, que hace que en muchos casos estos no encuentren los incentivos suficientes para su adopción.

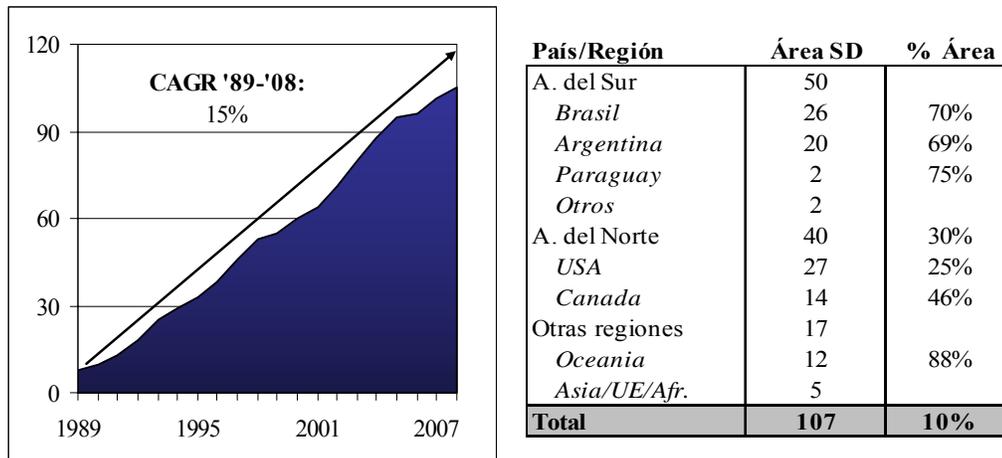
**Tabla 3.1 - Beneficios y costos de la SD y su incidencia**

	<b>Incidencia</b>		
	Local	Nacional/ Regional	Global
<b>Beneficios</b>			
1) Ahorro de tiempo, mano de obra y mecanización	X		
2) Mayor fertilidad y retención de humedad del suelo	X	X	X
3) Estabilización del suelo y protección contra la erosión		X	
4) Menor contaminación de aguas superficiales y subterráneas		X	
5) Caudales más regulares en los ríos, atenuación de las inundaciones y regeneración de pozos secos		X	
6) Recarga de acuíferos, como resultado de una mayor infiltración		X	
7) Reducción de la contaminación del aire		X	X
8) Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub>			X
9) Conservación de biodiversidad edáfica y terrestre			X
<b>Costos</b>			
1) Compra de equipo de siembra especializado	X		
2) Problemas de plagas a corto plazo	X		
3) Aplicación adicional de herbicidas	X	X	
4) Formación y operación para grupos de agricultores	X	X	
5) Riesgo debido a la incertidumbre tecnológica	X	X	

Desde su introducción, la SD ha mostrado un importante crecimiento en cuanto a hectáreas cultivadas bajo este método. Sin embargo, en algunas regiones de importancia agrícola como Europa esta técnica es prácticamente inexistente y en otras como EE.UU.

la adopción es relativamente baja con respecto al total de hectáreas cultivadas. Esto hace que en la actualidad sólo el 10% del área agrícola del mundo este cultivada con SD, quedando un gran potencial de crecimiento a futuro. El Gráfico 3.1 y la Tabla 3.2 muestran lo señalado.

**Gráfico 3.1 y Tabla 3.2 - (izq) Evolución del área mundial bajo SD, en millones de hectáreas; (der) Área bajo SD por región en 2007**



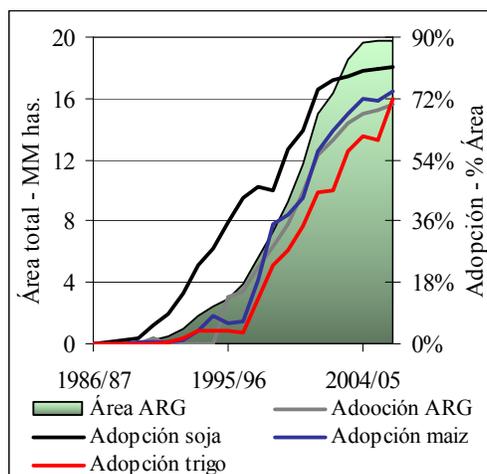
Se puede observar que América del Sur es la región que muestra un mayor nivel de adopción en el mundo, producto de una combinación de factores entre los que se destacan:

- un gran apoyo por parte de instituciones gubernamentales y privadas en forma de capacitación y condiciones favorables para la compra de insumos.
- el uso difundido de semillas genéticamente modificadas, algo que en los países desarrollados ha encontrado muchas trabas (Europa, por ejemplo).
- la presencia de productores abiertos a las innovaciones que aumenten su competitividad a pesar de los riesgos potenciales, principalmente por no contar con subsidios.
- presencia de una gran cantidad de profesionales capacitados en la materia, que generaron publicaciones y estudios demostrando los beneficios de la transición a SD.

En el caso particular de Argentina, en línea con el contexto regional, el crecimiento en la adopción ha sido muy pronunciado, como puede observarse en el Gráfico 3.2. Sin

embargo, en la Tabla 3.3 puede observarse que la adopción no es la misma para todos los cultivos y zonas.

**Gráfico 3.2 y Tabla 3.3 - (izq) Evolución de la superficie bajo SD en Argentina y adopción para los principales cultivos; (der) Adopción de la SD en Argentina por región (2005)**



2005/06	Maiz	Trigo	Soja
Bs. As.	64%	45%	72%
Catamarca	90%	95%	95%
Cordoba	90%	87%	91%
Santa Fe	81%	80%	86%
Entre Rios	66%	82%	65%
La Pampa	44%	31%	65%
Sgo. del E.	72%	64%	92%
Chaco	28%	38%	38%
Corrientes	20%	s/d	40%
Formosa	30%	85%	65%
Salta	80%	91%	90%
San Luis	89%	95%	94%
Tucumán	95%	95%	95%
Misiones	10%	s/d	30%
Jujuy	80%	85%	90%
<b>Total</b>	<b>71%</b>	<b>60%</b>	<b>81%</b>

Para poder cuantificar el efecto en el consumo de combustible que implica el reemplazo de planteos de siembra convencionales por SD en Argentina, se utilizan los datos de la base del INTA mostrados en la Tabla 3.4. La misma cuenta con consumos de combustible por cultivo con distintas técnicas y en condiciones operativas variadas, lo que permite trabajar con valores coherentes con la realidad.

**Tabla 3.4 - Consumo de gasoil en labranza, implantación y defensa**

Cultivo	Consumo gasoil (l/ha)		Consumo energía (MJ/ha)		Ahorro
	Convencional	SD	Convencional	SD	
Trigo	42	14	1.394	468	66%
Soja 1	41	17	1.358	572	58%
Soja 2a		12		411	
Maiz	41	12	1.354	411	70%

Se observa que la eficiencia de consumo lograda es considerable, siendo máxima en el caso de la soja. Utilizando datos de adopción de las distintas técnicas y los consumos de combustible respectivos se obtienen los valores de consumo energético promedio por cultivo para los tres países estudiados mostrados en la Tabla 3.5.

**Tabla 3.5 - Estimación del consumo energético en labranza, implantación y defensa  
(S=Soja, M=Maíz, T=Trigo)**

Área por labranza	EE.UU. - 2007						Brasil - 2008				Argentina - 2007						
	S1	S2	S	M	T	Total	S	M	T	Total	S1	S2	S	M	T	Total	
MM has.																	
Conservación																	
SD	11	1	12	7	4	23	20	10	2	31	9	4	13	2	3	18	
Otras	6	0	7	7	4	17	1	2	0	3	1	0	1	0	0	2	
Reducida	5	0	5	8	6	19	1	2	0	3	1	0	1	0	0	2	
Convencional	6	0	6	12	11	28	1	2	0	3	1	0	1	0	0	2	
Area total	<b>28</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>24</b>	<b>88</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>40</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>24</b>	
% Area																	
Conservación																	
SD	40%	72%	42%	21%	16%	26%	86%	66%	93%	79%	75%	83%	77%	74%	72%	76%	
Otras	23%	5%	22%	20%	16%	19%	5%	11%	2%	7%	8%	6%	8%	9%	9%	8%	
Reducida	17%	11%	17%	24%	25%	22%	5%	11%	2%	7%	8%	6%	8%	9%	9%	8%	
Convencional	20%	13%	19%	36%	43%	32%	5%	11%	2%	7%	8%	6%	8%	9%	9%	8%	
<b>Consumo prom. (MJ/ha)</b>	<b>978</b>	<b>627</b>	<b>957</b>	<b>991</b>	<b>1.116</b>	<b>1.014</b>	<b>667</b>	<b>643</b>	<b>520</b>	<b>649</b>	<b>742</b>	<b>527</b>	<b>682</b>	<b>587</b>	<b>663</b>	<b>670</b>	

El menor consumo de combustible de la SD, sumado al mayor secuestro de carbono mencionado, permite lograr una disminución del impacto ambiental de las labranzas agrícolas como se observa en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6 - Impacto ambiental neto de las operaciones de siembra por cultivo y por país**

	Diesel							
	Consumo		Emisiones		Secuestro CO2		Impacto ambiental neto	
	l/ha	MM l	kg CO2/ha	MM tn CO2	kg/ha	MM tn	kg CO2/ha	MM tn CO2
<b>Soja 1a</b>								
EE.UU.	29	822	85	2,4	163	4,6	-78	-2,2
Brasil	20	453	58	1,3	125	2,8	-67	-1,5
Argentina	22	279	64	0,8	105	1,3	-41	-0,5
<b>Soja 2a</b>							0	0,0
EE.UU.	19	34	54	0,1	222	0,4	-167	-0,3
Brasil	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Argentina	16	75	46	0,2	120	0,6	-74	-0,4
<b>Soja</b>								
EE.UU.	29	856	83	2,5	166	5,0	-83	-2,5
Brasil	20	453	58	1,3	125	2,8	-67	-1,5
Argentina	20	354	59	1,0	109	1,9	-50	-0,9
<b>Maiz</b>								
EE.UU.	30	1.007	86	2,9	90	3,1	-4	-0,1
Brasil	19	285	56	0,8	89	1,3	-33	-0,5
Argentina	18	39	51	0,1	103	0,2	-52	-0,1
<b>Trigo</b>								
EE.UU.	33	815	97	2,4	62	1,5	35	0,9
Brasil	16	38	45	0,1	137	0,3	-92	-0,2
Argentina	20	94	58	0,3	100	0,5	-42	-0,2
<b>Total</b>								
EE.UU.	30	2.679	88	7,8	108	9,5	-20	-1,8
Brasil	19	775	56	2,2	112	4,5	-56	-2,2
Argentina	20	487	58	1,4	107	2,6	-49	-1,2

Hay que tener en cuenta que la SD requiere de un mayor consumo de pesticidas que no es tenido en cuenta en este primer análisis, pero si se analizará más adelante.

### 3.1.2 Cosecha

Para el cálculo del consumo de gasoil en la cosecha de granos, el INTA sugiere considerar como valor representativo un promedio de 46 litros/hora para la cosechadora utilizada y de 14 l/h para el tractor de tareas de acarreo, lo que implica un total de 60 l/h como consumo horario de la tarea. La capacidad de trabajo de la cosechadora depende del cultivo en cuestión y de su rinde, por lo que el consumo de combustible que se aprecia en la Tabla 3.7 no es uniforme entre los distintos cultivos y países.

**Tabla 3.7 - Estimación del consumo energético en la cosecha**

	Rendimiento		Consumos	
	Condición	tn/ha	Gasoil (l/ha)	Energía (MJ/ha)
Soja	Normal	2,6	11	
	Alto	3,8	13	
	<b>Promedio 2007</b>			
	EE.UU.	2,7	11	362
	Brasil	2,8	11	370
Trigo	Normal	3,0	8	
	Alto	4,5	10	
	<b>Promedio 2007</b>			
	EE.UU.	2,7	7	248
	Brasil	2,2	7	229
Maiz	Normal	7,0	16	
	Alto	10,0	20	
	<b>Promedio 2007</b>			
	EE.UU.	9,4	20	670
	Brasil	3,7	9	317
	Argentina	7,0	16	519

## 3.2 Consumos indirectos

### 3.2.1 Fertilizantes

En 1847 Liebig, un químico alemán, descubrió que los nutrientes que las plantas remueven del suelo podrían ser reemplazados mediante compuestos químicos. Sin embargo, hasta 1950 la población mundial era rural en su mayoría, y los nutrientes para los cultivos provenían principalmente de los desechos humanos y animales. Con la progresiva urbanización se genera una disrupción en dicho ciclo natural y surge la necesidad de nuevas prácticas de fertilización. Es por eso que en la segunda mitad del siglo XX el consumo de fertilizantes químicos aumenta considerablemente, sostenido también por limitaciones en la tierra arable disponible.

Los fertilizantes químicos son un insumo clave en la agricultura moderna, ya que:

- son responsables directos de gran parte de los aumentos de rindes de las últimas décadas, al remover las restricciones de nutrientes presentes hasta su adopción en forma masiva, que no permitían desarrollar el potencial genético de los cultivos.
- mejoran las eficiencias de uso de otros insumos de importancia en el sistema de producción como el agua.
- han permitido la implementación de cultivos en terrenos con deficiencias de nutrientes.

Por todo esto, algunos estudios sostienen que hasta el 30% de la producción mundial de granos actual se debe al uso de estos insumos. Sin embargo, estos beneficios conllevan un costo energético importante, ya que estos productos consumen grandes cantidades de energía en su producción. A continuación, se analizan algunos aspectos relevantes vinculados a estos insumos.

*i. Necesidades de nutrientes de los cultivos*

En la Tabla 3.8 se muestran los 16 elementos esenciales que los cultivos necesitan para desarrollarse saludablemente. El aire y el agua proveen 3: hidrógeno, oxígeno y carbono, el resto proviene del suelo y es detallado en la siguiente tabla.

**Tabla 3.8 - Nutrientes requeridos por los cultivos**

<b>Macronutrientes</b>	<b>Micronutrientes</b>	<b>Nutrientes importantes en ciertos cultivos</b>
<u>Primarios</u>	Boro	Sodio
Nitrógeno	Cloro	Silice
Fósforo	Cobre	Cobalto
Potasio	Hierro	Aluminio
<u>Secundarios</u>	Manganesio	
Calcio	Zinc	
Magnesio		
Azufre		

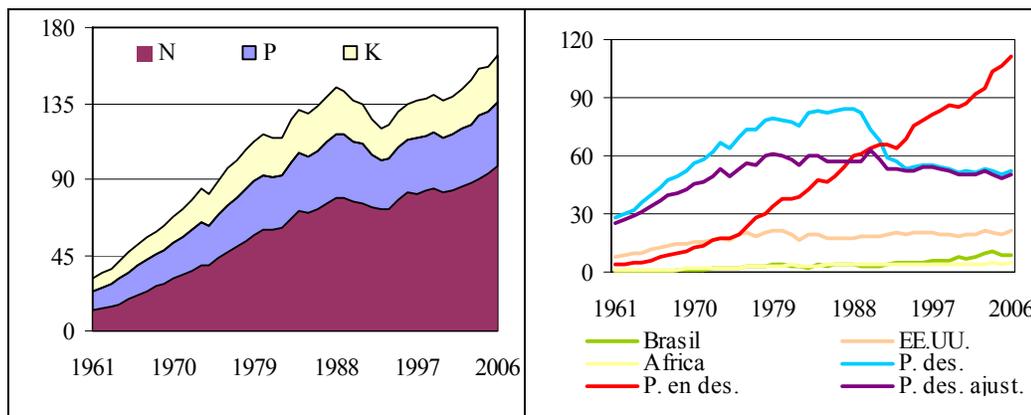
A medida que los suelos son cultivados y cosechados, van perdiendo nutrientes en función del cultivo producido, y es por eso que es necesaria una adecuada fertilización para asegurar la productividad a largo plazo. Existen dos técnicas de fertilización en la actualidad

- **orgánica:** consiste en agregar residuos de origen orgánico al suelo, tales como desechos de animales, restos de cultivos y compost. Este tipo de fertilizante es generalmente considerado generalmente como el más ecológico, pero su uso en las grandes explotaciones agrícolas es prácticamente inexistente.
- **inorgánica:** consiste en adicionar fertilizantes de origen químico, que son formulados especialmente para contener uno o más nutrientes en distintas proporciones. Como puede apreciarse en la tabla, los tres nutrientes necesarios fundamentales son el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) y el Potasio (K), y es por eso que estos son los predominantes en estos fertilizantes.

### *ii. Tendencias mundiales en el uso de fertilizantes*

El uso mundial de fertilizantes, expresado en términos de nutrientes contenidos en los productos comerciales de los 3 principales nutrientes (NPK), creció de 14 millones toneladas en 1950 a 180 en la actualidad. Este extraordinario aumento es consecuencia inmediata del mayor número de productores que adoptó la fertilización, del aumento en las dosis aplicadas y, en menor medida, del crecimiento en el área sembrada. En cuanto a la distribución del consumo entre los distintos nutrientes, el consumo de N es considerablemente superior al de P y K. Por otro lado, si se analiza el consumo por región, se observa que en las más desarrolladas los valores actuales son considerablemente menores que el pico alcanzado en la década del '80. Esto se debe fundamentalmente a la abrupta caída del consumo en la ex URSS (hoy Rusia), producto de la eliminación de subsidios a los fertilizantes en dicha región. Sin embargo, aun ajustando por dicho efecto, se observa que el consumo en el resto de dichos países ha dejado de crecer. Entre otros factores analizados más adelante, una de las causas de esta situación es que las altas dosis de aplicación alcanzadas han hecho que se alcancen los límites fisiológicos de las plantas para absorber más nutrientes. En los países menos desarrollados, en cambio, aún quedan amplios márgenes para aumentar el consumo, especialmente en África. Los Gráficos 3.3 y 3.4 muestran lo mencionado.

**Gráficos 3.3 y 3.4 - (izq) Consumo de fertilizantes en el mundo 1961-2008, por tipo, en millones de toneladas de nutrientes equivalentes; (der) idem izq, por región**



### *iii. Fertilización en Argentina*

Una parte significativa de la historia de la producción agropecuaria del país se ha realizado aprovechando la enorme fertilidad natural de los suelos. Es así que muchas de las mejores tierras de la pampa húmeda, principal zona agropecuaria, tienen más de un siglo de cultivo continuo pero con una historia muy reciente de reposición de nutrientes. A diferencia de lo ocurrido en otros países, donde la adopción de la fertilización fue mucho más temprana, la difusión de estos insumos tecnológicos estuvo restringida durante muchos años a frutales, caña de azúcar, hortalizas, etc. y su empleo a gran escala en los cultivos extensivos recién comienza en la década del noventa. Las explicaciones propuestas para este retraso en la adopción de esta práctica tecnológica son de diversa índole

- a nivel Estado no se vislumbraba la importancia de usarlos para incrementar la producción y por lo tanto no se los promocionó.
- las explotaciones medias a grandes rotaban con ganadería, lo que permitía recuperar fertilidad nitrogenada. Es por eso que los ensayos de fertilización no registraban en general respuestas positivas al uso de estos insumos.
- relaciones insumos/productos desfavorables, ya sea porque los precios de los granos eran bajos o porque los fertilizantes locales, especialmente los nitrogenados, eran caros respecto a los internacionales.
- la producción de fertilizantes a nivel nacional es relativamente reciente y se limitaba en sus comienzos a una planta de reducida escala de producción y posición dominante en el mercado.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- la inestabilidad de nuestro país en cuestiones macroeconómicas, que ha sido una constante.

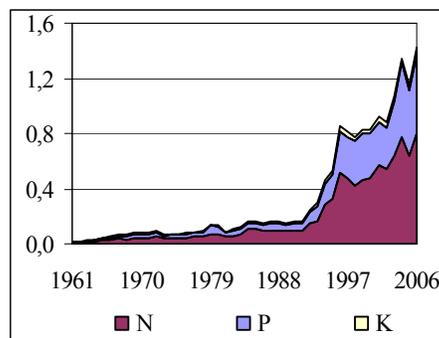
Con el Plan de Convertibilidad, se removieron las barreras a la importación de fertilizantes y la estabilidad económica impulsó importantes inversiones privadas en la fabricación y distribución la difusión de esta tecnología. Esto provocó un considerable aumento en la cantidad de fertilizantes consumida en nuestro país. Toda esta evolución histórica es resumida en la Tabla 3.9.

Cuando se compara el uso con el de otros países los valores, mostrados en el Gráfico 3.5, no son los esperables, principalmente por el alto porcentaje de las tierras ocupadas por la soja, que es el cultivo que menor fertilización requiere. En cuanto al consumo por nutriente, se observa que de los tres principales sólo el N y el P son utilizados en gran escala. Dentro de los otros productos utilizados, se debe destacar el crecimiento de los que contienen azufre y el de las mezclas que incluyen varios nutrientes.

Luego de registrar una tendencia creciente y positiva desde 1990, 2008 y 2009 muestran una caída del consumo de fertilizantes de aproximadamente un 31%. Las causas principales son la evolución reciente de los precios de los fertilizantes, las dificultades financieras de los productores y la mayor penetración de la soja.

**Tabla 3.9 y Gráfico 3.5 - (izq) Desarrollo del mercado de fertilizantes en Argentina; (der) Consumo de fertilizantes en Argentina, 1961-2007**

Década	Desarrollo de mercado
1960/70	Uso en cítricos y caña de azúcar
1970/80	Uso de P en el SE de Bs. As.
1980/90	Uso extendido de Urea y DAP
1990/00	Aumento de importaciones
2000/	Uso extendido de mezclas y líquidos



### *iv. Niveles sugeridos de reposición de nutrientes*

Se define como requerimiento nutricional de un cultivo a la cantidad de nutrientes necesarios para su adecuado desarrollo. Del total de nutrientes que se toman del suelo para construir el rendimiento, una parte es exportada con la producción que se cosecha y

la otra retorna al suelo con los residuos del mismo (rastrajo). El porcentaje que retorna depende del cultivo y del nutriente en cuestión, como se observa en la Tabla 3.10.

**Tabla 3.10 - Requerimientos y exportación de nutrientes por cultivo**

Nutriente/ Cultivo	Requerimientos (kg/t)			Extracción %			Exportación (kg/t)		
	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja
N	30	22	80	66%	66%	75%	20	15	60
P	5	4	8	75%	75%	84%	4	3	7
K	19	19	33	17%	21%	59%	3	4	19

Se observa que la soja presenta los requerimientos más altos en todos los nutrientes considerados, llegando en algunos casos a multiplicar varias veces los de otros cultivos. Sin embargo, hay que aclarar que al tratarse de una leguminosa, aproximadamente el 70% de su requerimiento de nitrógeno es aportado por fijación simbiótica, disminuyendo la necesidad de fertilizantes.

Los criterios de fertilización de cultivos extensivos en EE.UU. o en la U.E. generalmente sugieren un aporte de nutrientes con fertilizantes cercano al 100% de los **requerimientos** de los cultivos, en función del potencial de producción (rendimientos) de cada zona. Este criterio está relacionado con los más de 150 años de agricultura continua que tienen la mayoría de los suelos actualmente en producción, que hace que presenten altos niveles de erosión. Sin embargo, dados los problemas ambientales de contaminación de aguas por residuos de fertilizantes, estos criterios se encuentran actualmente en revisión. En Argentina, los estudios en la materia suelen tomar como criterio sustentable de fertilización reponer al nivel de **exportación**, que como se aprecia en la Tabla 3.10 es siempre menor que el requerimiento. Una última aclaración que vale la pena hacer es que la reposición de nutrientes planteada no debe ser contemplada para cada cultivo en particular, sino para la rotación (secuencia) que se plantee en cada zona.

#### ***v. Aplicación y adopción por cultivo en el mundo y en Argentina***

En función de los distintos requisitos de nutrientes de los cultivos, las distintas condiciones de los suelos y el grado de adopción del uso de fertilizantes, la fertilización a nivel mundial muestra grandes diferencias entre los distintos cultivos y regiones. Para Argentina, EE. UU y Brasil se han podido obtener datos muy útiles para los objetivos de este trabajo. Los mismos se muestran en la Tabla 3.11. Hay que aclarar dos aspectos al hablar de dosis de aplicación:

- las mismas se expresan en kg/ha de nutrientes, ya que de hacerse con respecto a los productos comerciales no se estaría teniendo en cuenta el diferente contenido

## Uso de energía en el sector de alimentos

de cada componente (N, P, K, S, etc.) que ellos poseen. En definitiva, son los nutrientes los que tienen efecto sobre el cultivo y no la totalidad de la formulación comercial.

- al utilizarse los promedios a nivel nacional, influye la proporción de productores que utiliza la fertilización.

**Tabla 3.11 - Aplicaciones de nutrientes y niveles de reposición promedio**

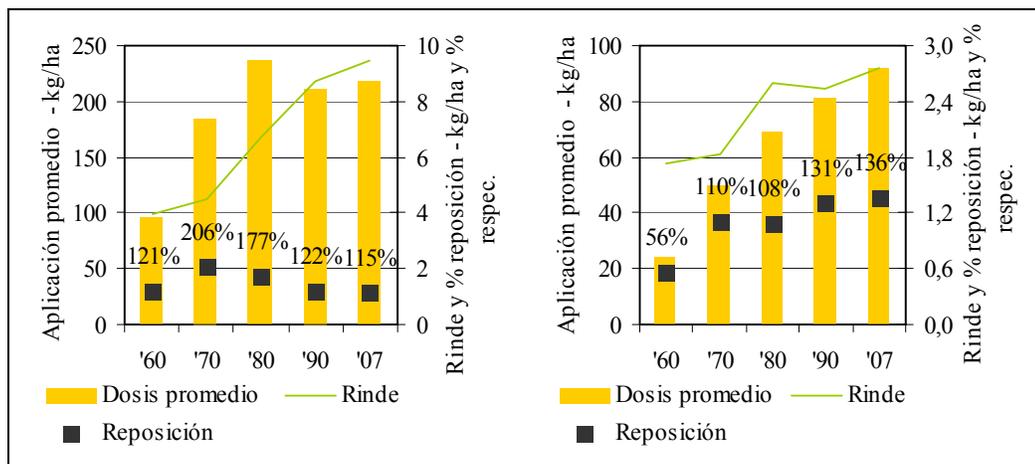
	Argentina						EEUU						Brasil					
	Aplicación			Reposición			Aplicación			Reposición			Aplicación			Reposición		
	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja
N	48	60	0	93%	60%	0%	75	150	5	141%	110%	3%	12	28	8	31%	55%	0%
P	13	14	6	138%	66%	34%	12	23	7	117%	80%	37%	21	40	22	287%	384%	143%
K	0	0	0	0%	0%	0%	5	45	5	59%	121%	10%	20	46	54	270%	342%	114%
<b>Total</b>	<b>61</b>	<b>74</b>	<b>6</b>	<b>97%</b>	<b>53%</b>	<b>6%</b>	<b>92</b>	<b>218</b>	<b>17</b>	<b>140%</b>	<b>117%</b>	<b>17%</b>	<b>54</b>	<b>113</b>	<b>84</b>	<b>100%</b>	<b>152%</b>	<b>81%</b>
Rinde - t/ha	2.6	7.0	2.7				2.7	9.4	2.7				2.2	3.7	2.8			

A primera vista, se observa que la fertilización con N en soja es prácticamente nula en los tres países. Esto es producto de las ya mencionadas propiedades de este cultivo. Se destacan también los altos niveles de reposición de P y K en Brasil, producto de deficiencias naturales de los suelos de dicho país. En el caso de Argentina en particular, algunos aspectos interesantes que surgen de los datos son:

- se repone un 51% más de la extracción del fósforo exportado por el cultivo de trigo. Ese excedente pasa al resto de los cultivos que integran la rotación típica con soja o en su defecto maíz (de segunda).
- el trigo y el maíz son los dos cultivos que más fertilizantes reciben y, por lo tanto, los que mejor reposición presentan.
- no se registraron aplicaciones de fertilizantes potásicos en ningún cultivo.

En cuanto a la evolución histórica en los niveles de aplicación, se analizan por separado a los países según su grado de desarrollo. Para los países desarrollados, se toma como ejemplo a EE.UU., ya que se cuenta con series de muchos años de historia. Como se ha observado en las tablas anteriores, los cultivos de mayor relevancia en cuanto a la fertilización son el maíz y el trigo y son estos los que se muestran en los Gráficos 3.6 y 3.7.

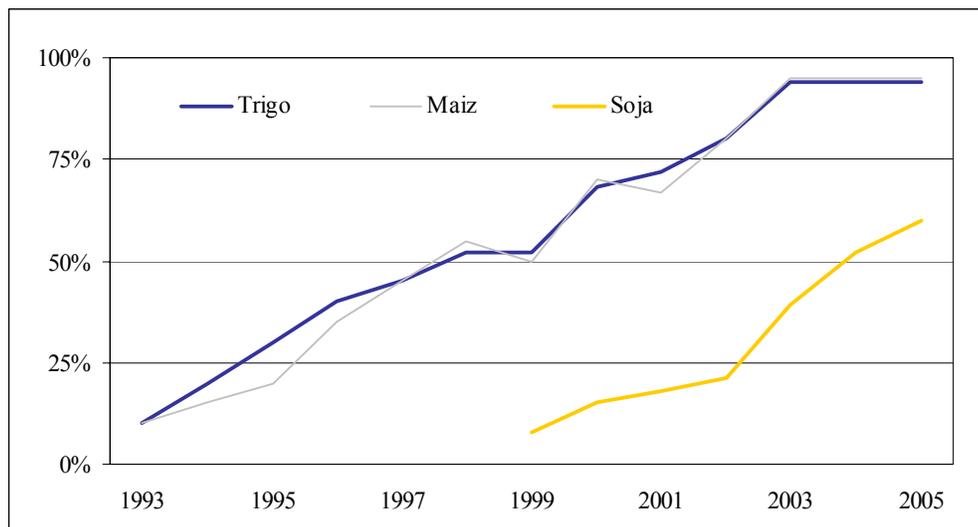
**Gráficos 3.6 y 3.7 - (izq) Evolución en el tiempo de las características de la fertilización del maíz en EE.UU.; (der) Ídem trigo**



Se observa por un lado como los niveles de aplicación han estado históricamente vinculados con los aumentos de rendimientos, como se expuso anteriormente, y por el otro como en las últimas décadas ha habido un ajuste en los mismos, acercándolos a los niveles de extracción y evitando dosis excesivas que pueden conllevar impactos ambientales.

Para los países en desarrollo, se analiza el caso de Argentina. En primer lugar, hay que aclarar que a diferencia de EE.UU. donde la gran mayoría de los productores ha utilizado la fertilización desde hace varias décadas, en el país hace tan sólo 15 años prácticamente no existía esta técnica. Es por eso que no se dispone de una serie de datos relevante para la comparación en cuanto a las dosis utilizadas, pero si se cuenta con los datos sobre la evolución de la adopción de la fertilización según el cultivo mostrados en el Gráfico 3.8.

**Gráfico 3.8 - Evolución de la proporción de productores que aplica fertilización en Argentina por cultivo**



La mayor adopción progresiva que se puede observar en el gráfico ha ayudado a aliviar la “minería” de nutrientes que significó la agricultura en nuestro país por muchas décadas.

#### ***vi. Consumo de energía en producción***

Los fertilizantes inorgánicos comerciales requieren distintos procesos productivos según su formulación y presentación (líquida, sólida). A la hora de estimar los requisitos energéticos de cada uno de ellos, es importante tener en cuenta su contenido de nutriente/s, para poder comparar entre los distintos productos sin errores. Los equivalentes energéticos se expresan entonces en MJ/kg de el/los respectivo/s nutriente/s.

El proceso de mayor intensidad energética es el de los fertilizantes de nitrógeno. En el 90% de los mismos, este proceso comienza generalmente con la producción de amoníaco mediante el proceso Haber-Bosch, que requiere de un alto consumo de gas natural. Este insumo es necesario ya que, por un lado, aporta el hidrógeno para la síntesis del amoníaco y por el otro, es utilizado como fuente de energía y calor en otras etapas del proceso. El amoníaco no suele ser aplicado como fertilizante en forma directa, debido a que a presión normal es un gas y, por lo tanto, se requieren cuidados especiales para su transporte y utilización. Ésta es la razón por la que la urea, que es un compuesto sólido, se ha convertido en el fertilizante nitrogenado de mayor difusión. La producción de este y otros compuestos nitrogenados basados en el amoníaco requiere de

un consumo adicional de energía. En la Tabla 3.12 puede observarse el detalle de los consumos energéticos para los principales fertilizantes nitrogenados.

**Tabla 3.12 - Consumos energéticos en la producción de fertilizantes nitrogenados**

<b>Plantas modernas</b>	<b>Amoníaco (NH<sub>3</sub>)</b>			<b>Urea</b>			<b>UAN</b>
<b>Parámetros productivos</b>							
Contenido N (ton N/ton producto)	82%			46%			30%
MP necesaria (ton/ton producto)							
<i>Gas natural</i>	0,46			0			
<i>Amoníaco (NH<sub>3</sub>)</i>	0			0,57			
<i>Urea</i>	0			0			0,33
<i>Nitrato de amonio</i>							0,42
<b>Consumo energía (MJ/tn)</b>							
<i>Eficiencia</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Media</i>
MP	19.943	19.943	19.943	14.534	18.341	16.438	
Consumo proceso	5.690	12.405	9.047	1.768	3.019	2.393	
<i>Electricidad</i>	1.939	410	1.175	224	49	136	
<i>Otros (casi 100% Gas natural)</i>	3.751	11.995	7.873	1.544	2.970	2.257	
<b>Consumo total</b>	<b>25.633</b>	<b>32.348</b>	<b>28.991</b>	<b>16.302</b>	<b>21.360</b>	<b>18.831</b>	<b>10.406</b>
<b>Consumo total (MJ/tn N)</b>	<b>31.260</b>	<b>39.449</b>	<b>35.354</b>	<b>35.439</b>	<b>46.436</b>	<b>40.937</b>	<b>34.686</b>
<b>Consumo energía por rubro</b>							
MP	78%	62%	69%	89%	86%	87%	96%
Consumo proceso	22%	38%	31%	11%	14%	13%	4%
<i>Electricidad</i>	8%	1%	4%	1%	0%	1%	
<i>Otros (~100% Gas )</i>	15%	37%	27%	9%	14%	12%	

Se espera que en un plazo cercano se desarrollaran tecnologías más económicas para fabricar abonos nitrogenados utilizando como base el nitrógeno atmosférico, abundante y gratuito.

El resto de los fertilizantes presentan consumos energéticos de menor magnitud. En el caso de los fosfatados los ingredientes básicos son la roca fosfórica, de donde se obtiene el P, y el ácido sulfúrico. La roca fosfórica es un recurso no renovable, cuyas reservas se estima se agotarán en los próximos 50 años. Para poder extraerla de las minas y enviarla a las plantas de fertilizantes, se requieren consumos de energía de maquinaria de extracción y de equipos para el secado y procesamiento de la misma. En cuanto al ácido sulfúrico, el proceso de mayor difusión consiste en bombear agua presurizada a altas temperaturas hacia una capa subterránea con azufre. La mezcla resultante es luego elevada a la superficie y procesada para obtener el ácido propiamente dicho. Con ambos ingredientes base, se elaboran un gran número de productos comerciales, muchos de los cuales parten del ácido fosfórico (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 44% P) e incluyen otros nutrientes, principalmente N. El respectivo consumo energético puede observarse en la Tabla 3.13.

**Tabla 3.13 - Consumo de energía en la producción de fertilizantes fosforados**

<b>Plantas modernas</b>	<b>MJ/ton P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>MJ/ton P</b>
Minería	3.200	7.448
Proceso	3.300	7.681
<b>Total</b>	<b>6.500</b>	<b>15.129</b>

Para la producción de K, también existe una primera fase donde se debe extraer el insumo básico de minas y una segunda que consiste en su procesamiento. Se suele citar como valor de referencia de consumo energético 6.800 MJ/ton para el compuesto K<sub>2</sub>O (83% K).

**vii. Otros consumos de energía**

Existen dos fuentes de consumo adicionales post-producción que son el packaging y el transporte a los campos, que también difieren entre los nutrientes. El consumo de combustible necesario para la maquinaria utilizada en la aplicación ya fue tenido en cuenta en los consumos de la siembra de cada cultivo.

**viii. Consumo total de energía**

Teniendo en cuenta los equivalentes energéticos señalados, queda por considerar que productos comerciales son los de mayor uso para llegar a los consumos totales, ya que las características de los mismos afectan a los consumos de transporte y packaging y, solo en el caso del N, a la producción. Utilizando dichos datos, se obtienen los valores de la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14 - Detalle de los distintos consumos de energía para cada nutriente, en MJ/tn**

	<b>N</b>	<b>P</b>	<b>K</b>
Producción	38.611	15.129	8.193
Transporte	2.757	6.203	1.121
Packaging	2.580	6.052	2.169
<b>Consumo total</b>	<b>43.948</b>	<b>27.384</b>	<b>11.482</b>

Con las dosis promedio de aplicación relevadas, se puede obtener el consumo de energía por cultivo para cada país mostrado en la Tabla 3.15.

Tabla 3.15 - Consumo de energía por uso de fertilizantes

	Consumo energía - MJ								
	Argentina			EE.UU.			Brasil		
	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja
N	1.837	2.328	0	2.885	5.795	186	463	1.081	309
P	365	375	173	322	620	186	588	1.082	597
K	0	0	0	58	520	63	232	524	625
<b>Total x ha.</b>	<b>2.202</b>	<b>2.703</b>	<b>173</b>	<b>3.266</b>	<b>6.935</b>	<b>434</b>	<b>1.283</b>	<b>2.688</b>	<b>1.530</b>
<b>Total x tn.</b>	<b>856</b>	<b>387</b>	<b>63</b>	<b>1.221</b>	<b>740</b>	<b>161</b>	<b>584</b>	<b>720</b>	<b>543</b>

### ix. Tecnología y sustentabilidad en la fertilización

#### a. Mayor eficiencia en la producción de fertilizantes: el caso del nitrógeno

La industria agroquímica ha experimentado grandes avances tecnológicos en la última década. Esto es especialmente importante en el caso de los fertilizantes nitrogenados, debido a sus altas necesidades energéticas mencionadas anteriormente. En los mismos, aunque los fundamentos del proceso Haber no han cambiado, se ha producido una sustancial mejora de eficiencia en el consumo energético, mostrada en el Gráfico 3.9 y provocada por:

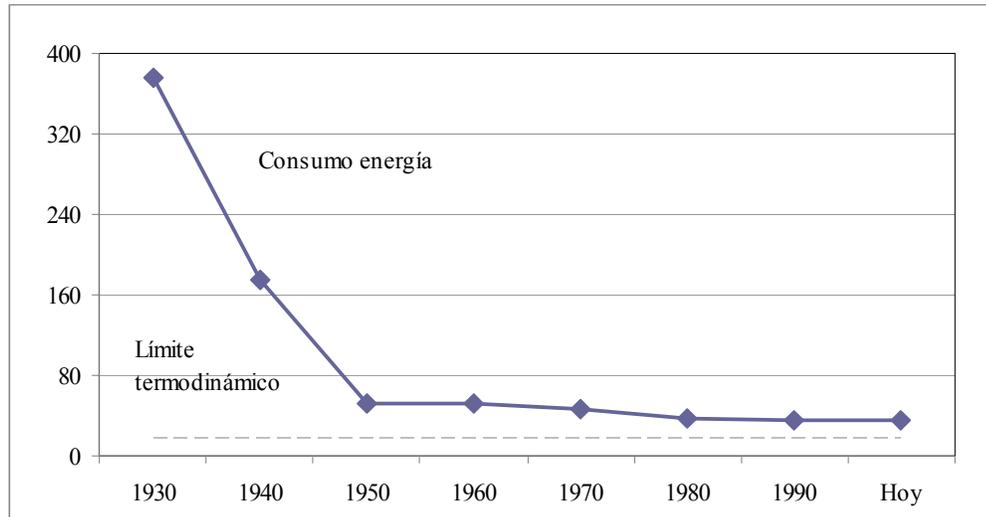
- el reemplazo de compresores alternativos por rotatorios (ahorro de electricidad de hasta 95 %).
- la mejora del control de procesos para optimizar las reacciones químicas.
- la recuperación del calor y los desechos del proceso.
- la construcción de fábricas más grandes y más económicas.
- la sustitución del carbón por gas natural, no sólo como combustible sino también como fuente de hidrógeno, lo cual redujo el coste energético. Adicionalmente, en años recientes se ha logrado disminuir el consumo de este último combustible.
- la utilización de catalizadores especiales que mejoraron el rendimiento de la reacción.

Como se ha analizado, en la actualidad el consumo energético para producir industrialmente amoníaco es aproximadamente 35 MJ/kg de N, menos de la quinta parte

## Uso de energía en el sector de alimentos

del consumo de la primera síntesis comercial a principios de los años veinte. Se estima que aún queda espacio para lograr mejoras adicionales y acercarse al límite termodinámico de la reacción química, que es de 17,5 MJ/Kg.

**Gráfico 3.9 - Evolución del consumo de energía necesario para la producción de amoníaco, en MJ/kg N**

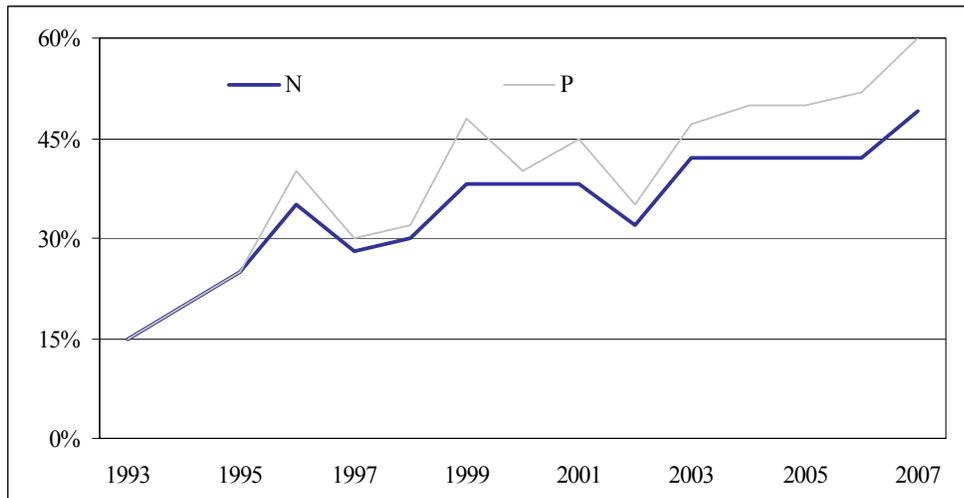


### b. Fertilización balanceada

Los efectos de los nutrientes sobre los cultivos son interactivos, generando beneficios superiores a la aplicación individual de cada uno de ellos. De la interacción entre nutrientes surge el concepto de “fertilización balanceada”: el suministro simultáneo de todos los elementos necesarios para alcanzar un determinado rendimiento. En muchos casos, de nada sirve agregar grandes cantidades de un nutriente, cuando el limitante pasa por la escasez de otro. Tomando como ejemplo a la Argentina, es común encontrar en la región pampeana respuestas a N y a P, pero en la medida que estos requerimientos son cubiertos aparecen otros nutrientes limitantes como el azufre, que revolucionó con sus niveles de respuesta en las últimas campañas.

### c. Sustentabilidad en el nivel de aplicación para Argentina

A pesar de las mejores relaciones aplicación/extracción observadas en el Gráfico 3.10 para los últimos años, a excepción del K, donde hasta la fecha prácticamente no se registran aplicaciones, los balances de nutrientes siguen siendo negativos para los suelos argentinos.

**Gráfico 3.10 - Evolución de la reposición de N y P en Argentina**

Aún con este relativamente bajo aporte de nutrientes, los rendimientos de los cultivos en el país siguen superándose año a año, lo que confirma el enorme potencial de los suelos agrícolas autóctonos dado por características como su origen y escasa historia de uso. Sin embargo, los suelos no pueden resistir a la subfertilización eternamente y eventualmente se degradan. Esto se evidencia, por ejemplo, en la evolución del contenido el P de los suelos de la Región Pampeana, donde existe una disminución significativa asociada especialmente a la baja fertilización del cultivo de soja. Por otro lado, se estima que por no fertilizar algunos cultivos, se estarían dejando de producir 12 millones de toneladas de grano, lo que significa no menos de 3.600 millones de dólares de ingresos no generados por la producción agrícola nacional.

Por todo lo mencionado, los niveles de reposición nacionales deberán aumentar a futuro a los valores mostrados en la Tabla 3.16, sin llegar necesariamente a niveles similares a los de las naciones más desarrolladas. Esto se debe a la ya mencionada calidad de los suelos, que permitiría que por varios años más una parte de los nutrientes extraídos sea aportada por los mismos, dejando para reponer con fertilizantes el resto. Teniendo en cuenta esto, la Fundación Producir Conservando ha presentado un estudio para determinar los niveles de fertilización sustentables de la agricultura argentina a futuro. El mismo se focaliza en los nutrientes principales y en cuanto a los secundarios, como Calcio y Magnesio, asume que actualmente están presentes en niveles lo suficientemente elevados como para no ser necesaria su reposición. Sin embargo, esto no implica que en algunos años más, la continua extracción genere un déficit de los mismos haciendo necesaria su inclusión.

**Tabla 3.16 - Resumen de las principales proyecciones del Estudio para 2014/2015**

	Aplicación (kg/ha)			Reposición			Cons. energía (MJ/tn)		
	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja
N	41	68	0	71%	61%	0%	1.578	2.610	0
P	10	16	15	91%	72%	75%	270	446	408
K	0	1	2	2%	2%	3%	2	9	20
<b>Total</b>	<b>51</b>	<b>85</b>	<b>17</b>	<b>72%</b>	<b>56%</b>	<b>15%</b>	<b>1.851</b>	<b>3.065</b>	<b>428</b>
Rinde - t/ha	2,9	7,6	2,9						
<b>MJ/tn</b>	<b>36</b>	<b>36</b>	<b>26</b>						

Se observa que lo que se propone principalmente es una mayor reposición del P en soja y menores dosis en trigo en general, para evitar excesos con consecuencias negativas.

#### d. Uso de fertilizantes orgánicos

A medida que los fertilizantes químicos se vuelvan más costosos y escasos, por diversos motivos, se deberán evaluar alternativas a los mismos, ya que de lo contrario el desarrollo de actividades agrícolas se complejizará considerablemente. Uno de los reemplazos más evidentes son los abonos provenientes de los desechos orgánicos de animales y seres humanos, que eran la única fuente de nutrientes en la antigüedad. Con una adecuada inversión en infraestructura, que incluye plantas de procesamiento para la eliminación de patógenos y contaminantes, se podría evitar parcialmente el desperdicio que existe hoy en día de gran parte de estos recursos.

#### e. Inoculación para soja

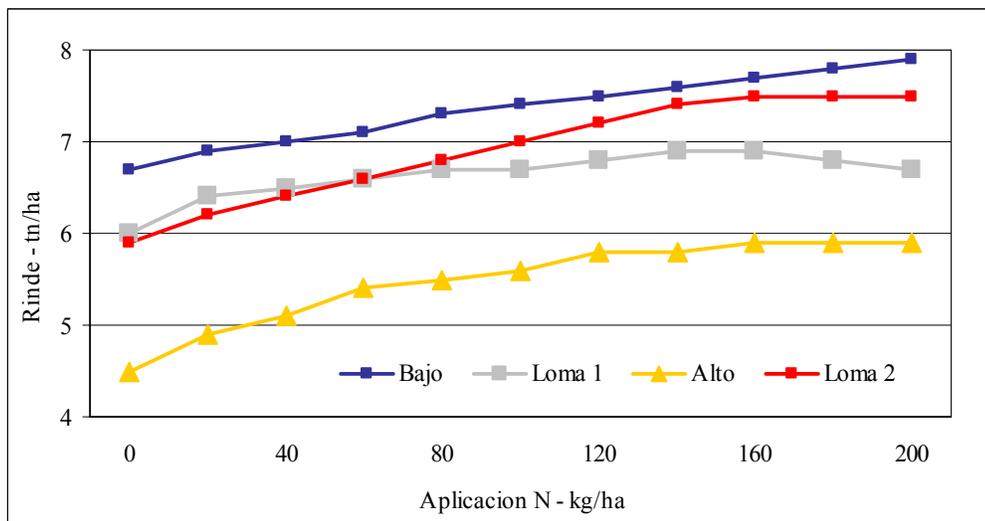
Como se menciona anteriormente, la fertilización nitrogenada en soja es prácticamente inexistente, ya que este cultivo cuenta con características particulares. Para lograr un mejor aprovechamiento de estas características se suele utilizar la inoculación, que consiste en tratar con componentes biológicos a la semilla en el momento de la siembra para lograr la mejor relación simbiótica posible. De esta forma, se puede alcanzar una muy buena nutrición del cultivo aprovechando el nitrógeno que está presente en el aire.

La inoculación presenta altísimos grados de desarrollo tecnológico y llega a cubrir el 50% de los requerimientos de nitrógeno de la soja en Argentina. El ahorro en costos que se logra es significativo, ya que la fijación biológica les cuesta a los productores aproximadamente 100 millones de dólares, mientras que un nivel de aplicación comparable de fertilizantes químicos costaría 3.400. Por otro lado, hay que recordar que se ha visto que la fertilización nitrogenada requiere el uso de productos derivados del gas natural, mientras que la inoculación es un proceso natural y de carácter conservacionista.

f. Aplicación óptima y mejora de la rentabilidad por fertilización

Para distintos tipos de terrenos productivos existe un nivel de aplicación de fertilizante por encima del cual no se logra un mayor rendimiento que justifique económicamente una dosis incremental. Más aún, como se mencionó anteriormente, las aplicaciones excesivas de estos insumos pueden traer efectos perjudiciales tanto en los cultivos como en el ambiente donde se implantan. En el Gráfico 3.11 pueden observarse distintas curvas de respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada en sitios específicos en Rio Cuarto, Córdoba (estudio de 2001).

**Gráfico 3.11 - Distintas curvas de respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada**



En cuanto a la rentabilidad, la situación actual merece un comentario especial. Ante contextos de incertidumbre como el presente en el último año, la reacción de muchos productores es reducir costos variables. Sin embargo, en el caso de los fertilizantes hay que tener en cuenta que estos generalmente resultan en incrementos de rendimiento. Estos ayudan a diluir los costos fijos y variables, disminuyendo el costo total de producción por tonelada. Como ejemplo, si los costos de producción sin fertilización son del orden de los US\$ 600 por ha para un maíz de 7 tn/ha y es posible, a través de una fertilización eficiente, mejorar el rendimiento a 11 tn/ha con un costo total de producción de US\$ 895, los costos por tonelada producida serían de 86 US\$/tn para el maíz sin fertilizar y de 81 US\$/tn para el maíz fertilizado. Por otro lado, ya se ha hablado de los efectos a largo plazo de la subfertilización.

g. Impacto ambiental de los fertilizantes

El escurrimiento de restos de fertilizantes puede provocar impactos en el ecosistema que rodea a los terrenos productivos. Esto debe ser tenido en cuenta especialmente para aquellos que poseen un alto contenido de nitrógeno, ya que un aumento de la concentración de este elemento en reservorios de agua produce un fenómeno conocido como eutrofización. Este consiste en la aparición y el crecimiento exponencial de poblaciones de algas que consumen un alto porcentaje del oxígeno presente en el agua, generando “zonas muertas” donde peces y otras criaturas ya no pueden sobrevivir.

Por otro lado, la producción de estos insumos también genera impactos. La Tabla 3.17 muestra los resultados de un estudio realizado en Inglaterra en 2005 que cuantificó el impacto ambiental de los principales productos comerciales en su equivalente CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3.17 - Impacto ambiental de determinados productos comerciales**

Nutriente en forma de	Nutriente	Impacto ambiental
		tn CO <sub>2</sub> /tn
Nitrato de Amonio	N	7.200
Urea	N	3.500
Super Fosfato Triple	P	1.200
Super Fosfato	P	600
Potasio	K	530

Los fertilizantes nitrogenados resultan los de mayor impacto ambiental, producto de la ya señalada alta necesidad de gas natural para su producción.

### 3.2.2 Control de plagas

El manejo de plagas involucra una serie de técnicas que tienen como objetivo reducir las poblaciones de especies peligrosas y prevenir sus efectos nocivos tanto dentro como fuera de los campos. Los distintos cultivos presentan diferentes riesgos como predominantes, por ejemplo si analizamos la soja y el maíz podemos observar que el control de insectos resulta de una baja importancia relativa en el primero, mientras que en el último es de vital importancia. Existen cuatro técnicas fundamentales para el manejo de plagas: la primera involucra el uso de sustancias químicas y las otras tres no. Se analizará en profundidad el manejo químico, porque es la técnica de mayor difusión en la actualidad y es la que involucra consumos energéticos de importancia. En cuanto al resto de las técnicas, generalmente suelen aplicarse en casos específicos vinculados al control de insectos.

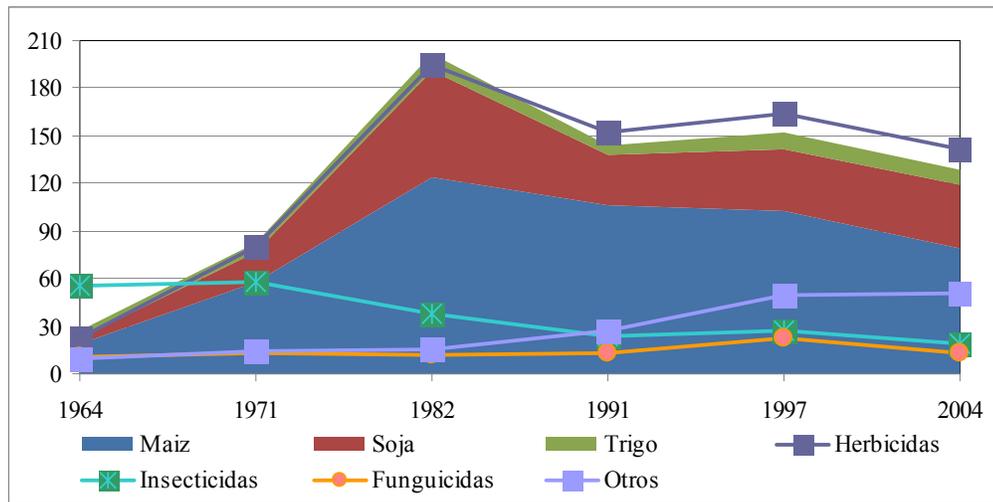
*i. Manejo químico*

Esta técnica consiste en utilizar distintos compuestos químicos, denominados en conjunto como pesticidas, para repeler, debilitar o eliminar a las plagas. Entre los diversos tipos de compuestos que existen, los principales son: insecticidas, funguicidas, herbicidas. De todos estos tipos, son los insecticidas los que tienen mayor historia, ya que la cantidad de insectos considerada como peste supera ampliamente a la de animales y plantas combinados. Los pesticidas comenzaron a desarrollarse a principios del siglo XX y para la década del '40 ya existían en el mundo alrededor de 30 pesticidas diferentes. Investigaciones llevadas a cabo en dicha década resultaron en el DDT (dicloro difenil tricloro etano), el clordano y el endrin, entre otros compuestos de amplia difusión. Hoy en día existen más de 900 pesticidas químicos básicos, que se utilizan en unas 40.000 presentaciones comerciales distintas.

*a. Uso de pesticidas a nivel mundial y en Argentina*

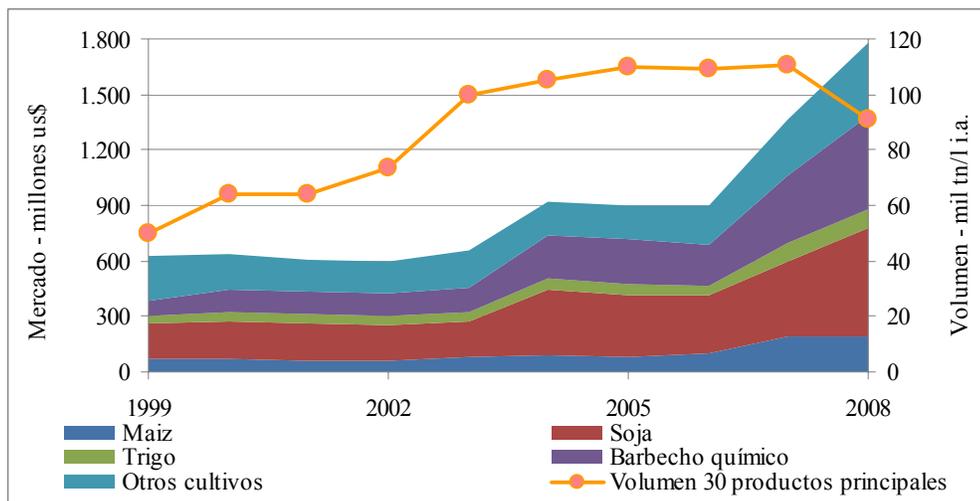
Al igual que en otros insumos agrícolas, en la segunda mitad del siglo XX se observa un crecimiento considerable en el volumen de pesticidas utilizado a escala global, aunque con tendencias distintas en diferentes regiones y países. Por un lado, tomando nuevamente como muestra de los países desarrollados a EE.UU. en el Gráfico 3.12, se observa que el consumo de pesticidas muestra un pico en la década del '80 y luego disminuye gradualmente. Esto es consistente con los datos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), agrupación que nuclea a los Estados de mayor desarrollo, que señalan que el consumo ha disminuido un 5% en promedio entre 1990 y 2003. En ambos casos las razones que se mencionan son similares: el uso de productos más eficientes en el control de plagas, una mayor toma de conciencia ambiental y en el caso de la OCDE la reducción del área cultivada en algunos países. Se aclara que la forma más utilizada para expresar cantidades de pesticidas es el ingrediente activo, para no tener en cuenta el volumen de agregados que se suelen introducir en las formulaciones comerciales, ya que estos no cumplen con la función de protección de cultivos.

**Gráfico 3.12 - Evolución del consumo de pesticidas en EE.UU. para trigo, soja y maíz y por tipo de producto para los principales cultivos (miles de tn de i.a.)**



Por otro lado, para países como Argentina y Brasil la realidad es totalmente opuesta, ya que el consumo ha aumentado considerablemente en los últimos años, producto de una mayor intensificación en la producción, la amplia difusión de la SD y el crecimiento del área sembrada. En el caso de Argentina, el volumen total de pesticidas consumido ha crecido a una tasa promedio del 11% desde 1990. En el Gráfico 3.13 se detalla el tamaño del mercado por cultivo, en millones de dólares, y el consumo anual de los 30 principales ingredientes activos, que en 2008 representaron un 73% del valor del mercado y un 74% de su volumen. Hay que aclarar que el consumo de barbecho químico, concepto que se define más adelante, se reparte principalmente entre trigo, soja y maíz.

**Gráfico 3.13 - Evolución del mercado de pesticidas por cultivo y del volumen comercializado de los 30 productos comerciales de mayor difusión**



b. Técnica de aplicación

Antes de ser utilizados, los pesticidas se diluyen con agua hasta alcanzar concentraciones de tan solo 0,5 o 1% del ingrediente activo original. En cuanto a los medios de aplicación existen dos técnicas principales, según el tipo de establecimiento en cuestión. Por un lado, para campos de tamaño grande y preferentemente ubicados en áreas planas se trabaja rociando con aviones equipados con tanques o con tractores. Por el otro, para establecimientos más pequeños la opción más económica consiste en el rociado manual. En lo referido al momento de aplicación, la SD presenta características particulares, ya que es necesaria una aplicación pre siembra de herbicidas, denominada barbecho químico, que no existe en los sistemas convencionales. El objetivo del barbecho es atacar a las malezas cuando se encuentran en su primer etapa de crecimiento y son más fáciles de combatir. Su necesidad determina en gran parte que las dosis de aplicación con SD sean mayores que con otro tipo de labranza.

Deben realizarse estudios periódicos de las características del terreno en cuestión, para determinar que principios activos son necesarios y evitar el uso de cantidades excesivas de los mismos. Por otro lado, siempre se debe tener en cuenta el impacto económico que representa el uso de estos insumos. Para este fin, puede ser útil realizar una estimación de las pérdidas potenciales que puede provocar la plaga en cuestión y contrastarlas con el costo del tratamiento preventivo.

c. Dosis de aplicación y adopción por cultivo en el mundo y en Argentina

Al igual que en el caso de los fertilizantes, existe un amplio rango de niveles de aplicación en distintas regiones del mundo y para los distintos cultivos. Se muestra en la Tabla 3.18 un mayor nivel de detalle que el mostrado para los fertilizantes ya que los compuestos pesticidas son muy distintos unos de otros, a diferencia de lo que ocurre con los fertilizantes donde los productos comerciales son relativamente similares. Esto influye en el equivalente energético, como se verá más adelante.

**Tabla 3.18 - Dosis de aplicación promedio por cultivo y tipo de pesticida**

	Argentina			EE.UU.			Brasil		
	Trigo	Maiz	Soja	Trigo	Maiz	Soja	Trigo	Maiz	Soja
<b>Herbicidas</b>	<b>1.03</b>	<b>3.31</b>	<b>3.47</b>	<b>0.35</b>	<b>2.32</b>	<b>1.59</b>	<b>1.50</b>	<b>2.69</b>	<b>4.17</b>
Glifosato	0.73	1.20	3.26	0.16	0.37	1.42	1.06	0.97	3.91
2,4 D	0.13	0.28	0.22	0.12	0.00	0.18	0.19	0.23	0.26
Atrazina	0.00	1.84	0.00	0.00	0.84	0.00	0.00	1.49	0.00
Metolaclor	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00
Otros	0.17	0.00	0.00	0.07	0.75	0.00	0.25	0.00	0.00
<b>Insecticidas</b>	<b>0.00</b>	<b>0.04</b>	<b>0.44</b>	<b>0.01</b>	<b>0.07</b>	<b>0.04</b>	<b>1.06</b>	<b>0.20</b>	<b>1.00</b>
Clorpirifos	0.00	0.04	0.38	0.00	0.04	0.04	0.92	0.20	0.87
Lambdacialotrina	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02
Endosulfan	0.00	0.02	0.05	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Fung. + inoculante</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.44</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

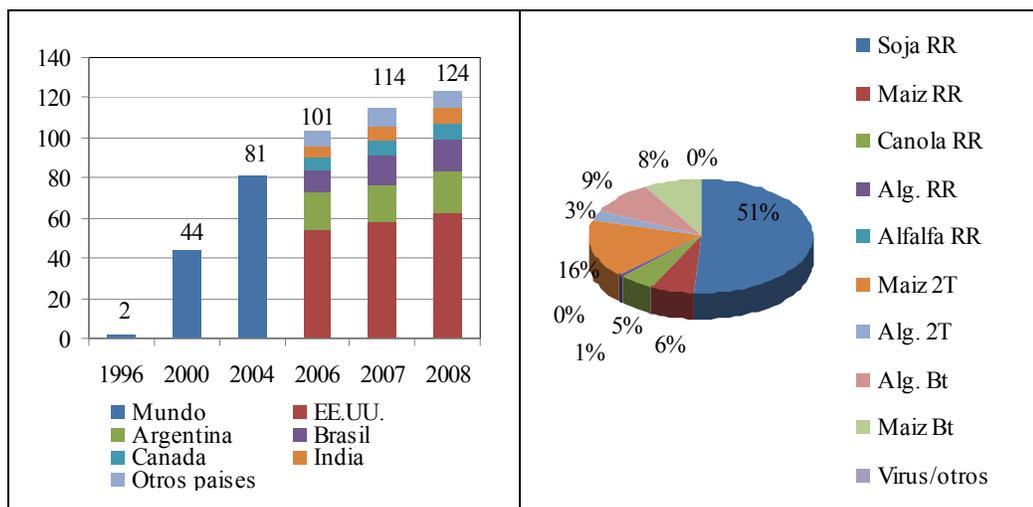
Para poder entender los motivos de las significativas diferencias que se observan en la tabla, hay que analizar el impacto de la introducción de las semillas genéticamente modificadas (GMO), que ha afectado considerable el uso de pesticidas no solo por si misma sino por su vinculación con la SD.

c. Biotecnología: los cultivos genéticamente modificados

La ingeniería genética produce plantas transformadas a partir de la incorporación de genes que codifican la expresión de nuevas características para la especie. Hasta la actualidad, el foco ha estado en desarrollar tolerancia a los herbicidas, y en menor medida, a los insectos. Dos de las principales modificaciones introducidas han sido: las variedades de soja y, mas recientemente, maíz Roundup Ready (RR), resistentes al glifosato desarrolladas por la empresa esta; el maíz y el algodón Bt, variedades que producen la toxina de la bacteria homónima para combatir a determinados insectos. Para el futuro, existe una gran cantidad de variedades transgénicas en etapa de desarrollo. Algunos ejemplos incluyen la transferencia de genes que: aumentan rendimiento, otorgan resistencia a factores bióticos y abióticos (sequía, por ejemplo), presentan un balance nutricional y energético que prioriza la presencia de aminoácidos y ácidos grasos de valor.

Desde su aprobación inicial en seis países (entre los que se encontraba Argentina) en 1996 y su posterior difusión en el resto del mundo el área sembrada con cultivos modificados genéticamente (transgénicos) ha crecido considerablemente como puede observarse en el Gráfico 3.14. Sin embargo, existen regiones como Europa donde la penetración de estos cultivos no alcanza el 1% del área cultivable total, debido a que los consumidores no aceptan productos derivados de cultivos transgénicos. El Gráfico 3.15 muestra el detalle del área sembrada en la actualidad por cultivo.

**Gráficos 3.14 y 3.15 - (izq) Área sembrada con transgénicos en el mundo por país, en millones de hectáreas; (der) Distribución del área por cultivo y modificación introducida**



Argentina es el segundo productor de cultivos genéticamente modificados del mundo, con 21 millones de hectáreas en 2008, lo que representa el 17% de la superficie global de transgénicos, y debido a la concentración de la producción agrícola hacia la soja en años recientes, gran parte del área total sembrada actualmente en el país utiliza semillas modificadas, como se aprecia en la Tabla 3.19.

**Tabla 3.19 - Área cultivada con transgénicos por cultivo/país, como % del área total**

	Mundo	Argentina	EE.UU.
Soja	70%	98%	94%
Maiz	24%	63%	77%

d. El herbicida glifosato

El glifosato no es un subproducto del petróleo, como la mayoría de los pesticidas, sino que está compuesto por una mezcla de glicina, fósforo y metanol. La glicina es un compuesto derivado de vegetales, que se constituye en un adherente, mientras que el

fósforo y el metanol son utilizados como tóxicos. La empresa Monsanto inventó este compuesto en la década del 70, pero su patente venció en el 2000, año en que los productores chinos entran con fuerza a la industria. Hoy en día, Monsanto produce alrededor del 60% del volumen mundial, siendo el resto de origen chino. Por otro lado, los herbicidas que contienen glifosato son los de mayor difusión a nivel mundial en la actualidad, siendo responsables por más del 30% del mercado. En Argentina, el glifosato es responsable por el 60% del volumen de pesticidas aplicado anualmente. Como tendencia general, en los últimos años se observa que los precios se han incrementado considerablemente. Esto responde por un lado al aumento de la demanda de este insumo. Por otro lado, se observa una menor disponibilidad mundial de un ingrediente clave como el fósforo.

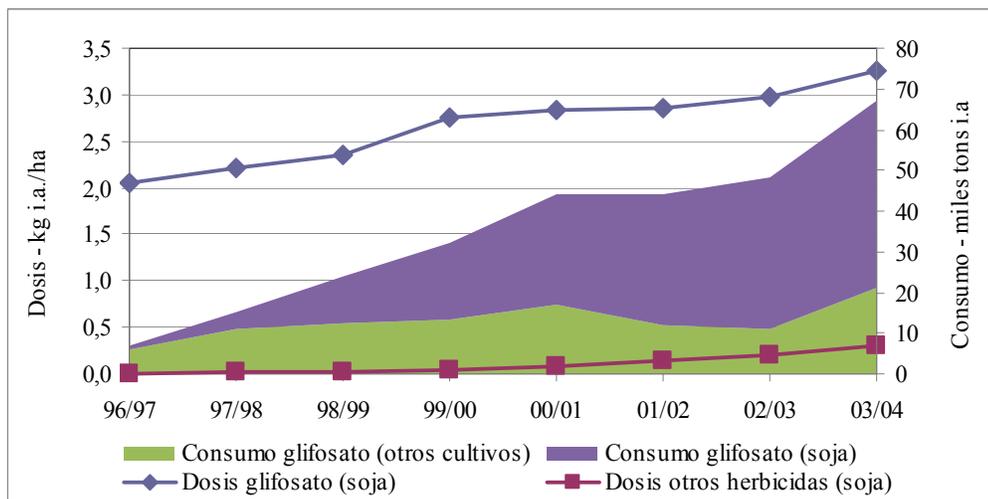
e. Beneficios y desventajas de los cultivos transgénicos. La vinculación con la SD

### *1. La soja RR*

En los 90, tanto en Argentina como en EE.UU. el control de hierbas era complejo, ya que las malezas se habían acostumbrado a los herbicidas más usuales y obligaban a aplicar nuevos productos más caros y difíciles de utilizar. Adicionalmente, esos herbicidas nuevos también resultaban muy activos y persistentes y, si eran aplicados un poco por encima de lo necesario, podían afectar al cultivo. Es por esto que al liberarse el uso de la soja RR en estos países, tuvo un alto grado de adopción, porque permitía utilizar mayores dosis de un herbicida menos intenso como el glifosato. Por otro lado, esta propiedad otorga una ventaja adicional en lo vinculado a aplicación de la SD, técnica que requiere de por sí dosis más altas de herbicidas que la convencional. Es necesario entonces analizar que grado de aplicación es habitual para los distintos planteos utilizados en la actualidad, para poder comparar su consumo energético en este rubro.

Un estudio de 2004 señala que antes de 1996 en Argentina, un productor típico de soja trabajaba con siembra convencional utilizaba una dosis de 1,1 kg i.a./ha de herbicida en promedio. En el año del estudio, el mismo productor utilizaba SD y semilla transgénica y aplicaba aproximadamente 3,7 kg, bajo la misma medida, valor que como se observa en el gráfico aumentaba año a año. El autor adjudica la mayor parte de este aumento al cambio de técnica de labranza más que al cambio de semilla. Sin embargo, menciona los efectos cada vez más significativos del uso de glifosato como herbicida casi exclusivo, producto de la tendencia a ocupar cada vez más área con monocultivo de soja y en las rotaciones utilizar cultivos como el maíz RR, que presenta las mismas características. Esto ha generado la aparición de malezas resistentes, lo que obliga al uso de dosis más altas del mismo combinadas con otros compuestos más tóxicos, como el 2,4 D como se observa en el Gráfico 3.16.

**Gráfico 3.16 - Consumo de glifosato en Argentina y aplicación promedio de glifosato y otros herbicidas en soja**



El estudio también señala otros datos interesantes para entender mejor los motivos de la alta adopción del paquete SD/Soja RR en Argentina:

- el escaso control del reconocimiento de la propiedad intelectual en semillas. Al ser un desarrollo privado, la semilla RR obliga a cumplir con ciertas leyes que determinan que los productores no pueden revender la semilla obtenida en la cosecha de un año a otro. Sin embargo, estimaciones privadas indican que solo el 40% de la semilla utilizada en Argentina es utilizada en conformidad con la ley. El resto proviene de la práctica denominada “bolsa blanca”, donde los productores se guardan parte de la cosecha como semilla para comercializar en el período siguiente, a un precio hasta 3 o 4 veces menor que el de la vía legal. Esto hace que la soja en ARG tenga costos de semilla más competitivos que los de Brasil y EE.UU, aunque en los últimos años, Monsanto esta muy activa para erradicar esta practica.
- el menor precio relativo del glifosato, comparado con el de EE.UU., también por un menor control. Sin embargo, esta ventaja también se está reduciendo progresivamente.

Comparando la situación argentina con la de los otros grandes productores, se encuentra que:

- en EE.UU. el uso promedio de herbicidas en soja después de la introducción de la RR se mantuvo estable hasta el año 2000, en alrededor de 1 kg/ha de i.a. Sin

embargo, desde entonces dicho valor se ha incrementado hasta aproximadamente 1,6 kg/ha, por razones similares a las explicadas para Argentina. Este valor igualmente es menos de la mitad de la dosis promedio aplicada en Argentina, debido entre otros factores a la menor adopción de la SD en este país. Estudios que han analizado el consumo específico de productores que usan el paquete SD/RR estiman que su consumo es aproximadamente el doble que el de los que siguen utilizando la siembra convencional.

- en Brasil el consumo se mantuvo estable hasta 2002 en alrededor de 2 kg/ha y desde entonces se ha duplicado.

## *2. El maíz transgénico*

En el caso del maíz, se han desarrollado dos propiedades distintas: resistencia a herbicidas (RR y herbicidas residuales) y resistencia a insecticidas. Ambas se pueden dar por separado o en la misma semilla, maíz que se denomina de trazas múltiples. Históricamente, el cultivo con resistencia a insecticidas fue el que tuvo mayor difusión, producto de que el manejo de malezas siempre fue relativamente sencillo para este cultivo. Sin embargo, con la aparición del maíz de trazas múltiples muchos productores han optado por combinar ambas resistencias.

En EE.UU, un estudio de 2007 estima que el 77% de las hectáreas con maíz se plantaron con cultivos GMO. La mayor adopción de la resistencia a herbicidas ha hecho que la dosis promedio aplicada para estos productos haya disminuido un 15%, aunque en los últimos años se observa una tendencia en aumento, por motivos similares a los comentados en la soja. Los productores que utilizan GMO aplican en promedio un 17% menos de herbicidas que los convencionales. En cuanto a los insecticidas, las dosis aplicadas a cultivos Bt resultan menos de la mitad de las de productores convencionales y continúan disminuyendo.

En Argentina, hasta 2004 el único maíz transgénico disponible era el Bt. En 2004 se comienza a comercializar el maíz RR, pero recién en 2007 se observa un grado de adopción de relativa importancia. Esto se debe a que hasta ese entonces los agricultores se veían ante la disyuntiva de optar por la semilla Bt o la RR y generalmente se inclinaban por la primera porque percibían mayores beneficios potenciales. Esta situación cambia cuando comienza a comercializarse la semilla de trazas múltiples en 2007, lo que generó un aumento del 60% en el área sembrada con traza RR (hoy: 10 % de la superficie, Bt: 63%, parte es trazas múltiples). Se estima que las dosis aplicadas por productores que utilizan semilla RR son un 13% menores que las de los convencionales. En cambio, el ahorro por uso de insecticidas en maíz Bt con respecto al convencional se considera bajo, porque históricamente los mismos no se utilizaban en

gran cantidad. En definitiva, la principal contribución que se menciona es al aumento de los rindes, por menores pérdidas.

### 3. Reducción del impacto ambiental

Los pesticidas causan impactos en el ambiente como contaminación, la ya mencionada aparición de tolerancia, la destrucción de hábitats y efectos sobre la biodiversidad. En algunos casos también pueden determinar impactos sobre la salud humana, tanto derivados de accidentes ocasionados durante la aplicación como de la exposición de los consumidores a través de los alimentos. Cada compuesto presenta un distinto nivel de toxicidad, algo que debe tenerse en cuenta a la hora de calcular el impacto de un determinado método de control de plagas. Para tal fin, se cuenta con valores representativos tabulados en la literatura. Se elige utilizar el coeficiente EIQ, de amplia difusión en la actualidad. El mismo surge de una fórmula que considera factores vinculados al impacto sobre los trabajadores, los agentes bióticos del sistema y los consumidores del cultivo en cuestión. Estos incluyen entre otros a la absorción cutánea y la vida media en el suelo y en la superficie de la planta. En la Tabla 3.20 se calcula la carga EIQ comparativa a igual eficiencia de control para maíz y soja GMO y convencional.

**Tabla 3.20 - Comparación de dosis e impactos en cultivos transgénicos y convencionales**

Cultivo	Resistencia GMO	Dosis - kg i.a./ha		EIQ - EIQ/ha		$\Delta$ EIQ GMO vs. Conv.
		Conv.	GMO	Conv.	GMO	
Maíz <i>EE.UU.</i> <i>Argentina</i>	Herbicidas	2,78	2,31	64	45	-30%
		2,93	2,55	59	46	-22%
Maíz <i>EE.UU.</i>	Insecticidas	0,15	0,06	6	2,4	-60%
Soja <i>EE.UU.</i> <i>Argentina</i>	Herbicidas	1,44	1,48	30	21	-31%
		3,22	2,97	61	46	-25%

Se puede observar el menor impacto del manejo de plagas en cultivos GMO en todos los casos. Hay que aclarar que aunque el impacto ambiental aspecto debe ser considerado sin duda alguna, para los fines de este trabajo no es el aspecto principal a comparar, ya que tomando como ejemplo del glifosato, su menor toxicidad relativa no implica un menor consumo energético en la producción, sino que este el mayor de todos los productos.

#### f. Proceso productivo y consumo energético

En el proceso de producción de estos insumos existen dos etapas bien definidas:

### *1. Sintetización*

El primer paso consiste en la sintetización de un ingrediente activo en una planta química, insumo encargado de eliminar la plaga en cuestión. Esta tarea requiere de químicos especializados y de laboratorios equipados con tecnología de avanzada. El principio básico consiste en alterar moléculas orgánicas con catalizadores y otras sustancias, generalmente en ambientes con condiciones controladas. En un principio, los ingredientes activos eran derivados de sustancias naturales, siendo reemplazados en las últimas décadas por productos de laboratorio. Casi todos estos últimos consisten en hidrocarburos derivados del petróleo. También se suelen utilizar como compuestos activos elementos como el cloro, el fósforo y el oxígeno, según las propiedades buscadas. Al desarrollarse un nuevo ingrediente activo, el mismo se fabrica en primer lugar en pequeña escala en el laboratorio y, si la sustancia resulta efectiva, se comienza luego con la producción en planta.

### *2. Formulación y Packaging*

Una vez fabricado el componente activo, se procede a la producción del compuesto comercial. En primer lugar, se procede a mezclar el insumo activo con uno inerte. Los ingredientes inertes dependen del tipo de pesticida buscado. Para los líquidos, suelen ser destilados de petróleo, como el kerosene, reemplazados en algunos de los más recientes por agua. También se agregan emulsionantes como el jabón, para lograr una pareja distribución del solvente en el producto final. En el caso de los de polvo se suele trabajar con fertilizantes naturales secos o con minerales como el talco. Por último, se procede al “packaging”, que es en bidones para los fluidos y en bolsas para los otros.

### *3. Consumo de energía en la producción de pesticidas*

La producción de pesticidas, en forma similar a la de fertilizantes, requiere un input considerable de energía, ya que están involucradas distintas reacciones químicas como calentamiento, mezclado, destilado, filtrado, y secado. Nuevamente citando el ejemplo de los fertilizantes, existen consumos posteriores producto del empaquetado, transporte y aplicación definitiva de estos insumos. La energía se obtiene de fuentes como el petróleo y sus derivados, en aproximadamente un 60% promedio, y en menor medida de gas natural y la electricidad (25 y 15% respectivamente). Los pesticidas son los insumos agrícolas de mayor intensidad energética por unidad, algo que se observa en los valores presentados en la Tabla 3.21.

**Tabla 3.21 - Consumo de energía en producción de principales pesticidas, en MJ/tn i.a.**

<b>Herbicidas</b>	
Haloxifop	385.000
2,4D	98.000
Imazetapyr	298.000
Glifosato	511.000
Dicamba	336.000
Metsulfuron	337.000
Metribuzin	200.000
Atrazina	189.117
Metolaclor	274.889
<b>Insecticidas</b>	
Cipermetrina	579.000
Clorpirifos	255.000
Endosulfan	417.000
<b>Funguicidas</b>	
Ciproconazole	196.000
Trifloxistrobin	196.000

Estos valores han sido compilados de diversos trabajos. La variación que se observa entre los distintos productos es consecuencia de los distintos tipos de hidrocarburos, la cantidad de calor y el consumo de electricidad que se requieren para cada proceso en particular. En forma análoga a la metodología empleada con los fertilizantes, la unidad de referencia elegida es la cantidad de principio activo ya que es este el producto en si.

#### *4. Consumo de energía en la producción de glifosato*

Como se ha mencionado anteriormente, el glifosato contiene fósforo. El proceso necesario para la obtención del tricloruro de fósforo, que es el compuesto utilizado en la producción de este herbicida, es muy intensivo energéticamente (adicionalmente, de alto impacto ambiental). Normalmente, la electricidad representa el 30-45% de los costos de producción del glifosato. No sorprende entonces que si se observan los distintos pesticidas, el glifosato requiere de un input considerablemente superior al del resto de los principios activos

#### *5. Consumos de energía adicionales a la producción*

Los estudios que mencionan otros consumos energéticos adicionales señalan que los mismos resultan difíciles de estimar y prácticamente despreciables, por lo que no los consideran. Este trabajo también tomara dicho criterio.

#### *6. Consumo total de energía*

En la Tabla 3.22 puede observarse el consumo energético vinculado al uso de pesticidas para los países y cultivos analizados

**Tabla 3.22 - Consumo de energía por uso de pesticidas**

	Argentina			EE.UU.			Brasil		
	Trigo	Maiz	Soja	Trigo	Maiz	Soja	Trigo	Maiz	Soja
<b>Herbicidas</b>	<b>435</b>	<b>986</b>	<b>1.686</b>	<b>115</b>	<b>665</b>	<b>741</b>	<b>633</b>	<b>801</b>	<b>2.024</b>
Glifosato	372	611	1.665	82	188	723	541	497	1.999
2,4 D	13	27	21	12	0	17	19	22	25
Atrazina	0	347	0	0	159	0	0	282	0
Metrolaclor	0	0	0	0	97	0	0	0	0
Otros	50	0	0	21	220	0	73	0	0
<b>Insecticidas</b>	<b>0</b>	<b>19</b>	<b>119</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	<b>10</b>	<b>241</b>	<b>51</b>	<b>228</b>
Clorpirifos	0	10	96	1	9	10	234	51	221
Lambdacialotrina	0	0	3	0	0	0	6	0	6
Endosulfan	0	10	19	2	15	0	1	0	1
<b>Fung. + inoculante</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>87</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Total x ha.</b>	<b>435</b>	<b>1.005</b>	<b>1.892</b>	<b>119</b>	<b>689</b>	<b>752</b>	<b>874</b>	<b>852</b>	<b>2.252</b>
Rinde - tn/ha	2,6	7,0	2,7	2,7	9,4	2,7	2,2	3,7	2,8
<b>Total x tn.</b>	<b>169</b>	<b>144</b>	<b>689</b>	<b>44</b>	<b>73</b>	<b>278</b>	<b>397</b>	<b>228</b>	<b>799</b>

## ii. Otras alternativas de control de plagas

Las alternativas al manejo químico, que en realidad en algunos casos pueden complementarlo, son las siguientes:

- **manejo de cultivo:** el cultivo mecánico, el ajuste de las fechas de siembra y cosecha y las rotaciones son algunos de los métodos básicos que pueden utilizarse para dificultar la proliferación de plagas. Estas prácticas son utilizadas con frecuencia en la actualidad. También existen otras técnicas como el control de la densidad de cultivo, el manejo adecuado del agua, el uso de cultivos trampa y el sembrado con semillas libres de plagas.
- **manejo biológico:** se permite la presencia de predadores de las plagas más usuales, siempre y cuando su impacto ambiental sea prácticamente nulo (ejemplo: avispas, escarabajos hembra).

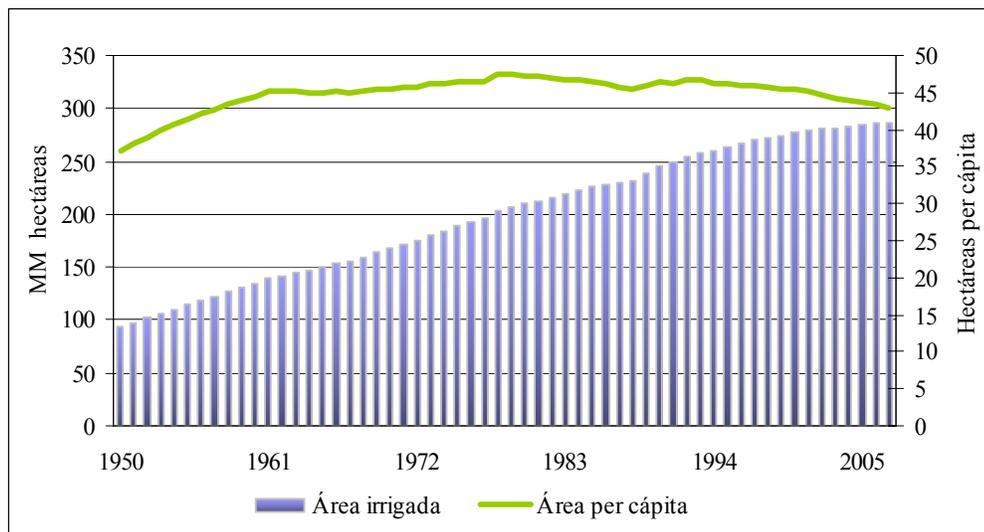
### 3.2.3 Semillas

Se considera que el consumo de energía necesario para la producción de 1 kg de semilla aproximadamente un 50% mayor que el necesario en la producción de 1 kg grano, criterio utilizado por la mayoría de estudios en la materia. El mayor consumo esta justificado por el transporte y el packaging involucrados para la distribución de las mismas.

### 3.2.4 Riego

Como se menciono anteriormente, el aumento en el uso de riego que se observa en el Gráfico 3.17 es una de las razones principales que explica el gran crecimiento en la producción de granos a nivel mundial, no solo por sus propiedades individuales sino por la sinergia que existe con el uso de fertilizantes en zonas áridas y semiáridas. La mitad del área bajo riego global se encuentra en China e India, donde 80% y 50% de la producción de granos proviene de tierras irrigadas respectivamente.

**Gráfico 3.17 - Área agrícola mundial bajo riego, total y per cápita**



Los métodos más comunes utilizados en agricultura son:

- por arroyamiento o surcos
- por inundación o submersión: sistemas donde una vez que la parcela se ha llenado de agua, se cierra la entrada a la misma. El agua no circula sobre el suelo, se infiltra o evapora.
- por aspersión: se rocía el agua en gotas, logrando un efecto similar al de la lluvia.
- por infiltración o canales
- por goteo o riego localizado: el riego de goteo libera gotas o un chorro fino, a través de los agujeros de una tubería plástica que se coloca sobre o debajo de la superficie de la tierra
- por drenaje

## Uso de energía en el sector de alimentos

En el 95% de los proyectos en todo el mundo se utiliza el riego por inundación o de surco, técnicas con una eficiencia en el uso del agua de entre un 25% y un 60%, debido a los efectos de la evaporación y el drenaje. El resto de los sistemas emplean aspersores y riego de goteo, técnicas relativamente nuevas que requieren una inversión inicial más grande y un manejo más intensivo. Mediante el uso de herramientas informáticas, estas técnicas logran una mayor eficiencia: los aspersores reducen el uso de agua en un 30% y el goteo en un 50%. A futuro, probablemente se observe un cambio progresivo hacia estos nuevos modos de riego, debido a la escasez del agua observada en muchas regiones productivas.

En cuanto al origen del agua utilizada, desde hace mucho tiempo, se ha utilizado el agua superficial para riego, principalmente los ríos. Los proyectos que utilizan el agua subterránea mediante sistemas de bombeo, de gran escala, son un fenómeno surgido hace unos treinta años, aunque han tenido una adopción cada vez mayor ante el agotamiento evidenciado en muchas de las fuentes superficiales.

### *i. Adopción del riego por país/cultivo*

De los tres países analizados en profundidad en este trabajo, el único que presenta un uso del riego de relativa importancia para los cultivos analizados es EE.UU. En dicho país, se irriga aproximadamente el 12% del maíz, el 13% del trigo y el 7% de la soja. En Argentina y en Brasil, en cambio, el uso es muy limitado y por ende difícil de estimar, ya que no existen estadísticas precisas al respecto.

### *ii. Uso de energía*

El uso de energía de los sistemas de riego depende:

- del tipo de riego.
- de la fuente del agua.
- de su forma de almacenamiento.
- de los sistemas de transporte y distribución.
- de los métodos de entrega o aplicación en el campo.

Generalmente, los consumos son en forma de electricidad y combustibles, utilizados para el funcionamiento de bombas y del equipo en cuestión. Aunque existen algunos sistemas donde estos consumos pueden desprejarse, en los sistemas de aspersión por pivot horizontal que se suelen utilizar en cultivos de grano los consumos energéticos pueden resultar de importancia. Para simplificar, se estima como consumo promedio un valor de 131 MJ por cm. de agua irrigada en una hectárea. Este valor considera el consumo de un equipo de bombeo y una eficiencia global del 75%.

Como se aclara anteriormente, de los países analizados sólo EE.UU. presenta un uso relevante del riego, por lo que solo se analizara el consumo energético asociado para dicho país. Teniendo en cuenta los datos de adopción y que la dosis de irrigación promedio por hectárea en EE.UU. suele ser de aproximadamente 15 cm., se determinan los valores respectivos en la Tabla 3.23.

**Tabla 3.23 - Consumo energético asociado al riego en EE.UU.**

Cultivo	% Area irrigada	Aplic. prom.	Eq. Energético	Cons. energético
		cm/ha	MJ/cm.ha	MJ/ha
Maiz	12%	15	131	227
Trigo	13%	15	131	251
Soja	7%	15	131	145

### *iii. Impactos ambientales de los sistemas de riego*

Los dos problemas más comunes en la mayoría de los grandes proyectos son la saturación y salinización de los suelos. La saturación es causada principalmente por el drenaje inadecuado y el riego excesivo y, en un grado menor, por fugas de los canales y acequias. En cuanto a la salinidad, los problemas son más agudos en áreas áridas y semiáridas, donde la evaporación superficial es más rápida y los suelos más salinos. A nivel mundial, principalmente debido al deterioro causado por estos dos factores, se ha estimado que cada año sale de producción una cantidad de terreno igual a la porción que entra en servicio de regadío. Existen también otras consecuencias del uso del riego como mayor erosión, mayor contaminación del agua con pesticidas y fertilizantes y potenciales trastornos ambientales por represar y desviar las aguas de los ríos.

### **3.3 Los cultivos relevados: características salientes**

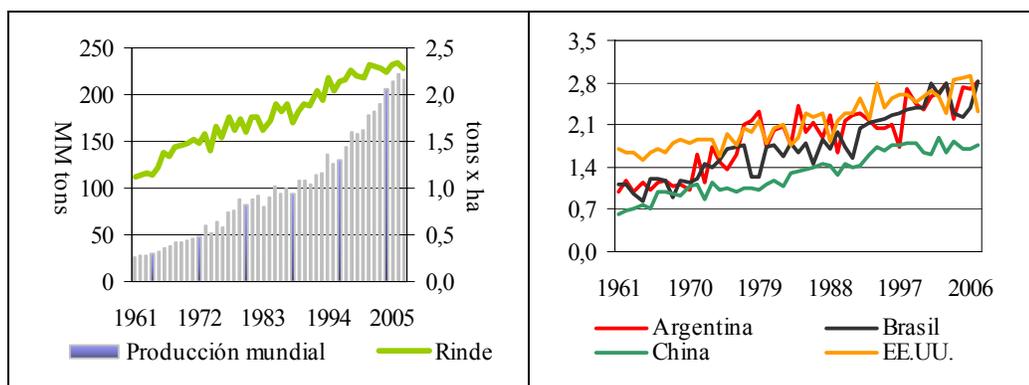
A continuación se analizan brevemente algunos datos de los cultivos que se han estudiado para entender mejor su importancia en el sistema de producción de alimentos como conjunto. Al analizar a los principales productores mundiales, se muestran en

todos los casos los 5 de mayor importancia y, de no encontrarse Argentina entre ellos, la producción nacional junto con el puesto que ocupa en el ranking.

### 3.3.1 Soja

La producción mundial de soja a nivel mundial se ha duplicado en los últimos 20 años, con la mitad de este incremento producida en los últimos 8 años, como puede observarse en el Gráfico 3.18. En Argentina, la introducción del cultivo se produce recién en la década del '70, pero desde entonces se ha producido una adaptación muy favorable de la soja en el medio local que hace que los rindes en Argentina se encuentran entre los más altos del mundo, lo que se aprecia en el Gráfico 3.19. Más aún, hay que aclarar que los rindes en el país logran ese posicionamiento a pesar de que se ven “penalizados” por la amplia difusión que ha alcanzado el cultivo de soja de segunda, de menor rinde, en doble cultivo con trigo.

**Gráficos 3.18 y 3.19 - (izq) Evolución de la producción y el rinde promedio mundial del cultivo de soja; (der) Evolución de los rindes para los principales productores mundiales**



En la Tabla 3.24 puede verse que existe una alta concentración geográfica para el cultivo de soja a nivel mundial, ya que más del 80% del volumen proviene de sólo tres países, entre los que se encuentra la Argentina.

**Tabla 3.24 - Principales productores mundiales de soja (2007)**

País	MM tn	% /Mundo
EE.UU.	73	33%
Brasil	58	26%
Argentina	47	22%
China	13	6%
India	11	5%
<b>Mundo</b>	<b>220</b>	

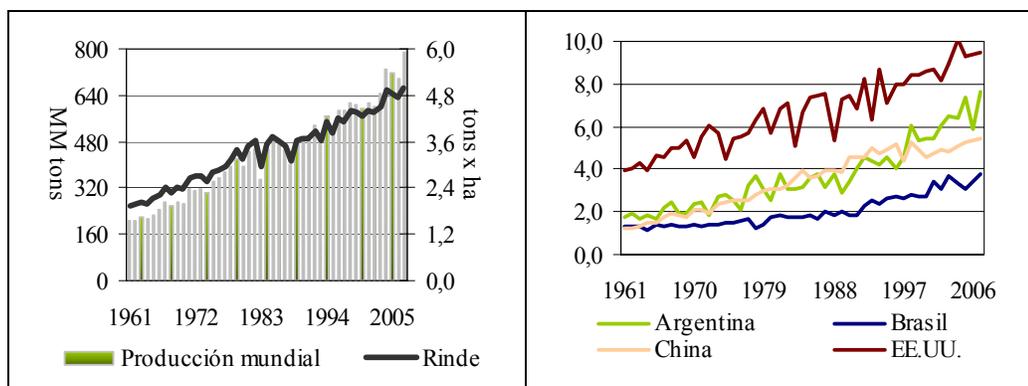
El alto nivel de producción alcanzado por el país es exportado en un 95% aproximadamente, convirtiendo al cultivo en la principal fuente de divisas nacional

En cuanto a los usos del cultivo, aproximadamente el 85% de la soja producida anualmente es destinada al procesamiento para consumo animal, que se analiza al estudiar la ganadería. El resto es utilizado para consumo humano (otros subproductos) o animal en forma directa (grano). Argentina presenta una distribución del uso en línea con los valores mundiales

### 3.3.2 Maíz

El maíz es una de las pocas especies cultivadas a nivel mundial que encuentran su origen en el continente americano. Llama la atención el elevado crecimiento de los rindes en los últimos 50 años observado en el Gráfico 3.21, en el mundo y en Argentina. Lógicamente, la producción ha acompañado la evolución de los rendimientos, como muestra el Gráfico 3.20.

**Gráficos 3.20 y 3.21 - (izq) Evolución de la producción y el rinde promedio mundial del cultivo de maíz; (der) Evolución de los rindes para los principales productores mundiales**



Hoy en día, al igual que en el caso de la soja, EE.UU. es el principal productor mundial. Por otro lado, en la Tabla 3.25 se nota una diferencia con respecto a dicho cultivo ya que Argentina, a pesar de ser el 5to productor a nivel mundial, no es un actor tan relevante en cuanto a volumen de producción, ya que sólo es responsable por el 3% del mismo. Sin embargo, si lo es para el comercio internacional, ya que en el país se originan el 15% de las exportaciones de maíz mundiales.

**Tabla 3.25 - Principales productores mundiales de maíz (2007)**

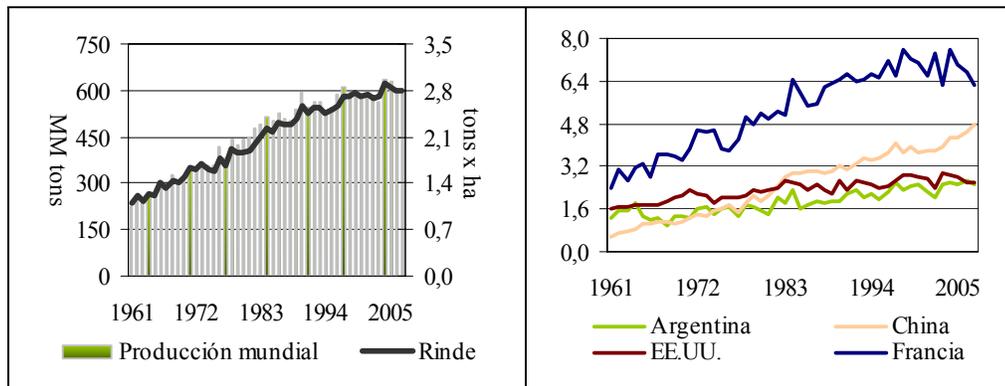
<b>País</b>	<b>MMtn</b>	<b>%/Mundo</b>
EE.UU.	331	42%
China	152	19%
Brasil	52	7%
México	24	3%
Argentina	22	3%
<b>Mundo</b>	<b>788</b>	

El grano de maíz es el insumo clave de una creciente variedad de industrias, desde su uso como alimento humano y forraje de las producciones de carne o leche, hasta su procesamiento industrial en plantas de alta complejidad mecánica, química o biológica, cuyo producto final es una bebida, un alimento o un biocombustible. Se estima que a nivel mundial la distribución aproximada del consumo de maíz por sector es: 62% para alimentación animal, 26% para industrialización y 12% para alimentación humana. En Argentina, hasta hace poco el uso interno del maíz no era de gran relevancia, ya que se exportaba más de un 70% de la producción. Sin embargo, más recientemente el consumo interno ha crecido en forma muy acelerada, especialmente por parte del sector ganadero, y hoy alcanza entre un 50% y un 65% de la producción.

### **3.3.3 Trigo**

Este cultivo, al igual que el maíz, está ampliamente difundido en todo el mundo, siendo cultivado en gran cantidad de países, con diversas geografías y climas. Históricamente, la producción, cuya evolución se muestra en el Gráfico 3.22, ha tenido como destino principal el consumo humano; la utilización como insumo forrajero es más reciente y de menor relevancia que en maíz y soja. En cuanto a los rindes, en el Gráfico 3.23 se observa que Francia es el país líder mientras que Argentina presenta valores bajos en promedio comparativamente, aunque en algunas zonas se logran alcanzar los parámetros de punta mundiales

**Gráficos 3.22 y 3.23 - (izq) Evolución de la producción y el rinde promedio mundial del cultivo de trigo; (der) Evolución de los rindes para los principales productores mundiales**



La Tabla 3.26 muestra que los principales productores mundiales son China y EE.UU., siendo llamativa la mayor distribución de la producción en el mundo con respecto a los otros dos cultivos analizados anteriormente, vinculada a su uso en productos de consumo básico como pan y pastas. Argentina es responsable por un porcentaje aproximadamente de la producción mundial igual que en maíz. La diferencia con respecto a los dos cultivos anteriormente señalados es que el volumen de exportación de este cereal es prácticamente nulo, producto de las políticas implementadas por el Estado. La razón por la que el trigo aun presenta volumen de producción relativamente estables es su incorporación en los esquemas de doble cultivo anual con soja.

**Tabla 3.26 - Principales productores mundiales de trigo (2007)**

País	MM tn	% /Mundo
China	109	18%
India	76	12%
EE.UU.	56	9%
Fed. Rusa	49	8%
Francia	33	5%
Argentina (10)	16	3%
<b>Mundo</b>	<b>611</b>	

Desde mediados de la década del '90, alrededor del 70% del trigo argentino es exportado bajo la forma de grano, principalmente a Brasil que tiene deficiencias productivas. Exceptuando el trigo destinado a semilla, el resto se deriva a procesamiento agroindustrial.

Por último, es importante señalar que existen dos variedades principales de este cultivo, utilizadas según el producto final que se desee obtener con la harina que resulta de la operación de molienda:

## Uso de energía en el sector de alimentos

- **candéal:** en Argentina, históricamente sólo ha correspondido al 1% del área sembrada con el cereal. Se procesa para obtener sémolas que se emplean en la industria fideera.
- **pan:** es el de mayor difusión en nuestro país. Se utiliza en la elaboración de panificados

### 3.4 Pérdidas en cosecha en Argentina

Se analiza brevemente este aspecto ya que la pérdida de rendimiento potencial influye también en la eficiencia energética. La evolución en la producción de granos en los últimos años en Argentina no se ha visto directamente reflejada en la cantidad de equipos de cosecha vendidos por año, lo que provoca que el parque de cosechadoras nacional presente una antigüedad mayor a la de países más industrializados. Esto conlleva una problemática que es que la maquinaria de edad avanzada tiene deficiencias en su sistema de corte, trilla, limpieza y traslado, que generan pérdidas de calidad y cantidad en el grano cosechado.

También existen pérdidas cualitativas de calidad de los granos cosechados debido a mal tratamiento, por retraso en el inicio de la cosecha, o por alteraciones mecánicas durante el proceso de trilla, separación, limpieza y movimiento de descarga, llegando al proceso de industrialización con materia prima de menor valor industrial, o bien dificultando el proceso de almacenaje, por presentar deterioro mecánico, impurezas, o bien estar afectado por hongos e insectos.

Para el período 2004/2005, donde tanto los precios como la producción eran menores que en la actualidad, se estimaron pérdidas aproximadas de 757 millones de dólares. Ante la magnitud de las mismas, el INTA ha lanzado un proyecto para tratar de disminuirlas progresivamente. En una primera instancia, se ha hecho foco en el trigo, donde a 2006 se habían logrado disminuir las pérdidas en un 15%, lo que a los precios de ese entonces equivalía a un aumento en el saldo exportable de 25 millones de dólares. Se esperaba que para 2010 se lograría una mejora adicional de 20%.

Como no se cuenta con datos más precisos por cultivo y para el resto de los países, no se considerará este ajuste en el cálculo final, pero se decide mencionarlo debido a que en la práctica si afecta a la eficiencia.

### 3.5 Cálculo de eficiencia actual

#### 3.5.1 Modelo propio

Teniendo en cuenta los datos de las secciones 3.1, 3.2 y 3.3 se elaboran las Tablas 3.27, 3.28 y 3.29 que muestran el modelo y los resultados en cuanto al consumo energético del sector agrícola. Se aclara que, a pesar de que resultaría de utilidad, no puede realizarse en forma conjunta el cálculo del impacto ambiental total por falta de equivalentes para algunos insumos, como pesticidas.

**Tabla 3.27 - Equivalentes energéticos considerados**

	Unidad	MJ
<b>Combustibles</b>		
Diesel	l	33,4
<b>Fertilizantes</b>		
Nutrientes		
N	kg N	43,9
P	kg P	27,4
K	kg K	11,5
<b>Pesticidas</b>		
Genericos		
<i>Herbicidas</i>	kg/kg i.a.	292,8
Funguicida + inoculante		196,0
Productos comerciales		
Herbicidas		
<i>Glifosato</i>		511,0
<i>Atrazina</i>		189,1
<i>2,4-D</i>		98,0
<i>Metolaclor</i>		274,9
Insecticidas		
<i>Clorpirifos</i>		255,0
<i>Lambdacialotrina</i>		255,0
<i>Endosulfan</i>		417,0
<b>Riego</b>	cm.ha	130,8
<b>Semillas</b>		Auxiliar

**Tabla 3.28 - Consumo de insumos considerado**

País	EE.UU.			Argentina			Brasil		
	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo	Maíz	Soja	Trigo
Año	07/08	07/08	07/08	07/08	07/08	07/08	07/08	07/08	07/08
Planteo	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
<b>Consumo de inputs</b>									
<b>Combustibles</b>									
Diesel	49,6	39,4	53,4	34,8	30,9	22,9	27,0	31,5	26,7
<b>Fertilizantes</b>									
ia. ? (1=si)	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Nutrientes	218,0	17,1	91,6	74,0	6,3	60,9	113,2	84,2	53,7
N	150,1	4,8	74,7	60,3	0,0	47,6	28,0	8,0	12,0
P	22,6	6,8	11,8	13,7	6,3	13,3	39,5	21,8	21,5
K	45,3	5,5	5,1	0,0	0,0	0,0	45,7	54,4	20,2
<b>Pesticidas</b>									
Ia. ? (1=si)	si	si	si	si	si	si	si	si	si
Genericos	0,8	0,0	0,1	0,0	0,4	0,2	0,0	0,0	0,2
Herbicidas	0,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
Fungicida + inoculante	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Productos comerciales	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Herbicidas	1,6	1,6	0,3	3,3	3,5	0,9	2,7	4,2	1,3
<i>Glifosato</i>	0,4	1,4	0,2	1,2	3,3	0,7	1,0	3,9	1,1
<i>Atrazina</i>	0,8	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0
<i>2,4-D</i>	0,0	0,2	0,1	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
<i>Metolactor</i>	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Insecticidas	0,1	0,0	0,0	0,1	0,4	0,0	0,2	0,9	0,9
<i>Clorpirifos</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,2	0,9	0,9
<i>Lambdacialotrina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Endosulfan</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Riego</b>	1,7	1,1	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Semillas</b>	26,0	67,6	149,0	19,4	68,6	143,3	10,4	70,5	122,5

**Tabla 3.29 - Consumo de energía por rubro**

MJ/ha	MEEUU.	S EEUU.	T EEUU.	MARG S ARG	T ARG	MBR	S BR	T BR	
<b>Consumos directos</b>	<b>1.660</b>	<b>1.319</b>	<b>1.785</b>	<b>1.163</b>	<b>1.032</b>	<b>764</b>	<b>904</b>	<b>1.052</b>	<b>893</b>
Labranza/Cosecha	1.660	1.319	1.785	1.163	1.032	764	904	1.052	893
<b>Consumos indirectos</b>	<b>7.550</b>	<b>1.200</b>	<b>4.107</b>	<b>3.674</b>	<b>2.005</b>	<b>2.801</b>	<b>2.095</b>	<b>2.741</b>	<b>1.593</b>
Fertilizantes	6.596	211	3.284	2.649	0	2.091	1.231	352	527
Pesticidas	689	752	119	1.005	1.892	435	852	2.252	874
Riego	227	145	250	0	0	0	0	0	0
Semillas	38	91	454	20	113	275	12	137	192
<b>Consumo total</b>	<b>9.210</b>	<b>2.519</b>	<b>5.893</b>	<b>4.837</b>	<b>3.037</b>	<b>3.565</b>	<b>2.999</b>	<b>3.793</b>	<b>2.486</b>
<b>%/Consumo total</b>	<b>0,0</b>								
<b>Consumos directos</b>	<b>18%</b>	<b>52%</b>	<b>30%</b>	<b>24%</b>	<b>34%</b>	<b>21%</b>	<b>30%</b>	<b>28%</b>	<b>36%</b>
Labranza/Cosecha	18%	52%	30%	24%	34%	21%	30%	28%	36%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>82%</b>	<b>48%</b>	<b>70%</b>	<b>76%</b>	<b>66%</b>	<b>79%</b>	<b>70%</b>	<b>72%</b>	<b>64%</b>
Fertilizantes	72%	8%	56%	55%	0%	59%	41%	9%	21%
Pesticidas	7%	30%	2%	21%	62%	12%	28%	59%	35%
Riego	2%	6%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Semillas	0%	4%	8%	0%	4%	8%	0%	4%	8%
<b>Rinde - tn</b>	<b>9,4</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>7,0</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>3,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,2</b>
<b>Consumo producción - MJ/tn</b>	<b>982</b>	<b>932</b>	<b>2.203</b>	<b>693</b>	<b>1.106</b>	<b>1.386</b>	<b>804</b>	<b>1.345</b>	<b>1.130</b>
<b>Consumo total - MJ/tn</b>	<b>982</b>	<b>932</b>	<b>2.203</b>	<b>693</b>	<b>1.106</b>	<b>1.386</b>	<b>804</b>	<b>1.345</b>	<b>1.130</b>

A continuación se presenta una serie de tablas con los datos relevados en otros estudios en la materia junto con el detalle de su elaboración a forma de comparación

3.5.2 Estudios EE.UU.

Las Tablas 3.30, 3.31 y 3.32 muestran los modelos de estudios relevados referidos a EE.UU. y sus resultados.

**Tabla 3.30 - Equivalentes energéticos considerados**

Autor	Unidad	Pimentel	USDA	Berthiaume	Wang	Shapouri	Patzek	L/M/T
<b>Combustibles</b>		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Directo
Diesel	l	47,7	35,8	34,9	34,9	41,0	34,9	0,0
Gasolina	l	42,3	32,3	0,0	35,5	44,9	35,5	0,0
LPG	l	31,7	23,7	29,0	29,0	28,5	29,0	0,0
Metano/Gas Natural		0,0	38,9	0,0	36,6	40,9	36,6	0,0
<b>Fertilizantes</b>		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Directo
Nutrientes								
N	kg N	66,7	51,5	54,4	49,1	43,0	54,4	0,0
P	kg P	17,3	9,2	6,8	11,4	4,8	6,8	0,0
K	kg K	13,6	6,0	6,8	5,3	8,7	6,8	0,0
<b>Lime</b>	kg	1,2	0,1	1,8	1,7	1,7	1,8	Directo
<b>Pesticidas</b>		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Directo
I.a. ? (1=si)		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Genericos		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Herbicidas	kg/kg i.a.	418,4	319,0	0,0	237,3	261,0	261,0	0,0
Insecticidas		418,4	325,0	0,0	243,0	268,4	268,4	0,0
<b>Electricidad</b>	kWh	12,1	3,6	15,2	8,3	9,6	9,2	0,0
<b>Riego</b>	cm.ha	165,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Semillas</b>		0,0	0,0	Directo	Directo	Directo	Directo	0,0
Maíz	kg	103,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja	kg	33,4	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo	kg	15,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Transporte</b>		0,0	0,0	Directo	Directo	Directo	Directo	Directo
Maíz	kg	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja	kg	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo	kg	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Maquinaria</b>		0,0	0,0	Directo	Directo	Directo	Directo	0,0
Maíz		77,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja		75,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo		66,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Trabajo manual</b>	hh	167,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tabla 3.31 - Consumo de insumos considerado**

Autor	Pimentel			USDA	Berthiaume	Wang	Shapouri	Patzek
Cultivo	Maíz	Soja	Trigo	Soja	Maíz			
Año	1984-2004		n.d.	2009	2001	1997	2002	2004
Planteo	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos	Todos
<b>Consumo de inputs</b>								
<b>Combustibles</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
Diesel	88,0	38,8	49,5	45,1	71,0	74,3	82,0	80,0
Gasolina	40,0	35,7	34,8	14,7	0,0	30,8	29,0	29,0
LPG	0,0	3,3	0,0	7,6	252,0	28,7	59,0	47,0
Metano/Gas Natural	0,0	0,0	0,0	4,1	0,0	35,7	14,0	21,3
<b>Fertilizantes</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nutrientes								
N	153,0	3,7	68,4	4,8	150,0	153,0	140,0	148,8
P	65,0	37,8	33,7	14,2	55,0	56,0	54,0	62,5
K	77,0	14,8	2,1	28,6	85,0	66,0	85,0	93,5
<b>Lime</b>	1120,0	2240,0	0,0	401,3	270,0	276,0	276,0	333,0
<b>Pesticidas</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Genericos	9,0	1,3	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Herbicidas</i>	6,2	1,3	4,0	1,4	0,0	3,1	4,7	2,5
<i>Insecticidas</i>	2,8	0,0	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2	1,1
<b>Electricidad</b>	13,2	10,0	14,3	36,6	132,0	24,1	207,6	191,0
<b>Riego</b>	8,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Semillas</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maíz	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja	0,0	69,3	0,0	76,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Transporte</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maíz	204,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja	0,0	154,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo	0,0	0,0	197,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Maquinaria</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maíz	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Soja	0,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Trigo	0,0	0,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Trabajo manual</b>	11,4	7,1	7,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabla 3.32 - Consumo de energía por rubro

MJ/ha	Pimentel			USDA Berth.		Wang	Shapouri	Patzek	L/MT	
	M	S	T	S	M	M	M	M	M	S
<b>Consumos directos</b>	<b>5.891</b>	<b>3.465</b>	<b>3.832</b>	<b>2.425</b>	<b>9.785</b>	<b>5.825</b>	<b>6.921</b>	<b>5.963</b>	<b>11.543</b>	<b>4.185</b>
Labranza/Cosecha	5.891	3.465	3.832	2.425	9.785	5.825	6.921	5.963	11.543	4.185
<b>Consumos indirectos</b>	<b>21.673</b>	<b>7.849</b>	<b>9.259</b>	<b>1.525</b>	<b>11.589</b>	<b>12.546</b>	<b>14.330</b>	<b>15.746</b>	<b>9.619</b>	<b>1.377</b>
Fertilizantes	12.375	1.100	5.174	546	9.117	8.494	7.017	9.160	8.550	540
Lime	1.289	2.577	0	50	473	469	469	583	428	486
Pesticidas	3.766	544	1.695	438	0	782	1.294	953	641	351
Electricidad	160	121	174	132	2.000	200	2.000	1.750	0	0
Riego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semillas	2.176	2.318	912	358	0	2.350	2.350	2.100	0	0
Trabajo manual	1.908	1.188	1.305	0	0	0	0	0	0	0
Trabajos varios	0	0	0	0	0	250	1.200	1.200	0	0
<b>Post-producción</b>	<b>707</b>	<b>167</b>	<b>515</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>400</b>	<b>200</b>	<b>800</b>	<b>2.138</b>	<b>540</b>
Transporte	707	167	515	0	0	400	200	800	2.138	540
<b>Maquinaria</b>	<b>4.259</b>	<b>1.506</b>	<b>3.347</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.150</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>27.564</b>	<b>11.314</b>	<b>13.092</b>	<b>3.950</b>	<b>21.374</b>	<b>18.371</b>	<b>21.251</b>	<b>21.709</b>	<b>21.161</b>	<b>5.562</b>
<b>Consumo total</b>	<b>32.531</b>	<b>12.988</b>	<b>16.953</b>	<b>3.950</b>	<b>21.374</b>	<b>18.771</b>	<b>21.451</b>	<b>28.659</b>	<b>23.299</b>	<b>6.102</b>
<b>Producción/Total</b>	<b>85%</b>	<b>87%</b>	<b>77%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>98%</b>	<b>99%</b>	<b>76%</b>	<b>91%</b>	<b>91%</b>
<b>Consumos directos</b>	<b>18%</b>	<b>27%</b>	<b>23%</b>	<b>61%</b>	<b>46%</b>	<b>31%</b>	<b>32%</b>	<b>21%</b>	<b>50%</b>	<b>69%</b>
Combustibles	18%	27%	23%	61%	46%	31%	32%	21%	50%	69%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>67%</b>	<b>60%</b>	<b>55%</b>	<b>39%</b>	<b>54%</b>	<b>67%</b>	<b>67%</b>	<b>55%</b>	<b>41%</b>	<b>23%</b>
Fertilizantes	38%	8%	31%	14%	43%	45%	33%	32%	37%	9%
Lime	4%	20%	0%	1%	2%	2%	2%	2%	2%	8%
Pesticidas	12%	4%	10%	11%	0%	4%	6%	3%	3%	6%
Electricidad	0%	1%	1%	3%	9%	1%	9%	6%	0%	0%
Riego	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Semillas	7%	18%	5%	9%	0%	13%	11%	7%	0%	0%
Trabajo manual	6%	9%	8%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Otros	0%	0%	0%	0%	0%	1%	6%	4%	0%	0%
<b>Post-producción</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>	<b>9%</b>	<b>9%</b>
Transporte	2%	1%	3%	0%	0%	2%	1%	3%	9%	9%
<b>Maquinaria</b>	<b>13%</b>	<b>12%</b>	<b>20%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>21%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>85%</b>	<b>87%</b>	<b>77%</b>	<b>####</b>	<b>100%</b>	<b>98%</b>	<b>99%</b>	<b>76%</b>	<b>91%</b>	<b>91%</b>
<b>Rinde - tn</b>	<b>8,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,7</b>	<b>2,6</b>	<b>6,2</b>	<b>8,1</b>	<b>7,9</b>	<b>8,5</b>	<b>8,6</b>	<b>2,7</b>
<b>Cons. producción - MJ/tn</b>	<b>3.185</b>	<b>4.241</b>	<b>4.903</b>	<b>1.545</b>	<b>3.475</b>	<b>2.268</b>	<b>2.690</b>	<b>2.554</b>	<b>2.475</b>	<b>2.060</b>
<b>Cons. total - MJ/tn</b>	<b>3.759</b>	<b>4.868</b>	<b>6.350</b>	<b>1.545</b>	<b>3.475</b>	<b>2.317</b>	<b>2.715</b>	<b>3.372</b>	<b>2.725</b>	<b>2.260</b>

### 3.5.3 Estudios Brasil

Las Tablas 3.33, 3.34 y 3.35 muestran los modelos de estudios relevados referidos a Brasil y sus resultados.

**Tabla 3.33 - Equivalentes energéticos considerados**

<b>Autor</b>	<b>Unidad</b>	<b>OP</b>	<b>SP</b>	<b>Embrapa 1</b>	<b>Embrapa 2</b>
<b>Combustibles</b>					
Diesel	l	38,6	38,5	41,8	47,6
Lubricantes		38,6	35,9	0,0	0,0
Grasa		43,2	39,0	0,0	0,0
<b>Fertilizantes</b>					
Nutrientes					
N	kg N	50,3	0,0	0,0	0,0
P	kg P	12,6	0,0	17,4	0,0
K	kg K	6,7	0,0	13,2	0,0
Productos comerciales					
N					
<i>Urea</i>		0,0	78,0	0,0	0,0
Mezcla		0,0	11,1	0,0	1,6
<b>Lime</b>	kg	0,0	1,7	1,2	1,2
<b>Pesticidas</b>					
I.a. ? (I=si)		no	no	no	no
Genericos					
<i>Herbicidas</i>	kg/kg i.a.	418,6	0,0	418,4	473,7
<i>Insecticidas</i>		364,2	0,0	418,4	363,6
<i>Funguicidas</i>		92,2	0,0	0,0	316,7
<b>Electricidad</b>	kWh	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Semillas</b>					
Maíz	kg	14,6	15,5	0,0	0,0
Soja	kg	16,9	0,0	33,5	20,4
Trigo	kg	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Transporte</b>		0,0	0,0	1,1	153,8
<b>Maquinaria</b>		0,0	0,0	75,3	75,7
<b>Trabajo manual</b>	hh	0,0	0,0	167,4	167,5

Tabla 3.34 - Consumo de insumos considerado

<b>Autor</b>	<b>Oeste Parana</b>		<b>San Pablo</b>		<b>Embrapa</b>	
<b>Cultivo</b>	Maíz	Soja	Maíz		Soja	
<b>Año</b>	2001/02	2001/02	87/88	05/06	2006	2008
<b>Planteo</b>	SD	SD	LC	SD	SD	
<b>Consumo de inputs</b>						
<b>Combustibles</b>						
Diesel	12,3	18,8	124,5	75,0	66,0	58,0
Lubricantes	0,4	0,5	2,1	0,7	0,0	0,0
Grasa	0,3	0,3	0,5	0,6	0,0	0,0
<b>Fertilizantes</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>Directo</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Nutrientes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	59,5	5,9	0,0	0,0	0,0	0,0
P	44,9	87,9	0,0	0,0	20,0	0,0
K	27,7	46,9	0,0	0,0	20,0	0,0
Productos comerciales						
N						
Urea	0,0	0,0	0,0	80,0	0,0	0,0
Mezcla	0,0	0,0	0,0	250,0	0,0	400,0
<b>Lime</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>350,0</b>	<b>2000,0</b>	<b>1000,0</b>
<b>Pesticidas</b>			<b>Directo</b>	<b>Directo</b>		
Genericos	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Herbidas	3,4	3,8	0,0	0,0	0,5	3,8
Insectidas	0,8	1,8	0,0	0,0	2,0	2,7
Funguicidas	0,0	0,9	0,0	0,0	0,0	1,8
<b>Semillas</b>	<b>18,0</b>	<b>62,1</b>	<b>20,0</b>	<b>20,0</b>	<b>50,0</b>	<b>50,0</b>
<b>Transporte</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>174,0</b>	<b>1,3</b>
<b>Maquinaria</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>Directo</b>	<b>0,0</b>	<b>20,0</b>	<b>14,8</b>
<b>Trabajo manual</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>6,3</b>	<b>8,0</b>

**Tabla 3.35 - Consumo de energía por rubro**

MJ/ha	Brazil OP		Brazil SP		Embrapa	
	M	S	M LC	M SD	S A	S B
<b>Consumos directos</b>	<b>503</b>	<b>757</b>	<b>4.893</b>	<b>2.941</b>	<b>2.761</b>	<b>2.760</b>
Labranza/Cosecha	503	757	4.893	2.941	2.761	2.760
<b>Consumos indirectos</b>	<b>9.464</b>	<b>9.349</b>	<b>6.054</b>	<b>12.216</b>	<b>6.753</b>	<b>7.494</b>
Fertilizantes	3.740	1.714	5.598	9.010	628	620
Lime	0	0	0	585	2.351	1.180
Pesticidas	1.688	2.338	146	2.313	1.046	3.334
Semillas	263	1.046	310	309	1.674	1.020
Trabajo manual	26	36	0	0	1.054	1.340
Servicio de cosecha	3.747	4.215	0	0	0	0
<b>Post-producción</b>	<b>1.249</b>	<b>1.621</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>184</b>	<b>200</b>
Transporte	1.249	1.621	0	0	184	200
<b>Maquinaria</b>	<b>80</b>	<b>134</b>	<b>411</b>	<b>204</b>	<b>1.506</b>	<b>1.120</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>9.967</b>	<b>10.106</b>	<b>10.947</b>	<b>15.157</b>	<b>9.514</b>	<b>10.254</b>
<b>Consumo total</b>	<b>11.296</b>	<b>11.862</b>	<b>11.359</b>	<b>15.360</b>	<b>11.205</b>	<b>11.574</b>
<b>% /Consumo total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Consumos directos</b>	<b>4%</b>	<b>6%</b>	<b>43%</b>	<b>19%</b>	<b>25%</b>	<b>24%</b>
Combustibles	0%	6%	43%	19%	25%	24%
Otros	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>84%</b>	<b>79%</b>	<b>53%</b>	<b>80%</b>	<b>60%</b>	<b>65%</b>
Fertilizantes	33%	14%	49%	59%	6%	5%
Lime	0%	0%	0%	4%	21%	10%
Pesticidas	15%	20%	1%	15%	9%	29%
Semillas	2%	9%	3%	2%	15%	9%
Trabajo manual	0%	0%	0%	0%	9%	12%
Servicio de cosecha	33%	37%				
<b>Post-producción</b>	<b>11%</b>	<b>14%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>
Transporte	11%	14%	0%	0%	2%	2%
<b>Maquinaria</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>13%</b>	<b>10%</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>88%</b>	<b>85%</b>	<b>96%</b>	<b>99%</b>	<b>85%</b>	<b>89%</b>
<b>Rinde - tn</b>	<b>3,4</b>	<b>3,8</b>	<b>3,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>	<b>6,0</b>
<b>Consumo producción - MJ/tn</b>	<b>2.907</b>	<b>2.626</b>	<b>3.649</b>	<b>2.526</b>	<b>1.586</b>	<b>1.709</b>
<b>Consumo total - MJ/tn</b>	<b>3.294</b>	<b>3.082</b>	<b>3.786</b>	<b>2.560</b>	<b>1.867</b>	<b>1.929</b>

## 3.5.4 Estudios Argentina

Las Tablas 3.36, 3.37, 3.38 y 3.39 muestran los modelos de estudios relevados referidos a Argentina y sus resultados.

Tabla 3.36 - Equivalentes energéticos considerados

Autor	Unidad	INTA	Soja	Conicet
<b>Combustibles</b>		0		Directo
Diesel	l	33,4		0,0
<b>Fertilizantes</b>				
Nutrientes		0,0		0,0
N	kg N	77,4		0,0
P	kg P	14,0		0,0
S		18		0,0
Productos comerciales	kg	0,0		0,0
P		0,0		0,0
MAP		0,0		19,4
<b>Pesticidas</b>		0,0		0,0
Genericos				
<i>Herbicidas</i>	kg/kg i.a.	418,0		0,0
<i>Insecticidas</i>		364,0		0,0
<i>Funguicidas</i>		272,0		196,0
Funguicida + inoculante		283,3		0,0
Productos comerciales				
Herbicidas		0,0		0,0
<i>Glifosato</i>		0,0		511,0
<i>Atrazina</i>				
<i>Metsulfurón</i>	g	0,0		337,0
<i>2,4-D</i>		0,0		98,0
<i>Dicamba</i>		0,0		336,0
<i>Metolaclor</i>				
<i>Metribuzin</i>		0,0		200,0
<i>Acetoclor</i>				
<i>Imazetapyr</i>		0,0		298,0
<i>Haloxipof</i>		0,0		385,0
Insecticidas				
<i>Clorpirifos</i>		0,0		255,0
<i>Endosulfan</i>		0,0		417,0
<i>Cipermetrina</i>		0,0		579,0
<b>Semillas</b>		16,6		0,0
<b>Transporte</b>		33,4		0,0
<b>Secado, enf. y almac.</b>		33,4		0,0

Tabla 3.37 - Consumo de insumos considerado

Autor	INTA			Conicet							
	Soja	Soja - BA/SF	Soja - BA/SF	Soja							
Año	2008	2008	2008	2009							
Planteo	LC	SD	SD TP	SD/C/B	SD/C/A	SD/RR/B	SD/RR/A	LC/C/B	LC/C/A	LC/RR/B	LC/RR/A
<b>Consumo de inputs</b>											
<b>Combustibles</b>	0	0	0	Directo							
Diesel	43,7	27,7	27,7	n.d.							
<b>Fertilizantes</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ia. ? (I=si)	si	si	si	no							
Nutrientes	10,0	13,6	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
N	0,0	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
P	10,0	9,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Productos comerciales	0,0	0,0	0,0	80,0	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	75,0	75,0
P	0,0	0,0	0,0	80,0	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	75,0	75,0
MAP	0,0	0,0	0,0	80,0	80,0	80,0	80,0	75,0	75,0	75,0	75,0
<b>Pesticidas</b>											
Ia. ? (I=si)	no	no	no	si							
Genericos	1,4	1,9	1,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Funguicidas	1,4	0,5	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Funguicida + inoculante	0,0	1,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Productos comerciales	5,9	7,6	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Herbicidas	3,6	6,0	5,5	2,5	2,9	3,7	4,2	0,2	0,7	2,5	2,9
Glifosato	0,0	5,5	5,5	2,0	2,0	3,4	3,9	0,0	0,0	2,5	2,9
Metsulfurón	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,4-D	0,0	0,5	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Dicamba	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Metribuzin	1,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
Acetoclor	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Imazetapyr	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Haloxipof	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
Insecticidas	2,3	1,6	1,7	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6	0,3	0,6
Clorpirifos	2,1	1,4	1,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Lambdacialotrina	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Endosulfan	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,2
Cipermetrina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1
<b>Semillas</b>	70,0	70,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Transporte</b>	5,6	5,6	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Secado, enf. y almac.</b>	10,5	10,5	16,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Tabla 3.38 - Consumo de energía por rubro**

MJ/ha	AdecoAgro			Conicet - Soja							
	M	S	T	SD/C/B	SD/C/A	SD/RR/B	SD/RR/A	LC/C/B	LC/C/A	LC/RR/B	LC/RR/A
<b>Consumos directos</b>	<b>1.083</b>	<b>1.026</b>	<b>1.053</b>	<b>771</b>	<b>771</b>	<b>771</b>	<b>771</b>	<b>2.299</b>	<b>2.299</b>	<b>2.299</b>	<b>2.299</b>
Labranza/Cosecha	1.083	1.026	1.053	771	771	771	771	2.299	2.299	2.299	2.299
<b>Consumos indirectos</b>	<b>10.317</b>	<b>5.100</b>	<b>6.745</b>	<b>2.736</b>	<b>2.957</b>	<b>3.423</b>	<b>3.809</b>	<b>1.609</b>	<b>1.829</b>	<b>2.796</b>	<b>3.182</b>
Fertilizantes	5.339	0	4.211	1.554	1.554	1.554	1.554	1.457	1.457	1.457	1.457
Pesticidas	3.496	4.568	1.386	1.182	1.403	1.869	2.255	152	372	1.339	1.725
Semillas	1.482	532	1.148	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Post-producción</b>	<b>3.012</b>	<b>1.152</b>	<b>1.007</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Transporte	2.898	1.068	1.007	0	0	0	0	0	0	0	0
Secado, etc.	114	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Maquinaria</b>	<b>418</b>	<b>147</b>	<b>162</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>11.400</b>	<b>6.125</b>	<b>7.798</b>	<b>3.507</b>	<b>3.728</b>	<b>4.194</b>	<b>4.580</b>	<b>3.908</b>	<b>4.128</b>	<b>5.095</b>	<b>5.481</b>
<b>Consumo total</b>	<b>14.830</b>	<b>7.424</b>	<b>8.966</b>	<b>3.507</b>	<b>3.728</b>	<b>4.194</b>	<b>4.580</b>	<b>3.908</b>	<b>4.128</b>	<b>5.095</b>	<b>5.481</b>
<b>%/Consumo total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Consumos directos</b>	<b>7%</b>	<b>14%</b>	<b>12%</b>	<b>22%</b>	<b>21%</b>	<b>18%</b>	<b>17%</b>	<b>59%</b>	<b>56%</b>	<b>45%</b>	<b>42%</b>
Combustibles	7%	14%	12%	22%	21%	18%	17%	59%	56%	45%	42%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>70%</b>	<b>69%</b>	<b>75%</b>	<b>78%</b>	<b>79%</b>	<b>82%</b>	<b>83%</b>	<b>41%</b>	<b>44%</b>	<b>55%</b>	<b>58%</b>
Fertilizantes	36%	0%	47%	44%	42%	37%	34%	37%	35%	29%	27%
Pesticidas	24%	62%	15%	34%	38%	45%	49%	4%	9%	26%	31%
Semillas	10%	7%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Post-producción</b>	<b>20%</b>	<b>16%</b>	<b>11%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Transporte	20%	14%	11%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Secado, etc.	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
<b>Maquinaria</b>	<b>3%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>77%</b>	<b>83%</b>	<b>87%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
<b>Rinde - tn</b>	<b>9,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,3</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>	<b>3,0</b>
<b>Consumo producción - MJ/tn</b>	<b>1.200</b>	<b>1.750</b>	<b>2.363</b>	<b>1.169</b>	<b>1.243</b>	<b>1.398</b>	<b>1.527</b>	<b>1.303</b>	<b>1.376</b>	<b>1.698</b>	<b>1.827</b>
<b>Consumo total - MJ/tn</b>	<b>1.561</b>	<b>2.121</b>	<b>2.717</b>	<b>1.169</b>	<b>1.243</b>	<b>1.398</b>	<b>1.527</b>	<b>1.303</b>	<b>1.376</b>	<b>1.698</b>	<b>1.827</b>

**Tabla 3.39 - Consumo de energía por rubro**

MJ/ha	Sta. Fe									INTA - Soja		
	M 70	M 86	M 04	S 70	S 86	S 04	T 70	T 86	T 04	LC	SD	SD TP
<b>Consumos directos</b>	<b>3.713</b>	<b>2.918</b>	<b>1.251</b>	<b>3.079</b>	<b>3.386</b>	<b>1.261</b>	<b>3.644</b>	<b>3.629</b>	<b>1.308</b>	<b>1.462</b>	<b>927</b>	<b>927</b>
Labranza/Cosecha	3.713	2.918	1.251	3.079	3.386	1.261	3.644	3.629	1.308	1.462	927	927
<b>Consumos indirectos</b>	<b>1.264</b>	<b>1.575</b>	<b>7.584</b>	<b>1.600</b>	<b>2.330</b>	<b>5.603</b>	<b>2.019</b>	<b>4.147</b>	<b>7.262</b>	<b>4.024</b>	<b>5.256</b>	<b>4.427</b>
Fertilizantes	0	836	5.077	0	0	1.923	0	1.783	4.561	140	469	109
Pesticidas	439	211	1.900	437	1.000	2.583	191	370	674	2.720	3.623	3.321
Semillas	825	528	607	1.163	1.330	1.097	1.828	1.994	2.028	1.163	1.163	997
<b>Post-producción</b>	<b>0</b>	<b>538</b>	<b>538</b>	<b>865</b>								
Transporte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	187	187	301
Secado, etc.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	351	351	564
<b>Consumo producción</b>	<b>4.977</b>	<b>4.493</b>	<b>8.835</b>	<b>4.679</b>	<b>5.716</b>	<b>6.865</b>	<b>5.663</b>	<b>7.776</b>	<b>8.570</b>	<b>5.486</b>	<b>6.183</b>	<b>5.354</b>
<b>Consumo total</b>	<b>4.977</b>	<b>4.493</b>	<b>8.835</b>	<b>4.679</b>	<b>5.716</b>	<b>6.865</b>	<b>5.663</b>	<b>7.776</b>	<b>8.570</b>	<b>6.024</b>	<b>6.721</b>	<b>6.219</b>
<b>%/Consumo total</b>	<b>0,0</b>											
<b>Consumos directos</b>	<b>75%</b>	<b>65%</b>	<b>14%</b>	<b>66%</b>	<b>59%</b>	<b>18%</b>	<b>64%</b>	<b>47%</b>	<b>15%</b>	<b>24%</b>	<b>14%</b>	<b>15%</b>
Combustibles	75%	65%	14%	66%	59%	18%	64%	47%	15%	24%	14%	15%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>25%</b>	<b>35%</b>	<b>86%</b>	<b>34%</b>	<b>41%</b>	<b>82%</b>	<b>36%</b>	<b>53%</b>	<b>85%</b>	<b>67%</b>	<b>78%</b>	<b>71%</b>
Fertilizantes	0%	19%	57%	0%	0%	28%	0%	23%	53%	2%	7%	2%
Pesticidas	9%	5%	22%	9%	17%	38%	3%	5%	8%	45%	54%	53%
Semillas	17%	12%	7%	25%	23%	16%	32%	26%	24%	19%	17%	16%
<b>Post-producción</b>	<b>0%</b>	<b>9%</b>	<b>8%</b>	<b>14%</b>								
Transporte	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	3%	3%	5%
Secado, etc.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	6%	5%	9%
<b>Consumo producción</b>	<b>100%</b>	<b>91%</b>	<b>92%</b>	<b>86%</b>								
<b>Rinde - tn</b>	<b>4,2</b>	<b>6,1</b>	<b>8,2</b>	<b>2,3</b>	<b>2,6</b>	<b>3,1</b>	<b>1,8</b>	<b>2,9</b>	<b>2,9</b>	<b>2,8</b>	<b>2,8</b>	<b>4,5</b>
<b>Consumo producción - MJ/tn</b>	<b>1.185</b>	<b>737</b>	<b>1.077</b>	<b>2.034</b>	<b>2.198</b>	<b>2.248</b>	<b>3.236</b>	<b>2.659</b>	<b>2.930</b>	<b>1.959</b>	<b>2.208</b>	<b>1.190</b>
<b>Consumo total - MJ/tn</b>	<b>1.185</b>	<b>737</b>	<b>1.077</b>	<b>2.034</b>	<b>2.198</b>	<b>2.248</b>	<b>3.236</b>	<b>2.659</b>	<b>2.930</b>	<b>2.151</b>	<b>2.400</b>	<b>1.382</b>

### 3.5.5 Estudios Reino Unido

Las Tablas 3.40, 3.41 y 3.42 muestran los modelos de estudios relevados referidos al Reino Unido y sus resultados.

**Tabla 3.40 - Equivalentes energéticos considerados**

Autor	DEFRA
<b>Combustibles</b>	
Diesel	38,9
<b>Fertilizantes</b>	
I.a. ? (I=si)	si
Nutrientes	0,0
N	42,0
P	17,1
K	6,8
S	5,0
<b>C. de Calcio</b>	3,2
<b>Pesticidas</b>	Directo
<b>Maquinaria</b>	Directo
<b>Secado, enf. y almac.</b>	Directo

**Tabla 3.41 - Consumo de insumos considerado**

Autor	Defra								
	Maíz			Soja			Trigo		
Cultivo									
Año	2005								
Planteo	LC	LR	SD	LC	LR	SD	LC	LR	SD
<b>Consumo de inputs</b>									
<b>Combustibles</b>									
Diesel	115,1	101,8	62,6	103,9	93,1	52,4	113,1	97,8	58,1
<b>Fertilizantes</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ia. ? (l=sì)	si								
Nutrientes	202,5	202,5	202,5	47,4	47,4	47,4	298,6	298,6	298,6
N	133,9	133,9	133,9	0,0	0,0	0,0	212,8	212,8	212,8
P	19,0	19,0	19,0	9,5	9,5	9,5	21,4	21,4	21,4
K	54,2	54,2	54,2	39,7	39,7	39,7	64,6	64,6	64,6
S	-4,6	-4,6	-4,6	-1,9	-1,9	-1,9	-0,2	-0,2	-0,2
<b>C. de Calcio</b>	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2	59,2
<b>Pesticidas</b>	Directo								
<b>Maquinaria</b>	Directo								
<b>Secado, enf. y almac.</b>	Directo								

**Tabla 3.42 - Consumo de energía por rubro**

MJ/ha	Defra								
	M LC	M LR	M SD	S LC	S LR	S SD	T LC	T LR	T SD
<b>Consumos directos</b>	<b>4.478</b>	<b>3.958</b>	<b>2.434</b>	<b>4.041</b>	<b>3.620</b>	<b>2.038</b>	<b>4.401</b>	<b>3.806</b>	<b>2.261</b>
Labranza/Cosecha	4.478	3.958	2.434	4.041	3.620	2.038	4.401	3.806	2.261
<b>Consumos indirectos</b>	<b>7.396</b>	<b>7.541</b>	<b>7.687</b>	<b>1.293</b>	<b>1.400</b>	<b>1.508</b>	<b>10.772</b>	<b>10.955</b>	<b>11.138</b>
Fertilizantes	6.289	6.289	6.289	425	425	425	9.573	9.573	9.573
Lime	187	187	187	187	187	187	40	40	40
Pesticidas	920	1.065	1.211	681	789	896	1.159	1.342	1.525
<b>Post-producción</b>	<b>2.004</b>	<b>2.004</b>	<b>2.004</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>390</b>	<b>893</b>	<b>893</b>	<b>893</b>
Secado, etc.	2.004	2.004	2.004	390	390	390	893	893	893
<b>Maquinaria</b>	<b>2.276</b>	<b>2.044</b>	<b>1.564</b>	<b>1.779</b>	<b>1.574</b>	<b>1.054</b>	<b>2.210</b>	<b>1.952</b>	<b>1.450</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>11.875</b>	<b>11.500</b>	<b>10.120</b>	<b>5.334</b>	<b>5.021</b>	<b>3.546</b>	<b>15.173</b>	<b>14.761</b>	<b>13.400</b>
<b>Consumo total</b>	<b>16.155</b>	<b>15.548</b>	<b>13.689</b>	<b>7.503</b>	<b>6.985</b>	<b>4.990</b>	<b>18.276</b>	<b>17.606</b>	<b>15.743</b>
<b>%/Consumo total</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
<b>Consumos directos</b>	<b>28%</b>	<b>25%</b>	<b>18%</b>	<b>54%</b>	<b>52%</b>	<b>41%</b>	<b>24%</b>	<b>22%</b>	<b>14%</b>
Combustibles	28%	25%	18%	54%	52%	41%	24%	22%	14%
<b>Consumos indirectos</b>	<b>46%</b>	<b>49%</b>	<b>56%</b>	<b>17%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>	<b>59%</b>	<b>62%</b>	<b>71%</b>
Fertilizantes	39%	40%	46%	6%	6%	9%	52%	54%	61%
Lime	1%	1%	1%	2%	3%	4%	0%	0%	0%
Pesticidas	6%	7%	9%	9%	11%	18%	6%	8%	10%
<b>Post-producción</b>	<b>12%</b>	<b>13%</b>	<b>15%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>	<b>8%</b>	<b>5%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>
Secado, etc.	12%	13%	15%	5%	6%	8%	5%	5%	6%
<b>Maquinaria</b>	<b>14%</b>	<b>13%</b>	<b>11%</b>	<b>24%</b>	<b>23%</b>	<b>21%</b>	<b>12%</b>	<b>11%</b>	<b>9%</b>
<b>Consumo producción</b>	<b>74%</b>	<b>74%</b>	<b>74%</b>	<b>71%</b>	<b>72%</b>	<b>71%</b>	<b>83%</b>	<b>84%</b>	<b>85%</b>
<b>Rinde - tn</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>7,2</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>2,4</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1</b>	<b>7,1</b>
<b>Consumo producción - MJ/tn</b>	<b>1.656</b>	<b>1.604</b>	<b>1.411</b>	<b>2.250</b>	<b>2.118</b>	<b>1.496</b>	<b>2.137</b>	<b>2.079</b>	<b>1.887</b>
<b>Consumo total - MJ/tn</b>	<b>2.253</b>	<b>2.169</b>	<b>1.909</b>	<b>3.165</b>	<b>2.947</b>	<b>2.105</b>	<b>2.574</b>	<b>2.480</b>	<b>2.218</b>

### 3.5.6 Resumen

Por último, en la Tabla 3.43 se presentan a forma de resumen los resultados promedio por región de los distintos trabajos relevados junto con la estimación propia. Se aclara que para facilitar la comparación sólo se considera el consumo de energía en la producción primaria que estiman los estudios.

**Tabla 3.43 - Consumo de energía por rubro**

	EEUU.				Brasil				ARG				R.U.	
	Propio		Estudios		Propio		Estudios		Propio		Estudios		Estudios	
	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn	R - tn	MJ/tn
Maíz	9,4	982	8,0	2.775	3,7	804	4,1	3.036	7,0	693	7,9	1.092	7,2	1.596
LC							3,0	3.649			5,2	961	7,2	1.656
SD							4,7	2.716			8,9	1.139	7,2	1.411
Soja	2,7	932	2,6	2.615	2,8	1.345	3,4	3.582	2,7	1.106	3,1	1.636	2,4	2.029
LC											2,8	1.771	2,4	2.250
SD											3,2	1.591	2,4	1.496
Trigo	2,7	2.203	2,7	4.903	2,2	1.130			2,6	1.386	2,9	2.731	7,1	2.108
LC												2.947	7,1	2.137
SD												2.646	7,1	1.887

Puede observarse que este trabajo calcula valores significativamente menores en muchos casos al de otros estudios. Las diferencias principales se justifican por:

- **consumo de combustible:** los estudios del INTA considerados como base presentan valores significativamente menores que los de otros trabajos analizados. Se ha elegido utilizar dichos datos porque son los únicos que provienen de un estudio específico y detallado, con resultados en línea con otras estimaciones del consumo de gasoil en el sector, mientras que los otros son de fuentes que no se han podido encontrar y validar.
- **utilización errónea de equivalentes energéticos/dosis aplicadas en fertilizantes y pesticidas:** en muchos estudios se toma como dosis aplicada la cantidad de producto comercial utilizado, cuando en realidad debe considerarse el nutriente o ingrediente activo solamente.
- **estimación excesiva del consumo energético para semilla:** varios estudios consideran valores demasiado altos para este insumo, que no concilian con los consumos de los otros rubros.

Por otro lado, se observa que Argentina está en línea en cuanto a eficiencia con los otros productores relevantes, presentando consumos menores en maíz y mayores en soja.

### 3.6 Comparación de distintos planteos de cultivos

Las distintas prácticas de manejo utilizadas tienen un efecto considerable en el uso de inputs y, en definitiva, la eficiencia energética del proceso. Entre otros aspectos de influencia, podemos mencionar el grado de mecanización, el método de siembra y la rotación de cultivos. Se muestran también, siempre que haya datos disponibles, el indicador de impacto ambiental y una estimación de la rentabilidad comparativa de los planteos, para conciliar los consumos energéticos con un indicador más tangible para los productores.

#### 3.6.1 Agricultura orgánica vs. convencional

Los orígenes de la agricultura orgánica se remontan a los años veinte, a pesar de que sólo adquirió popularidad a nivel mundial durante los noventa. Estos sistemas se basan en prácticamente prohibir la aplicación de insumos químicos producidos en forma sintética, por lo que no sorprende entonces que muchas veces se los vincule a priori con un menor consumo de energía para la producción.

El área agrícola ocupada por cultivos orgánicos es muy pequeña aún, aproximadamente 0,8% del total, pero está creciendo rápidamente. En cuanto a los cultivos que se han analizado en detalle en este trabajo, con los datos de las Tablas 3.44 y 3.45 se pueden sacar las mismas conclusiones que para la agricultura en general, ya que las áreas orgánicas también representan un porcentaje bajo del total. No se han podido relevar datos de Brasil.

**Tablas 3.44 y 3.45 - Área orgánica por cultivo y porcentaje de la superficie total cultivada**

<b>Argentina '07</b>	<b>Área - mil has.</b>	<b>% área</b>	<b>EEUU. '05</b>	<b>Área - mil has.</b>	<b>% área</b>
Trigo pan	17	0,3%	Maíz	53	0,2%
Cereales varios	13		Trigo	112	0,5%
Soja	6	0,04%	Soja	49	0,2%

A pesar de su baja difusión, se considera que vale la pena analizar la agricultura orgánica con un poco más de detalle debido a que son sistemas que presentan particularidades de interés.

#### *i. Ventajas:*

- **propiedades nutritivas:** el valor nutricional de los alimentos depende fundamentalmente de su contenido de minerales y vitaminas. Los alimentos

orgánicos generalmente presentan mayores contenidos de ambos que los convencionales.

- **sabor de los alimentos:** el sabor de alimentos como las frutas esta directamente vinculado a su contenido de azúcar, que suele ser mayor en las cultivadas orgánicamente.
- **disminución de riesgos a la salud:** en años recientes, se han documentado varios casos de contaminación de los alimentos por contenido excesivo de pesticidas que puede llevar a enfermedades como el cáncer en casos extremos.
- **menores costos de producción:** como se ha señalado, por definición la agricultura orgánica no hace uso de agroquímicos como fertilizantes y pesticidas, por lo que en la mayoría de los casos sus costos de producción suelen ser menores. En el caso de los fertilizantes, los mismos se reemplazan por el uso de abono orgánico (animal), rotaciones con leguminosas o el uso de especies beneficiosas como las lombrices. En cuanto a los pesticidas, se cambian también por rotaciones de cultivos adecuadas, el uso de ingredientes activos biológicos y la utilización de labranzas convencionales. Esto contribuye a la reducción del impacto ambiental del sistema de producción de alimentos.
- **resistencia a la sequía:** los cultivos orgánicos suelen ser más resistentes a la sequía por el escaso uso de fertilizantes químicos. La razón es que los mismos son solubles en agua por lo que las plantas los absorben junto con ella, haciendo que en casos de disponibilidad limitada de agua no se produzca osmosis y se pueda llegar a concentraciones tóxicas de nutrientes.
- **mayores precios de venta:** la razón principal por la que se evidencia una mayor producción orgánica año a año es que existe un mercado de consumidores que están dispuestos a pagar un precio más alto por estos productos que por los convencionales, como se observa en la Tabla 3.46. Esto sumado a la reducción en el uso de insumos puede colaborar a generar márgenes más altos para los productores orgánicos con respecto a los convencionales.

**Tabla 3.46 - Premium de precios de cultivos orgánicos en EE.UU. en el período 95-03**

Soja	159%
Maíz	86%
Trigo	75%

## ii. Desventajas

A pesar de las ventajas mencionadas, como se ha visto la mayor parte del territorio agrícola mundial sigue siendo producido en forma convencional. Esto se debe a algunas desventajas como

- **disminución de la productividad:** como regla general, los productores orgánicos suelen obtener rindes menores que los convencionales por el menor uso de insumos, por lo que se hace necesaria una mayor cantidad de tierra para obtener la misma producción. Esto puede verse en la Tabla 3.47. En un contexto mundial donde la oferta y demanda de alimentos seguramente se mantendrán muy próximas y donde la tierra es cada vez más escasa hay un claro límite para un mayor desarrollo de la agricultura orgánica tal como está planteada hoy en día. Los especialistas a favor de esta última sostienen que la menor productividad se compensa al evitar la pérdida progresiva de sustentabilidad de los sistemas convencionales.

**Tabla 3.47 - Comparación de rindes relevados**

Pais/cultivo	Rinde (tn/ha)		
	Convencional	Organico	O/C
<b>Canadá</b>			
Maiz	7,2	6,8	-5%
Soja	2,4	2,4	0%
Trigo	2,7	2,4	-10%
<b>EE.UU.</b>			
Soja	3,2	2,1	-34%

- **uso de labranza convencional:** los productores orgánicos prácticamente no pueden utilizar la siembra directa, ya que necesitan de la labranza convencional para el manejo de plagas. Esto impide aprovechar los beneficios de esta técnica referidos a la conservación del suelo.
- **mayor necesidad de tiempo y mano de obra:** los cultivos orgánicos necesitan de una mayor interacción entre productores y las plantas para su observación, intervención a tiempo y control de plagas. Es por eso que en estos sistemas la productividad de la mano de obra es considerablemente menor. Por otro lado, en función de lo mencionado, se necesita una mayor formación para poder ser agricultor orgánico y aún no existe un gran número de instituciones y productores experimentados que puedan proveerla.

- **menor tamaño de las granjas:** en la mayoría de los casos, por el mayor cuidado humano que se requiere en los cultivos orgánicos, las explotaciones suelen ser de tamaño reducido, dificultando el logro de economías de escala. Por otro lado, el operar en áreas pequeñas deja a los productores susceptibles a ser afectados por los químicos de las explotaciones circundantes. Esto es sumamente negativo, ya que tal contaminación puede dificultar el logro de la certificación necesaria para poder comerciar productos orgánicos como tales.
- **mercado reducido:** por más que está creciendo rápidamente, el mercado mundial de productos orgánicos aún representa una fracción muy pequeña del sector de alimentos como conjunto.
- **uso de insumos alternativos:** el uso de abonos como reemplazo de fertilizantes puede provocar la contaminación bacterial de los alimentos, mientras que algunos pesticidas orgánicos pueden tener impactos ambientales mayores que los convencionales.

### ***iii. Comparación de la eficiencia en el consumo de energía***

La FAO determinó en un estudio realizado en 2007 que la agricultura orgánica consume en la mayoría de los casos entre un 30% y un 50% menos de energía para la producción que la convencional. Por otro lado, al comparar la necesidad de trabajo manual, la conclusión es que en promedio se necesita de un tercio más en la agricultura orgánica. Sin embargo, dicho estudio no publica ningún detalle del método de cálculo, por lo que a continuación se muestran las principales conclusiones de otro trabajo de 2008 donde se cuenta con más datos.

En el mismo, se compararon planteos orgánicos y convencionales para los tres cultivos analizados en este trabajo con las técnicas utilizadas típicamente en Canadá (de dicho estudio provienen los datos de rindes mostrados en la tabla anterior). Hay que aclarar que el estudio sólo presenta el detalle por insumo de los consumos físicos; el uso de energía se muestra para el sistema como conjunto, como se ve en la Tabla 3.48.

**Tabla 3.48 - Planteos comparativos convencional/orgánico**

	Unidad	Trigo			Maiz			Soja		
		C	O	Dif.	C	O	Dif.	C	O	Dif.
Rinde	tn/ha	2,7	2,4	-27%	7,2	6,8	-5%	2,4	2,4	0%
<b>Inputs por tonelada</b>	x ton									
<b>Directos</b>										
Diesel labores	L	29,1	29,1	0%	47,4	47,7	1%	33,8	33,8	0%
Diesel p/ fert. org.	L	0,0	8,5	100%	0,0	15,0	100%	0,0	1,0	100%
Nafta	L							10,7	10,7	0%
Gas natural	L				1.305	1.305	0%	15,0	15,0	0%
LPG	L							3,3	3,3	0%
<b>Indirectos</b>										
<b>Fertilizantes</b>										
N	kg	65,6	0,0	-100%	140,0	0,0	-100%	7,9	0,0	-100%
P	kg	32,5	32,5	0%	19,4	19,3	0%	31,4	31,4	0%
K	kg				22,6	22,6	0%	105,7	105,7	0%
S	kg							4,0	4,0	0%
Pesticidas	kg	4,3	0,0	-100%	2,9	0,0	-100%	1,2	0,0	-100%
Electricidad	MJ							16,7	16,7	0%
Semilla cultivo	kg	123,7	123,7	0%	18,7	18,4	-1%	107,1	107,1	0%
Semilla para fert. Org	kg	0,0	23,7	100%	0,0	42,3	100%	0,0	2,4	100%
<b>Consumo energía</b>	<b>MJ/ha</b>	<b>7.263</b>	<b>1.937</b>	<b>-73%</b>	<b>17.232</b>	<b>8.867</b>	<b>-49%</b>	<b>5.474</b>	<b>3.570</b>	<b>-35%</b>
	<b>MJ/tn</b>	<b>2.700</b>	<b>800</b>	<b>-70%</b>	<b>2.400</b>	<b>1.300</b>	<b>-46%</b>	<b>2.300</b>	<b>1.500</b>	<b>-35%</b>
<b>Impacto ambiental</b>	<b>kg CO2/tn</b>	<b>382</b>	<b>291</b>	<b>-24%</b>	<b>330</b>	<b>256</b>	<b>-22%</b>	<b>248</b>	<b>190</b>	<b>-23%</b>

Puede observarse que a pesar de los menores rindes obtenidos en general en los sistemas orgánicos, su menor uso de insumos como fertilizantes y pesticidas hace que el consumo energético y los impactos ambientales resulten significativamente menores, en porcentajes en línea con los señalados por el estudio de FAO.

**iv. Análisis de rentabilidad**

Se ha encontrado un informe de 2006 que detalla los distintos costos involucrados en la producción de soja en forma convencional y orgánica. Los mismos se muestran en la Tabla 3.49.

**Tabla 3.49 - Comparación de rentabilidad entre un planteo convencional y orgánico**

<b>Soja EE.UU. 2006</b>				
Parámetros y resultados	Unidad	C	O	Dif
Rinde	tn/ha	3,2	2,1	-1,1
Precio	us\$/tn	201	537	336
Ingresos	us\$/ha	638	1.122	484
<b>Costos operativos</b>	us\$/ha	226	255	28
Semillas		79	75	-4
Fertilizantes		30	24	-7
Pesticidas		35	0	-34
Operaciones		15	14	-1
Combustibles, lubr. y e. elect.		31	60	30
Otros costos operativos		37	81	44
<b>Otros costos (MO y fin.)</b>	us\$/ha	457	587	130
<b>Costos totales</b>	us\$/ha	683	842	159
Margen operativo	us\$/ha	411	867	0
Margen total	us\$/ha	-45	280	326
<b>Otros datos</b>				
Tamaño promedio	has	110	47	
Riego (% área)		5%	3%	

Se observa que en este caso el planteo orgánico resulta significativamente más rentable, producto de que los mayores costos productivos y el menor rinde se ven compensados por el premium de precios de venta. A pesar de esto, hay que recordar que por un lado los planteos orgánicos resultan generalmente más complejos en su operación y por otro lado que es necesario producir orgánicamente durante tres años antes de lograr la certificación que permite comercializar los productos como tales (al menos en EE.UU.). Este informe calcula los costos asociados a esta transición e igualmente el planteo orgánico sigue resultando más conveniente.

A futuro no se espera que la producción orgánica alcance una difusión muy importante a nivel mundial, debido a que las desventajas que se han mencionado superan para los grandes productores los posibles beneficios de su adopción. Sin embargo, con los datos que se han relevado parece que este tipo de planteos podrían ser muy útiles para productores de menor escala.

### 3.6.2 Riego vs. Secano

Como se ha mencionado, EE.UU. es el único país analizado donde el riego presenta una adopción de relativa importancia. En Argentina, en cambio, el uso de la práctica del riego no se corresponde con el potencial que existe en varias regiones por la aptitud de

las tierras y la disponibilidad de agua. Según un estudio de 2001, en el país podría regarse hasta un 10% del área sembrada, logrando un aumento del 15% en la producción total de granos. Vale la pena entonces analizar algunas características productivas que se dan con la aplicación de esta tecnología.

### *i. Rendimientos y variabilidad*

En la Tabla 3.50 se muestran datos de diversos estudios que sostienen que el riego no sólo aumenta los rendimientos sino que también disminuye la variabilidad de los mismos.

**Tabla 3.50 - Comparación de parámetros productivos en Argentina**

	Trigo	Maiz	Soja 1a	Soja 2a
<b>Rendimientos (ARG)</b>				
Secano - t/ha	2,3	7,7	2,8	2,1
Riego - t/ha	6,0	12,0	4,2	3,0
Diferencia - t/ha	3,7	4,3	1,4	0,9
Diferencia - %	161%	56%	50%	43%
<b>Coef. de variación (Cba.)</b>				
Secano	77%	48%	51%	47%
Riego	12%	13%	8%	9%

### *ii. Comparación de la eficiencia en el consumo de energía*

Generalmente, el uso del riego implica, además del consumo energético propio del sistema de irrigación, un mayor uso de insumos, especialmente semillas y fertilizantes. Esto se debe al mayor potencial de rendimientos que existe al utilizar el riego, que permite sembrar una mayor densidad de plantas y exige reponer nutrientes en mayor cantidad (aunque no necesariamente porcentaje) por la extracción incremental. En la Tabla 3.51 se analizan los datos de un estudio del INTA realizado en la zona de Córdoba en 2008 con maíz de primera en SD.

**Tabla 3.51 - Cálculo de la eficiencia energética para los distintos planteos**

Maíz SD - 2008		Secano		Riego		Diferencia	
		Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
<b>Planteo</b>							
Semilla	plantas/ha	76.200	20	96.200	25	20.000	5,264
Fertilización	kg/ha						
<i>N</i>		126	5.537	192	8.416	66	2.879
<i>P</i>		20	541	49	1.353	30	812
Riego	cm/ha			29	3705	29	3705
Otros consumos			1.592		1.592		0
<b>Consumo energía</b>	<b>MJ</b>		<b>6.079</b>		<b>13.474</b>		<b>7.395</b>
<b>Rendimiento</b>	ton						
Promedio		7,5		14,9		7,4	
Mínimo		5,6		11,9		6,4	
Máximo		9,4		17,8		8,4	
Variación		13%		8%		-5%	
<b>Consumo energía</b>	<b>MJ/ton</b>		<b>810</b>		<b>904</b>		<b>94</b>
<b>Reposición</b>							
<i>N</i>		124%		95%		-29%	
<i>P</i>		96%		120%		25%	

Como puede observarse, a pesar del mayor rendimiento promedio logrado, el sistema con riego presenta un consumo mayor de energía por tonelada. Sin embargo, la menor variabilidad de los rendimientos en los distintos lotes ensayados podría compensar en parte este hecho.

### *iii. Análisis de rentabilidad*

El mayor consumo de energía no implica necesariamente una menor rentabilidad para el productor. Es por eso que vale la pena analizar económicamente un proyecto de inversión en riego para determinar si efectivamente puede ser rentable bajo una serie de supuestos razonables. Un estudio del INTA realizado en 2006 analiza la instalación de un sistema de irrigación en la en la provincia de Córdoba. Se plantean dos secuencias de rotación de cultivos entre trigo, soja y maíz y dos alternativas de funcionamiento del equipo de riego, con gasoil o electricidad. Para el cálculo económico, el autor trabaja con el método denominado “de presupuestos parciales”, es decir, sólo considerando los ingresos y egresos que resultan del uso del equipo de riego. Estos son la mayor facturación producto del mayor rinde de los cultivo y los mayores gastos por uso de energía del equipo, sumados lógicamente a la inversión inicial. En cuanto a los supuestos utilizados, la diferencia de rindes es la mostrada en Tabla 3.50 y el resto se detalla en la Tabla 3.52, junto con los resultados obtenidos.

**Tabla 3.52 - Parámetros y resultados de la inversión en equipo de riego**

<b>Parámetros utilizados y resultados</b>						
Pivot móvil	us\$	91.355				
Bomba	us\$	21.594				
Conducción	us\$	32.633				
Perforación	us\$	21.250				
<b>Inversión total</b>	<b>us\$</b>	<b>166.832</b>				
Vida útil	10	años				
<b>Aplicación insumos</b>			<b>Maiz</b>		<b>Trigo</b>	<b>Soja 1a y 2a</b>
			Secano	Riego	Secano	Riego
Semillas	M: plantas/ha	72.000	95.000	110	130	Igual en ambos
Urea	kg/ha	80	200	70	200	
<b>Costo variable: 2 alternativas</b>			<b>Insumo</b>		<b>Costo (us\$/mm/ha)</b>	
			/mm/ha	Precio (us\$)	Energía	Mantenimiento
						<b>Sub-total</b>
Gasoil	l	1,00	0,39	0,39	0,15	<b>0,54</b>
Electricidad	kw	3,23	0,07	0,23	0,15	<b>0,38</b>
			<b>us\$/ha</b>			
Fert. + semilla	Maiz	73				
Fert. + semilla	Trigo	58				
<b>Costo fijo</b>						
Amortizacion	us\$/año	16.683				
Mano de obra	us\$/año	194				
<b>Costo capital</b>		<b>12%</b>				
<b>3 años de rotación</b>						
Rotación 1		Maiz, Soja 1a, Trigo/Soja 2a				
Rotación 2		Maiz, Trigo/Soja 2a				
<b>Se usan 3 círculos de riego</b>						
Cada círculo de riego		86	has			
Agua subterránea		88%				
<b>VARIABLES ECONÓMICAS</b>			<b>Trigo</b>	<b>Maiz</b>	<b>Soja 1a</b>	<b>Soja 2a</b>
Precio (-15% comercialización)	us\$/tn		89	73	145	145
Diferencia ingreso bruto	us\$/ha		326	312	201	124
Se proyectan 10 años						
<b>Resultados</b>						
	<b>Gasoil</b>		<b>Electricidad</b>			
	VAN (us\$)	TIR	VAN	TIR		
Rotación 1	101.091	25%	135.090	30%		
Rotación 1	140.752	30%	186.991	36%		

Como puede observarse, el proyecto resulta rentable en todos los casos analizados. Hay que aclarar que los precios actuales pueden diferir de lo planteado en el estudio original, por lo que habría que actualizar los datos para una mejor evaluación, algo que excede los propósitos de este trabajo.

### 3.6.3 Siembra directa vs. labranza convencional

Como se ha señalado anteriormente, las principales diferencias entre estos sistemas en lo que a consumo energético se refiere están dadas por el mayor uso de combustibles en la LC, el mayor uso de herbicidas en la SD y la predominancia del glifosato como herbicida en los cultivos RR. En la Tabla 3.53 se analizan estos planteos para la soja en Argentina en dos variantes: nivel de insumos aplicados alto y bajo. Sólo se compara el consumo de combustible y el uso de pesticidas, ya que en el resto de los insumos no existen diferencias necesariamente.

**Tabla 3.53 - Detalle del consumo de combustible y pesticidas de los distintos planteos**

Insumos por ha.	Unidad	Siembra y Semilla Convencional				SD con Semilla RR				Diferencias (SD vs. Conv.)			
		Bajo		Alto		Bajo		Alto		Bajo		Alto	
		Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ
Diesel	l	41	1.358	41	1.358	17	572	17	572	-24	-786	-24	-786
Pesticidas	kg i.a.	0,50	152	1,22	372	4,04	1.869	4,88	2.255	3,53	1.717	3,66	1.882
Herbicidas		0,20	66	0,65	171	3,73	1.783	4,22	2.036	3,53	1.717	3,57	1.865
Haloxifop		0,10	37	0,10	37	0,00	0	0,00	0				
2,4D		0,00	0	0,00	0	0,30	29	0,30	29				
Imazetapir		0,10	30	0,10	30	0,00	0	0,00	0				
Glifosato		0,00	0	0,00	0	3,43	1.754	3,93	2.007				
Dicamba		0,00	0	0,06	19	0,00	0	0,00	0				
Metsulfuron		0,00	0	0,04	14	0,00	0	0,00	0				
Metribuzin		0,00	0	0,36	71	0,00	0	0,00	0				
Insecticidas		0,31	85	0,57	202	0,31	85	0,57	202	0,00	0	0,00	0
Cipermetrina		0,02	13	0,07	42	0,02	13	0,07	42				
Clorpirifos		0,28	72	0,28	72	0,28	72	0,28	72				
Endosulfan		0,00	0	0,21	87	0,00	0	0,21	87				
Funguicidas		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,09	17	0,00	0	0,09	17
Ciproconazole		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,02	5				
Trifloxistrobin		0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,06	13				
<b>Total</b>			<b>1.509</b>		<b>1.730</b>		<b>2.441</b>		<b>2.826</b>		<b>931</b>		<b>1.096</b>

Como puede observarse, en ambos casos la SD requiere de un mayor consumo energético debido a que el glifosato. Sin embargo, es importante recordar que esa técnica conlleva un número de aspectos muy beneficiosos que compensan por este hecho.

### 3.6.4 Monocultivo vs. rotación

Como se ha señalado, uno de los requisitos fundamentales para asegurar la sustentabilidad de los sistemas agrícolas es la implementación de secuencias de cultivos adecuadas, conocidas como rotaciones. Antes de analizar en detalle estos sistemas y sus beneficios, conviene definir con precisión que alternativas de cultivo existen:

- **monocultivo:** cultivo de una sola especie todo el año. Ej: Soja-Soja

- **rotación continúa de cultivos:** conjunto de cultivos que se suceden en el mismo terreno durante un período de tiempo de acuerdo a determinado orden que se repite cíclicamente. Ej: Soja - Trigo – Soja.
- **rotación de cultivos:** es la sucesión de cultivos de características y exigencias diferentes en espacio (ubicación) y en tiempo (secuencia), durante un determinado número de años, al final del cual se repite la misma sucesión. Ej: Soja – Trigo – Maíz – Trigo.

Es importante realizar estas aclaraciones, ya que en muchas veces se suelen tomar las últimas dos alternativas por rotaciones genuinas, cuando solo la última mencionada lo es en verdad. Por otro lado, hay que mencionar que existen ciertos especialistas que no consideran rotación a un esquema que repite métodos de labranza (Soja – Trigo – Maíz en SD), pero no son la mayoría.

La elección de los cultivos que integran la rotación no debe ser al azar, sino que tiene que respetar las características que los diferencian y su influencia sobre el suelo. En los últimos años, el trigo como la soja y el maíz se incluyen en las rotaciones más comunes de la zona pampera, por lo que se las tomó de ejemplos en la definición. Los principales beneficios de rotar son:

- aprovechamiento integral de los recursos del suelo y del agua.
- mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo: el manejo de la cobertura del suelo, a través de la rotación de cultivos, es fundamental en SD. Por otro lado, en rotaciones adecuadas como soja-maíz se observa en algunos casos una menor necesidad de fertilizantes por la complementariedad de requisitos de nutrientes.
- cortar el ciclo de malezas, plagas y enfermedades: el cultivo alternado de varias especies en un mismo lote corta el ciclo de enfermedades y plagas, por lo que en algunos casos puede disminuirse el uso de pesticidas. Por otro lado, como se ha mencionado, la alternancia de herbicidas evita en gran parte la aparición de malezas resistentes a un determinado principio activo. Sin embargo, (poner lo del glifo con soja y maíz que te puede cagar igual)
- diversificación de riesgos productivos

Todos estos beneficios permiten lograr, además de una economía de insumos, mejoran rendimientos. Esto se observa en los resultados de un experimento del INTA de Manfredi (Córdoba) mostrados en la Tabla 3.54.

**Tabla 3.54 - Rendimiento comparativo de soja y maíz en kg/ha entre 96/97-99/00**

	<b>Soja</b>	<b>Maíz</b>
<b>Monocultivo soja</b>	<b>t/ha</b>	<b>t/ha</b>
Labranza reducida	2.778	
SD	2.847	
<b>Rotación soja - maíz</b>	<b>t/ha</b>	<b>t/ha</b>
Labranza reducida	3.260	6.614
SD	3.392	7.200
<b>Diferencia</b>	<b>t/ha</b>	<b>%</b>
Labranza reducida	482	17%
SD	545	19%

Otros estudios realizados en la zona de Pergamino indican que la soja cosechada después de maíz rinde 15% más que la de monocultivo, lo que confirma los resultados anteriores. En cuanto al maíz seguido de soja, los rendimientos en la zona maicera núcleo pueden ser hasta un el 20% superiores.

A pesar de todo lo señalado en los últimos años se observa una tendencia preocupante en Argentina hacia el monocultivo de la soja en gran parte del territorio nacional. Las razones principales de este fenómeno, algunas de las cuales ya han sido mencionadas, se encuentran en:

- la gran adaptación que ha el paquete SD-GMO en la soja en los suelos locales.
- los bajos costos productivos comparativos que tiene la soja, principalmente por la menor cantidad de fertilizantes que utiliza y la posibilidad de utilizar semilla de bolsa blanca/marrón. Esto permite lograr una mayor rentabilidad sobre el capital invertido, algo de especial importancia para arrendatarios, que constituyen gran parte de los productores agrícolas en la actualidad.
- la mayor seguridad que perciben los productores por el hecho de poder exportar la soja, aunque con aranceles, ya que en el maíz en los últimos años existió un bloqueo al comercio exterior por parte del Estado. Dicho bloqueo obliga a los productores a vender su producto a un precio incierto fijado por el mercado local.

Muchos especialistas sostienen que de mantenerse esta tendencia, podría darse una situación similar a lo que ocurrió hace unas décadas con el maní, donde tras años de monocultivo favorecido por la alta rentabilidad del cultivo grandes porciones de tierra quedaron prácticamente inutilizadas. Esto se debe a que el monocultivo provoca:

- pérdida de materia orgánica del suelo: en un sistema de soja continua, el balance de materia orgánica tiende a ser negativo, por lo que se observa una disminución continua de la materia orgánica presente en el suelo que puede llegar a inutilizarlo.
- disminución del agua disponible: como muestra la Tabla 3.55, el monocultivo de soja consume una mayor cantidad de agua que la rotación, lo que afecta el balance hídrico de los suelos.

**Tabla 3.55 - Eficiencia en el uso de agua para los distintos planteos**

Soja	Rinde	Consumo agua	Eficiencia
	t/ha	mm	kg/mm
Monocultivo	2,8	500	5,6
Maiz-Soja	3,5	477	7,4

- aparición de malezas resistentes al glifosato: como se ha mencionado al hablar de pesticidas, el uso de un herbicida en forma exclusiva tiene este efecto. Sin embargo, hay que aclarar que una rotación que involucre maíz y soja RR también presentaría el mismo problema.

Por todo lo mencionado, los expertos sugieren que desde el Estado se impulse un mayor uso de las rotaciones, por ejemplo mediante la liberación de la exportación de maíz. De lo contrario, sostienen que el costo oculto de la degradación de los campos productivos producida por el monocultivo probablemente termine sobrepasando los mayores ingresos percibidos por los productores y el propio Estado.

***i. Comparación de la eficiencia en el consumo de energía***

No se ha podido encontrar un estudio completo para cuantificar el impacto de la adopción de un esquema de rotaciones en la eficiencia energética. Sin embargo, el aumento de rindes y la disminución del uso de fertilizantes permiten lograr un consumo menor de energía por tonelada.

***ii. Análisis de rentabilidad***

En cuanto a la rentabilidad, más allá de los efectos lógicamente positivos de una mayor productividad y un menor uso de insumos, algunos estudios sostienen que con un esquema de rotaciones se logra disminuir también la variabilidad de la ganancia. Esto se debe a la diversificación de los riesgos productivos mencionada como ventaja, ya que es

menos probable que se produzcan simultáneamente escenarios desfavorables para 3 o 4 cultivos que para tan sólo uno.

### **3.6.5 Doble cultivo**

Como ya se ha mencionado, existe una técnica conocida como doble cultivo, que implica el cultivo sucesivo de dos especies distintas. Su objetivo fundamental es elevar la productividad del factor tierra al utilizarlo durante todo el año en forma continua, aunque existen otras ventajas adicionales que se mencionan más adelante. Analizando los cultivos detallados en este trabajo, se observa que las combinaciones posibles, en las que se combina un cultivo de invierno (trigo) con uno de verano, son trigo (invierno)-soja (verano) y trigo (invierno) – maíz (verano). En ambos casos el cultivo de verano es denominado “de segunda” y presenta características y condiciones particulares en cuanto a su implementación y productividad. Entre las mismas, se pueden señalar:

- que se requiere un contenido de agua adecuado en el momento de la siembra de la soja y en el resto del ciclo.
- que como norma general, se obtienen rendimientos menores que en los cultivos de primera, por el menor tiempo entre siembra y cosecha. Por otro lado, la variabilidad de los mismos puede resultar significativa ante demoras en la implantación.
- que, principalmente por la menor productividad esperada, se suelen ajustar los consumos de inputs como fertilizantes y pesticidas a la baja.

En nuestro país, la gran mayoría de los productores que utilizan el doble cultivo lo hacen con el sistema trigo-soja, producto de la mayor adopción relativa que ha mostrado la oleaginosa en los últimos años con respecto al maíz. Se estima que hoy en día aproximadamente el 60% del área sembrada con trigo se produce en combinación con soja. En la Tabla 3.56 se detallan a forma comparativa los planteos de soja de primera y segunda.

**Tabla 3.56 - Planteos comparativos de producción de soja en Argentina**

Insumo	Unidad	Soja 1		Soja 2	
		Físico	MJ	Físico	MJ
Diesel	l	27,7	927	24,1	807
Labranza, imp. y def.	l	17,1	572	13,5	451
Cosecha	l	10,6	355	10,6	355
Fertilizantes	kg nutr.	7,9	216	0	0
N		0	0	0	0
P		7,9	216	0	0
Pesticidas	kg i.a.	4,9	2.127	2,3	950
Insecticidas		0,5	124	0,2	98
<i>Clorpirifos</i>		0,5	120	0,0	0
<i>Lambdacialotrina</i>		0,0	3	0,0	0
<i>Endosulfan</i>		0,0	0	0,2	98
Herbicidas		3,9	1.916	1,6	756
<i>Glifosato</i>		3,7	1.892	1,5	746
<i>2,4 D</i>		0,2	24	0,1	9
Funguicidas		0,4	87	0,5	96
<i>Inoculante.+ Fungicida</i>		0,3	64	0,4	73
<i>Opera</i>		0,1	23	0,1	23
<b>Consumos totales</b>	<b>MJ/ha</b>		<b>3.269</b>		<b>1.756</b>
<b>Rendimiento</b>	<b>tn/ha</b>	<b>2,8</b>		<b>2,2</b>	
<b>Consumos totales</b>	<b>MJ/tn</b>		<b>1.168</b>		<b>798</b>

Puede observarse que el consumo de energía total medido en MJ/tn resulta muy similar en ambos casos, debido a que la menor aplicación de insumos en soja de segunda se ve compensado por su menor rinde. En cuanto a la rentabilidad, en el siguiente inciso se analizará el caso del planteo trigo-soja

### 3.6.6 Cultivos intercalados

La técnica de intercalado de cultivos, en forma similar a las rotaciones, esta basada en el principio de los sistemas cooperativos. Este principio se puede observar en funcionamiento en la mayoría de los ecosistemas naturales del mundo, que consisten en una combinación de distintas especies donde todos obtienen beneficios. Se entiende por intercalación al desarrollo simultáneo de dos o más cultivos en una misma superficie de tierra. El grado de superposición temporal del recurso puede ser total o parcial, lográndose mayores ventajas cuando las fases de mayor tasa de crecimiento o los períodos críticos de los distintos cultivos no coinciden en el tiempo.

En Argentina, desde hace años muchos investigadores estudian la interseembra de trigo-soja como una alternativa al doble cultivo secuencial, sembrando la soja dentro del cultivo de trigo. Con este sistema, se busca aumentar el rendimiento de la oleaginosa sacrificando en alguna magnitud el del cereal. Se ha encontrado un estudio realizado por el INTA en el período 2006/07, donde se buscó determinar los rendimientos y márgenes

brutos comparativos de la intersembra con respecto al doble cultivo y a la soja de primera. En la Tabla 3.57 se señalan los parámetros y resultados obtenidos. Es interesante recalcar que en todos los planteos se aplicaron los mismos insumos, por lo que mayores rendimientos implican una mayor eficiencia energética directamente.

**Tabla 3.57 - Parámetros utilizados y resultados**

Parámetros utilizados y resultados		Intersiembr		Doble cultivo		Individual
		Trigo	Soja	Trigo	Soja 2a	Soja 1a
Rendimientos	tn/ha	5,6	3,7	6,4	2,9	4,5
Precios	ar\$/tn	400	600			
Comercialización	ar\$/tn	-80	-96			
<b>Margen bruto</b>	<b>ar\$/tn</b>	<b>320</b>	<b>504</b>			
	<b>M. bruto</b>	<b>Dif.</b>				
Intersiembr	100%					
Doble cultivo	92%		-8%			
Soja 1a	68%		-32%			

Puede observarse lo mencionado en cuanto a los rendimientos de cada cultivo en los distintos planteos. Por otro lado, el margen en el planteo de intersembra resulta el más alto. Sin embargo, la diferencia con el margen del doble cultivo es de solo 8%, por lo que el estudio señala que a priori los productores probablemente no cambiarían sus esquemas productivos. Sin embargo, si se piensa a largo plazo, el sistema de intersembra permitiría disminuir significativamente el riesgo empresarial, al poder estabilizar y subir el promedio de los rendimientos del doble cultivo. Por otro lado, es interesante observar los mejores márgenes logrados con respecto al planteo individual que, a pesar de haber logrado un mayor rendimiento, hace un uso menos eficiente del capital tierra.

### 3.6.7 Agricultura de Precisión

A medida que la agricultura se fue mecanizando, los productores comenzaron a tratar a los lotes como la unidad más pequeña de manejo. Esto se debe a que:

- dividir a los campos en unidades menores dificultaba el aprovechamiento de la mayor velocidad y capacidad de tractores e implementos.
- las ventajas del incremento en la producción debido a la mecanización excedían a los beneficios del manejo de unidades menores a los lotes, muy intensivo en mano de obra.

A pesar de estas ventajas, hay que tener en cuenta que con este tipo de manejo se ignora la variabilidad de las características del suelo y se aplican insumos de manera uniforme, basándose en mediciones de las características promedio de un lote. Con un enfoque tan general, existe una gran posibilidad de sobre y sub-aplicación de insumos. A medida que se fue logrando un mayor desarrollo tecnológico, se fue haciendo posible para el productor medir, analizar, y manejar la variabilidad entre las distintas zonas de cada lote. El conjunto de herramientas y técnicas que permiten producir con este grado de exactitud es conocido como Agricultura de Precisión (AP en adelante). Esta técnica utiliza microprocesadores y otras tecnologías electrónicas para mejorar la eficiencia de la utilización de recursos en la producción agrícola.

La condición que lleva a la adopción de la AP, y a la aplicación variable de insumos en particular, es la existencia de variación espacial en los campos productivos. Se entiende por variación espacial a diferencias presentes en distintos sectores de un área determinada en las características medidas en el cultivo y en el suelo. Generalmente se encuentra algún grado de variabilidad espacial en todos los lotes. Por otro lado, las características del cultivo y del suelo no solo varían espacialmente, sino que también lo hacen con el tiempo. La variabilidad a través del tiempo afecta a una serie de decisiones de la AP, vinculadas principalmente al método de muestreo. Los distintos tipos de muestreo difieren en el costo de recolección de las muestras y en su posterior análisis. Aplicando AP existe el potencial para obtener: mayores rendimientos con el mismo nivel de insumos, simplemente redistribuidos; mismos rendimientos con menores insumos o mayores rendimientos con reducción de los insumos.

#### ***i. Fuente de variación de rendimiento***

Los investigadores, asesores y productores han documentado numerosas fuentes naturales e inducidas de variación en el rendimiento, mostradas en la Tabla 3.58. Sería difícil crear un ranking de estos factores basados en un impacto relativo en el rendimiento, porque estos cambian de año en año y de lote en lote.

**Tabla 3.58 - Resumen de los principales factores de variabilidad en la agricultura**

<b>Variabilidad natural</b>	<b>Variabilidad inducida por manejo</b>
<p><i>Clima</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Lluvias: Cantidad, frecuencia e intensidad</li> <li>· Radiación solar</li> <li>· Vientos</li> <li>· Temperaturas: máxima, mínima, amplitud</li> </ul> <p><i>Relación suelo/clima</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Drenaje</li> <li>· Profundidad del suelo</li> <li>· Capacidad de retención de agua</li> </ul> <p><i>Propiedades físicas y químicas del suelo</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Textura</li> <li>· Estructura y densidad de agregados</li> <li>· Profundidad de capas restrictoras</li> <li>· Disponibilidad de nutrientes</li> <li>· Materia orgánica, pH, salinidad</li> <li>· Capacidad de intercambio calórico</li> </ul> <p><i>Pendiente y posición del sitio en el paisaje</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Efecto sobre la erodabilidad, temperatura y calidad del suelo</li> </ul> <p><i>Infestación de pestes</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Malezas, insectos, enfermedades, microfauna</li> </ul>	<p><i>Condiciones del cultivo e insumos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Selección del híbrido o variedad</li> <li>· Densidad de siembra y uniformidad</li> <li>· Distanciamiento entre hileras</li> <li>· Profundidad de siembra</li> </ul> <p><i>Control de malezas.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Control de enfermedades y plagas</li> <li>· Fertilizante aplicado</li> <li>· Tipo, dosis, momento y posicionamiento del fertilizante y agroquímico</li> <li>· Eficiencia de aplicación de cada insumo</li> </ul> <p><i>Historia del lote</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Rotaciones</li> <li>· Labores y compactación</li> <li>· Años de directa y cobertura del suelo con residuos</li> <li>· Estructuras anteriores: caminos, aguadas, alambrados, etc.</li> </ul> <p><i>Prácticas culturales y/o errores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· Mala aplicación de agua de riego, fertilizantes y/o agroquímicos</li> <li>· Problemas de sembradoras o cosechadoras</li> <li>· Conservación de la humedad del suelo</li> </ul>

Como se menciona anteriormente, no todos los lotes presentan el mismo grado de variabilidad, por lo que se debe proceder de manera particular según las características de la zona en cuestión:

- **lotes con poca variabilidad:** existen campos que no poseen variabilidad de suelos, relieve, ni diferentes tipos de manejos anteriores. La prioridad en estos no debería ser llegar al manejo variable de insumos, dado que las inversiones realizadas en maquinaria difícilmente se recuperen económicamente. En cambio, se podrían estar buscando resultados sobre factores de manejo e información sobre ensayos en cultivos relacionados con distintas dosis de fertilización o diferentes velocidades de siembra, por ejemplo. Los mismos mejorarían el criterio técnico para ser más eficientes en el manejo promedio tradicional, obteniendo allí un beneficio económico concreto.
- **lotes con alta variabilidad:** cuando se presentan lotes con alta variabilidad de rendimiento, se puede recopilar información para determinar las propiedades de los diferentes sitios existentes. Los extremos serían sitios de alta potencialidad y de baja potencialidad de rendimiento, con intermedios entre ellos. Una vez

determinados con precisión, se pueden comenzar a manejar como unidades diferentes, siempre que sea posible

## *ii. Aplicación de la AP*

A continuación se describen los respectivos pasos a seguir para las dos situaciones posibles planteadas. Se observa que los pasos 1 y 2 son comunes a los dos casos, y es en este último donde termina el ciclo para un lote con poca variabilidad:

- **1ª etapa:** el monitoreo de rendimiento de las distintas zonas del lote es el punto de partida más lógico para un productor interesado en adoptar esta tecnología. Para realizarlo, mediante sensores en la cosechadora se mide el flujo de grano que entra a la tolva y se calcula el rendimiento por hectárea a medida que se cosecha. Uniendo esta tecnología con el GPS el productor puede grabar los rendimientos en cada sitio específico, mejorando la posibilidad de localizar las variaciones en el lote y de comenzar a descubrir los factores que afectan el rendimiento.
- **2ª etapa:** análisis de la variabilidad inducida y natural del lote a través de la información compilada en el paso 1, utilizando software específico y un grupo de trabajo capaz de elaborar un diagnóstico de aplicación de insumos, basado en los conocimientos agronómicos.
- **3ª etapa:** si la variabilidad natural es mayor que la inducida, se planifica y se ejecuta la aplicación variable de insumos para cada sitio del lote, a través de maquinaria equipada con sensores, actuadores y controladores.
- **4ª etapa:** evaluación de las nuevas estrategias agronómicas utilizadas, a través de un nuevo monitoreo de rendimiento.

## *iii. Áreas de aplicación de la AP*

Hasta la fecha, los principales avances en la AP se han producido en la aplicación variable (por zona) de insumos como fertilizantes, pesticidas y semilla.

- **fertilizantes y pesticidas:** la posibilidad de manejar mejor insumos de tan alto costo actual puede tener un impacto significativo en la rentabilidad de un cultivo. Adicionalmente, hay que recordar que la aplicación impropia de ambos puede tener impactos negativos en el ambiente. A la fecha, la mayor parte de la investigación y desarrollo se ha concentrado en los fertilizantes, pero de a poco

está alcanzando una mayor difusión para los pesticidas. Para estos últimos, algunos de los primeros ensayos muestran reducciones de hasta 50 % en la cantidad a aplicar.

- **siembra:** el hecho de variar la densidad de siembra basado en las características de suelo le permite al productor sembrar una mayor cantidad de semillas en zonas específicas que pueden soportar mayores poblaciones de plantas. Por otro lado, con sensores de humedad, una sembradora puede posicionar la semilla a la profundidad óptima para la germinación basado en el contenido de humedad del suelo.

#### *iv. La adopción en Argentina y los primeros ensayos*

La AP surge en nuestro país durante el año 1995, de la mano de INTA con el apoyo inicial de algunas empresas del sector privado. Desde entonces, se observa un crecimiento en la adopción de las herramientas en general, aunque más notable en algunas que en otras. Esto puede verse en la Tabla 3.59.

**Tabla 3.59 - Evolución del mercado de las herramientas de AP en Argentina**

	1997	2000	2003	2006	2007
Monitores de rendimiento	50	450	850	2.500	3.600
con GPS	25	270	600	2.200	3.300
sin GPS	25	180	250	300	300
Dosis variable: sembradoras y fertilizadoras (sólidos)	3	6	25	420	700
Dosis variable: fertilizadoras (líquido)				80	215
Monitores de siembra interactivos	400	1.000	1.800	4.200	6.500
Banderilleros satelitales en aviones	35	160	300	550	680
Banderilleros satelitales en pulverizadores	0	200	2.000	5.000	7.600
Guía automática	0	0	0	50	190
Sensores de N en tiempo real	0	2	6	12	15
Sensores de electro conductividad	0	0	0	2	4

Ante el fuerte incremento del costo de la tierra experimentado en el país en los últimos años, los productores necesitan obtener buenos rendimientos año a año y minimizar sus costos, de forma tal de lograr la mayor rentabilidad posible. El uso de herramientas como las que involucra la AP ayudan a poder cumplir este objetivo. Por otro lado, en el país existen ciertas barreras que pueden evitar una adopción en línea con la de países más desarrollados:

- el riesgo del país para inversiones de importancia.
- el poco apoyo reciente al sector agropecuario.

- el mayor costo de inversión relativo en equipos, ya que los mismos son en su mayoría importados.
- las altas tasas de interés y la dificultad en la obtención de créditos.
- la menor variabilidad de los suelos inducida por manejo.
- la gran proporción de servicios proveídos por contratistas, que en muchos casos.
- no están interesados en incorporar tecnología de punta.

#### *v. Ensayos de AP*

Se eligen dos ensayos realizados por el INTA en Argentina en los últimos años con el objetivo de demostrar que la AP puede ser viable, tanto técnica como económicamente. En ambos casos se analiza la aplicación de insumos en forma variable para el cultivo de maíz.

##### a. Fertilización variable en maíz

Se trabajó con distintos planteos de fertilización, en dosificación variable, por un lado, y en fija por el otro. En el caso de la fija, la misma consistió en aplicar el fertilizante de igual forma en todos los sitios identificados en el lote. La variable consistió en aplicar el fertilizante según las características de cada sitio, utilizando cantidades mayores en los lugares con alto potencial de rendimiento. El rango de aplicaciones se ubico en valores distintos en aproximadamente un 20% de una dosis base definida. A pesar de las diferencias señaladas, los insumos aplicados en promedio en ambos tratamientos fueron similares. El ensayo se realizó con 3 repeticiones, siendo los principales parámetros y resultados obtenidos los detallados a continuación y en las Tablas 3.60 y 3.61.

#### **1. Parámetros:**

- **dosis base:** 92 kg/ha de mezcla y 50 kg/ha de FDA para la zona donde el maíz del año anterior había rendido menos de 90 qq/ha.
- **dosis del tratamiento testigo (dosis fija):** 120 kg/ha de mezcla y 65 kg/ha de FDA.
- **densidad de siembra:** 95.000 semillas/ha para todos los casos.

**Tabla 3.60 - Aplicación de fertilizantes por zona en dosis variable**

<b>Zona</b>	<b>Mezcla FDA</b>	
A	92	50
B	150	80
C	130	70
D	110	60
<b>Promedio</b>	<b>120</b>	<b>65</b>
<b>Dosis Fija</b>	<b>120</b>	<b>65</b>

## 2. Resultados

A continuación se detallan los rendimientos obtenidos en las distintas repeticiones del ensayo

**Tabla 3.61 - Resultados de las distintas repeticiones del ensayo**

<b>Repetición</b>	<b>Zona Norte</b>	<b>Zona Sur</b>	<b>Promedio</b>
1 Dosis Variable	140	137	138
1 Dosis Fija	141	133	137
2 DV	141	132	137
2 DF	132	128	130
3 DV	134	124	129
3 DF	132	129	130

Si se tienen en cuenta todas las repeticiones del ensayo, el rinde promedio resulta de 13,5 tn/ha para la dosis variable y de 13,2 tn/ha para la dosis fija, es decir un resultado 2% superior habiendo utilizado la misma cantidad de insumos. Esto genera un aumento en la eficiencia energética.

### b. Rentabilidad de la inversión en sembradora

Se detalla a continuación un estudio que considera a un productor que considera implementar la AP, más precisamente la dosificación variable. Esto último implica la compra del equipo correspondiente, por lo tanto se plantea un análisis económico en base a los resultados de un ensayo a campo, para evaluar la rentabilidad de una inversión de este tipo.

Para poder realizar el análisis, se utilizó el sistema de presupuestos parciales, en forma similar al de la compra del equipo de riego. En cuanto a la inversión inicial, no sólo es necesario incluir la compra de los equipos sino también el capital de trabajo necesario para poner en funcionamiento la empresa. En este último aspecto, se considera el costo de implementación de la AP en el primer año, que incluye un muestreo realizado

mediante dos pinchazos por hectárea, un análisis de suelo cada 5 hectáreas y el posterior procesamiento de datos en un día de laboratorio independientemente de la cantidad de hectáreas. Las Tablas 3.62, 3.63 y 3.64 muestran los datos más relevantes del estudio.

**Tabla 3.62: Detalle del costo de implementación de la AP**

Costo implementación	Un.	\$/un	\$/ha
Muestreo	2	1	2
Análisis	0,2	60	12
Días de laboratorio	1	100	100

**Tablas 3.63 y 3.64: Parámetros productivos y resultados obtenidos**

Zona	Dosis variable					Promedio	Dosis Fija
	1	2	3	4	5		
% superficie	16%	34%	21%	8%	21%	100%	
<b>Insumos</b>							
Fertilizantes							
Urea - kg	0	190	0	95	60	85	100
MAP - kg	0	50	50	50	50	42	80
Semilla - #	40.000	85.000	60.000	75.000	75.000	69.705	80.000
Rinde - tn/ha	5,9	10,5	7,5	8,5	9,1	8,7	
<b>Resultados dif. (ar\$/ha)</b>							
Ingreso	-92	122	-77	-115	0	2	
Costos	426	-104	266	69	115	118	
Semilla	193	-24	96	24	24	50	
Urea	131	-118	131	7	52	20	
FMA	102	38	38	38	38	48	
<b>Margen</b>	<b>334</b>	<b>19</b>	<b>188</b>	<b>-46</b>	<b>115</b>	<b>119</b>	

Hectáreas trabajadas	500
ar\$	
Capital de trabajo	8.570
Inversión equipo	26.820
<b>Inversión inicial</b>	<b>35.390</b>
<b>Flujo diferencial anual</b>	<b>59.742</b>
Período analizado	5 años
<b>VAN</b>	<b>68.130</b>
<b>TIR</b>	<b>83%</b>

Con estos resultados, queda en claro que más allá de permitir aumentar la eficiencia en el consumo de ciertos insumos, la AP puede resultar una herramienta importante si lo que se busca es maximizar la rentabilidad de la empresa y aumentar su valor.

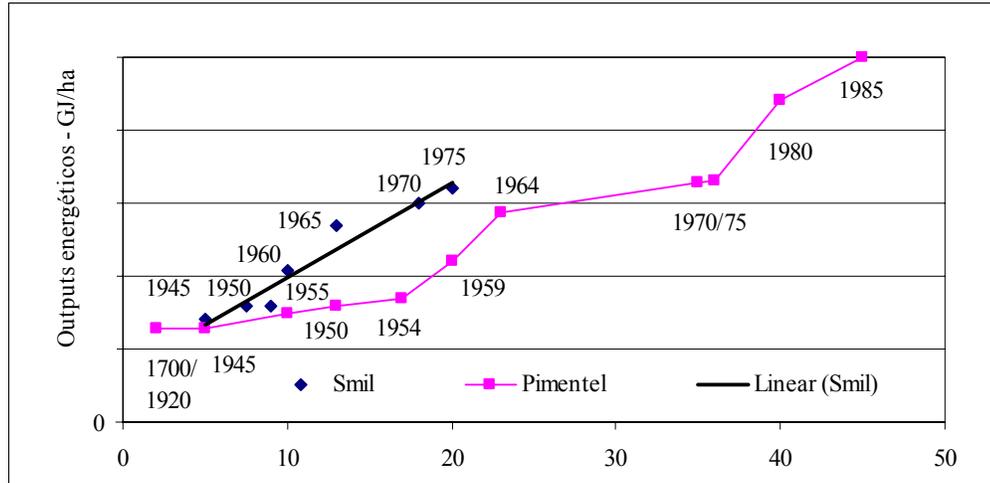
### **3.7 Evolución histórica de la eficiencia**

En cuanto a la evolución histórica del consumo energético, uno de los pocos estudios completos que existen en la actualidad es el maíz en EE.UU. de Pimentel (1973). El autor analiza el período 1945-1970, determinando los valores correspondientes a cada período en base a datos de los planteos característicos, buscando determinar si los retornos en términos de energía disponible en el cultivo/energía utilizada (uno de los criterios utilizado en la presente Tesis) han ido disminuyendo o aumentando. La conclusión a la que llega el autor es que este indicador ha variado de 3,7 en 1945 a 2,8 en 1970, es decir que el mayor uso de energía en la agricultura implica una mayor ineficiencia. Estas conclusiones no son compartidas por otros especialistas, que han propuesto algunas mejoras en el modelo original en pos de una mayor precisión en el análisis. A continuación se mencionan las principales sugeridas por Smil (1983):

- la producción de fertilizantes nitrogenados, como se explica anteriormente, muestra un incremento de eficiencia en el tiempo. El autor estima entonces que entre 1945 y 1974, el input energético correspondiente a estos insumos disminuye en un tercio. Esto tiene un impacto considerable, ya que en 1970 se estima que los fertilizantes eran responsables por un 30% del consumo energético total del maíz.
- se contaba la electricidad necesaria para el riego dos veces.
- no se cuantificaban apropiadamente los efectos del reemplazo de motores a nafta por motores gasoil y la menor intensidad de las labranzas (SD).

Con estos ajustes, Smil llega a consumos de energía menores y, por ende, mayores retornos que el estudio original. Los mismos no muestran una disminución con el tiempo, sino que más bien han permanecido relativamente constantes. Por otro lado, estudios posteriores realizados por Pimentel en 1990, muestran retornos crecientes para la década del '80. En el Gráfico 3.24 se pueden ver las conclusiones principales de ambos autores, la recta que incluye los períodos anotados es la correspondiente a los estudios de Pimentel.

**Gráfico 3.24 - Relación output/input histórica para el cultivo de maíz en USA**



### 3.8 Desarrollos potenciales

Por ultimo se mencionan brevemente dos alternativas en estudio en la actualidad que se estima tienen potencial para reducir el consumo de energía en la agricultura y aumentar la sustentabilidad

#### *i. Cultivos perennes*

Los cultivos que representan la mayor parte de la producción agrícola mundial deben ser resembrados año a año. Los especialistas sostienen que esto tiene que ver con los procesos de selección llevados a cabo desde los comienzos de la agricultura en busca de cualidades como mejores rindes, algo que no podía realizarse en cultivos perennes. Si embargo, como se ha visto, los cultivos anuales requieren de inputs energéticos considerables y colaboran con la degradación progresiva de los suelos. Es por eso que diversos científicos están trabajando en el desarrollo de variedades perennes de los principales cultivos, es decir, variedades que no necesitan sembrarse año tras año.

Se observa que este tipo de cultivos presentan particularidades llamativas, como en el caso de los pastizales naturales que cubren la tierra no sembrada, que pueden ofrecer productividades razonables de biomasa sin necesidad de grandes cantidades de insumos artificiales. La razón principal se encuentra en la profundidad que alcanzan las raíces en los cultivos perennes, que les permite captar nutrientes en una mayor porción de suelo y sostener poblaciones de microorganismos en muchos casos beneficiosos. Esto resulta especialmente importante en zonas marginales o degradadas.

La investigación en este campo todavía está en sus comienzos, por lo que podrían pasar décadas hasta que se logren desarrollos comerciables. Sin embargo, muchos científicos son optimistas ya que toman como referencia a lo logrado por la genética en cultivos anuales en las últimas décadas.

### *ii. Agricultura vertical*

Esta alternativa se propone como respuesta a las ya señaladas disminución de la superficie disponible para la agricultura, altos costos del transporte de alimentos para una población crecientemente urbana y necesidad de aumentar la producción. En síntesis, consiste en el diseño de edificios con cultivos en centros urbanos, lo que se explica permitiría garantizar la obtención de alimentos de calidad durante todo el año. Adicionalmente, se estaría mejorando la sustentabilidad de la producción ya que se contempla la instalación de sistemas para aprovechar los desechos de la granja y urbanos y hacer un uso inteligente del agua y la energía. Las granjas prototipo que se plantean son de aproximadamente 30 pisos, en teoría suficientes para alimentar a 50.000 personas.

La tecnología base que permitiría la producción se denomina agricultura hidropónica y ya existe en la actualidad. La misma consiste en utilizar soluciones minerales acuosas en reemplazo de la tierra. Por otro lado, la producción en ambientes cerrados como los invernaderos se viene llevando a cabo desde hace unas décadas. En los mismos se utilizan sistemas de regulación de la entrada de luz para optimizar el desarrollo de los cultivos y se logran economías en el uso de agua de hasta el 90% con respecto a las granjas de campo. Lo que se agrega en la agricultura vertical es la escala, que resulta mucho mayor, y los sistemas de reciclaje ya mencionados.

A pesar de todo lo mencionado, algunos especialistas que han analizado estos sistemas tienen dudas de que el balance energético resulte tan favorable como lo plantean los que los apoyan, que sostienen que la energía generable a partir de los residuos duplicaría las necesidades de la granja. Por otro lado, los altos costos de desarrollo, que podrían ser de 30 millones de dólares por cada edificio, podrían resultar una barrera en algunos países si no se cuenta con apoyo firme por parte del Estado.

#### 4. USO DE ENERGÍA EN PRODUCCIÓN PRIMARIA PECUARIA

En los sistemas de producción pecuaria modernos, gran parte de la energía se emplea en la producción y el transporte hacia los centros productivos de los alimentos necesarios, ya sean pasturas, forrajes, o productos concentrados. Otros consumos provienen de inputs tales como la electricidad y los combustibles utilizados en las explotaciones de mayor intensidad para ventilación y calefacción. La producción se lleva a cabo en distintos tipos de establecimientos, que integran en mayor o menor medida los procesos de reproducción (cría), desarrollo y engorde de los animales. En esta sección, este trabajo hará foco en la producción en Argentina, ya que a diferencia de lo que sucede con la agricultura, los datos de otros países no son tan sencillos de conseguir.

- **Consumos energéticos en la cría:** la cría involucra la etapa de desarrollo del animal desde su concepción hasta que abandona el cuidado de su madre/padre. Para esta etapa, además del consumo de insumos propio del animal a ser pasado a desarrollo y poder ser faenado, hay que considerar el de la madre y el padre, por motivos obvios. Generalmente, el de este último puede despreciarse debido a que un solo padre puede procrear con varias madres en cada temporada. Por otro lado, se debe tener en cuenta que en la práctica se debe mantener un determinado plantel reproductor de reposición, ya que existe una vida útil de los vientres. Todos estos consumos se asignan proporcionalmente a cada animal que sale de esta etapa, por lo que factores productivos como la cantidad de crías/año producidas o la mortandad pueden generar diferencias en la eficiencia del consumo energético.
- **Consumo en el desarrollo y engorde:** en esta etapa se considera solo el consumo de insumos del animal a ser faenado, desde que abandona el cuidado de sus procreadores hasta su matanza. Existen factores como el peso de faena y nuevamente la mortandad que pueden afectar la eficiencia de esta etapa.

Todos estos distintos pasos pueden insumir una cantidad de tiempo, como se observa en la Tabla 4.1, y tierra necesaria distinta, según el animal en cuestión y la intensidad de la modalidad productiva elegida. Esto es importante, ya que en algunos casos la mayor intensidad productiva permite lograr economías en estos aspectos.

**Tabla 4.1 - Duración del ciclo productivo de las especies de mayor difusión**

Etapa	Cría	Crecimiento	Engorde	Preñez	Embarazo	Parición
Vaca reemplazo	0-7	7-15	n.a.	15-18	18-24	24-26
Ternero pastura natural-feedlot	0-7	7-18	18-23			
Ternero pastura cultivada-feedlot	0-7	7-14	14-20			
Ternero 100% feedlot	0-7		7-17			
Cerdos ciclo completo	0-1	1-3	3-6			
Cerdas reemplazo	0-1	1-6	n.a.	6-8	8-10	10-12
Pollo: desde incubadora a faena	0-1		1-2			

#### 4.1 Consumos energéticos en la producción de alimentos

Tradicionalmente, la producción pecuaria se ha basado en recursos alimenticios disponibles localmente y carentes de valor para la alimentación humana como las pasturas y los residuos de cosechas. Hoy en día, en cambio, aunque las especies rumiantes siguen dependiendo en gran parte de estos recursos, la producción de monogástricos ha reducido significativamente el consumo de los mismos y aumentado el de alimentos concentrados comercializados a nivel local o internacional. Es por eso que actualmente existe una presión doble sobre el territorio agrícola mundial por parte de la ganadería:

- por un lado, la superficie de pasturas asciende globalmente a 35 millones de km<sup>2</sup>, equivalentes a un 26% de la superficie libre de agua mundial.
- por el otro, las tierras de cultivo destinadas a la producción de granos para alimentación pecuaria totalizan unos 4,7 millones de km<sup>2</sup>, que equivalen a un 4% de la misma superficie y a 33% de la tierra cultivable mundial.

##### 4.1.1 Pastos y forrajes

Los pastizales han sido históricamente la fuente de alimento natural de la producción ganadera, debido que a excepción de las zonas desérticas y los bosques densos, están presentes ampliamente en todas las regiones en alguna extensión. Sin embargo, por el avance de la superficie sembrada con cultivos y de las áreas urbanas, el sobrepastoreo y los incendios en los últimos las tierras de pastoreo se han visto reducidas y degradadas.

Los pastizales se agrupan en tres categorías:

- **Pastizales extensivos en áreas marginales:** esta es la categoría más grande en cuanto a superficie, ocupando un 60% de todas las tierras de pastoreo mundiales (80% en los países desarrollados y 50% en los en desarrollo). Un estudio

reciente sugiere que el desarrollo de estos sistemas ha alcanzado, en mayor o menor medida, los límites impuestos por factores como el clima y el suelo, limitando cualquier crecimiento significativo de los mismos a futuro.

- **Pastizales extensivos en áreas con alto potencial:** los pastos pertenecientes a esta categoría se encuentran predominantemente en los climas tropicales húmedos y subhúmedos, y en algunas zonas de Europa occidental y EE.UU. Dado que la producción de biomasa es continua, a diferencia de los anteriores, se pueden utilizar durante todo el año.
- **Producción intensiva de pastos cultivados:** esta se lleva a cabo donde las condiciones climáticas, económicas e institucionales son favorables y la tierra es escasa, características propias de regiones como la UE y América del Norte. Utilizando altos niveles de fertilizantes minerales y mecanización, se suelen obtener altos rendimientos de biomasa. En algunos casos, la producción intensiva de forrajes también se utiliza para abastecer a determinadas industrias de elaboración, tales como las de deshidratación de alfalfa o compactación de heno.

Como se señala, la mayor parte de los pastizales mundiales no presenta intensificación productiva, ya que se trata de zonas poco fértiles donde una mayor inversión en manejo no puede recuperarse. Aunque para los mismos, en algunos casos, existen técnicas de bajo costo para mejorar la productividad, como las quemadas controladas y el desmonte de maleza, estas pueden incrementar la erosión del suelo y reducir la cubierta de árboles y arbustos, por lo que en lo posible deben ser de uso limitado.

A futuro, sin embargo, como se estima que el número de animales en pastoreo aumentará producto de la mayor demanda de carne en general, se necesitará una mayor disponibilidad de pastizales. Por lo mencionado, la única alternativa viable disponible es continuar y profundizar la intensificación de la producción de los mismos en las tierras más adecuadas. Se estima que mejorando la genética de los pastos y realizando un mejor manejo de los mismos existe un espacio muy significativo para poder cumplir con las exigencias de las próximas décadas.

En cuanto a los forrajes, desde hace unas décadas se observa un uso cada vez mayor de los mismos. Existen dos tipos principales:

- uno consiste en pasto cosechado y guardado, generalmente en forma de rollos, que se utiliza para cubrir la menor productividad de materia seca en el invierno.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- el otro proviene de cultivos graníferos, como los silajes de maíz y sorgo y la alfalfa. El silaje consiste en el almacenamiento de la planta entera del cultivo en cuestión, que provee un alimento energético de bajo tenor proteico. El uso de este tipo de forrajes suele ser como suplemento alimentario de las pasturas, para permitir una mayor productividad del ganado. En cuanto al manejo de los mismos, suele ser similar al de los cultivos agrícolas en cuanto a la intensidad.

En Argentina, se observa un uso cada vez mayor de silaje de maíz. Hoy en día, aproximadamente el 20% del área sembrada con maíz está destinada a silaje, concentrándose el 90% en Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe. Algunos datos interesantes a considerar son:

- el 32% de la leche proviene de silaje.
- el 85% de los tambos suplementa con silaje.
- el 10% de la carne vacuna proviene de silaje

### ***i. Consumo de pasturas por especie***

#### **a. Vacunos**

Gracias a su complejo sistema digestivo, compuesto por 4 estómagos, el ganado vacuno puede procesar adecuadamente las pasturas para obtener su alimento. Es por eso que tradicionalmente, estas han sido la base de la alimentación de esta especie. Hoy en día, aunque esto sigue siendo cierto, muchos productores optan por reemplazar a las pasturas por alimentos balanceados en algunas etapas como el engorde reduciendo, como se ha visto, el tiempo para poder faenar y el área necesaria por animal. Esta alternativa se analizará más adelante.

Como regla general a nivel mundial, la cría sigue siendo a base de pasturas, llevándose a cabo en las áreas de menor productividad relativa de forma tal de reservar las mejores tierras para el uso potencial de la recría y el engorde. Argentina no es la excepción y es por eso que el pastizal natural suele ser el principal componente de la dieta para el ganado de reproducción y los terneros. En este tipo de pasturas la producción y calidad del forraje es alta en primavera pero decrece en verano, debido a la maduración y floración de las gramíneas. Es por eso que en las últimas décadas, productores de avanzada han comenzado a utilizar adicionalmente pasturas cultivadas, la fertilización de los pastizales y la suplementación con forrajes. Esto ha permitido mejorar notablemente la productividad. En cuanto al engorde, muchas veces los tiempos de

producción y las características de los animales dificultan la terminación a base de pasturas exclusivamente, por lo que generalmente se recurre a su uso complementado con otros alimentos, como se ha mencionado.

En cuanto a la producción lechera, al ser generalmente confinada, se observa una menor proporción de pasturas y la base forrajera es el maíz, en grano y silaje.

#### b. Porcino y avícola

Como se ha mencionado anteriormente, estos animales no pueden aprovechar adecuadamente las propiedades nutritivas de las pasturas, por lo que su alimentación se basa en distintas combinaciones de granos en la gran mayoría de los casos. Sin embargo, en porcinos algunos especialistas mencionan una tendencia de años recientes

#### ii. Consumo de energía en pasturas

Como se ha mencionado, existe una amplia variedad de alternativas de manejo productivo en los pastizales. En las Tablas 4.2, 4.3 y 4.4 se detallan algunas de las principales, junto con los inputs necesarios en cada caso y sus consumos energéticos. Los datos han sido obtenidos de un estudio de bastante profundidad realizado en Inglaterra y al comparar con planteos locales se cree que son representativos.

**Tablas 4.2 a 4.4 - Parámetros productivos y equivalentes energéticos**

<b>Inputs - Consumo energético (MJ)</b>	
<b>Operaciones</b>	
Siembra pastura	
<i>Labranza convencional</i>	5.199
<i>Labranza reducida</i>	3.103
<i>Siembra directa</i>	879
Aplicación insumos	
<i>Fertilizantes</i>	106
<i>Pesticidas</i>	114
<i>C. de Calcio (1 vez cada 7 años)</i>	335
Otras operaciones	
<i>Escarificado</i>	199
<i>Enrollado</i>	198
<i>Cortado</i>	222
<i>Remoción heno</i>	216
Cosecha	
<i>Cortado</i>	344
<i>Cosecha</i>	1.956
<i>Rastrillado</i>	213
<b>Insumos</b>	
Semillas (25 kg/ha)	429

## Uso de energía en el sector de alimentos

<b>Conjuntos de operaciones</b>		
<b>Establecimiento pasturas</b>		
Siembra pastura		1
<i>Convencional</i>		0,5
<i>Reducida</i>		0,4
<i>SD</i>		0,1
Grass roller		1
Semillas (25 kg/ha)		1
Aplicación insumos		
<i>Fertilizantes</i>		1
<i>Pesticidas</i>		1
<i>C. de Calcio (1 vez cada 7 años)</i>		1
<b>Consumo energía - MJ</b>		<b>5.110</b>
<b>Operaciones anuales</b>		<b>Cosecha</b>
1) Zona baja		Cortado
Aplicación insumos		Cosecha
<i>Fertilizantes</i>	4	Rastrillado
Otras operaciones		<b>Consumo energía - MJ</b>
<i>Escarificado</i>	1	<b>2.514</b>
<i>Enrollado</i>	1	
<b>Consumo energía - MJ</b>	<b>820</b>	
2) Zona alta		
Aplicación insumos		
<i>Fertilizantes</i>	2	
<b>Consumo energía - MJ</b>	<b>211</b>	

	Duración estab.	Operaciones anuales	Cosecha	Kg nutriente			Rinde t MS/ha	C. energía MJ/t MS
				N	P	K		
<b>Pasturas</b>								
Loma	100	Ninguna	no	0	2	5	1,5	120
Zonas altas	20	Zonas altas	no	78	10	24	8,0	553
Zonas bajas (carne)	20	Zonas bajas	no	75	10	23	7,6	553
Zonas bajas (leche)	20	Zonas bajas	no	114	11	27	9,0	678
<b>Silajes</b>								
Zonas altas	10	Zonas altas	si	284	31	244	10,3	1.446
Zonas bajas	5	Zonas bajas	si	271	29	233	9,8	1.464

### 4.1.2 Granos

El uso de alimentos provenientes del cultivo de cereales y oleaginosas en la ganadería se ha incrementado rápidamente durante las últimas décadas. Las causas principales de este fenómeno son:

- el crecimiento de la demanda de productos pecuarios.
- la insuficiente capacidad de la alimentación tradicional para suministrar los niveles de cantidad y calidad requeridos para el nuevo contexto.

- la evolución decreciente en el precio real de los cereales en las últimas décadas.
- la intensificación productiva del sector pecuario en general.

En este aumento del uso, se distinguen dos períodos bien marcados. Hasta 1980, a escala mundial la cantidad de grano consumida en la producción pecuaria creció a un mayor ritmo que la producción total de carne. Desde ese momento, el ritmo ha sido menor comparativamente. Esto se explica principalmente por el mayor peso concedido a la producción avícola, que es la de mayor eficiencia en la utilización de los alimentos, y al mayor uso de subproductos de soja en las mezclas, que también contribuyen a una mejor eficiencia.

A pesar de la estabilización en el crecimiento del consumo, como se ha mencionado anteriormente actualmente el sector está utilizando una cantidad considerable de la producción agrícola anual. Entre los cereales, el maíz y la avena son los utilizados principalmente y en las oleaginosas es notable el incremento del uso de la soja, principalmente en forma de harina o expeller. En ambos casos, el consumo es principalmente para cerdos y aves de corral, que basan su dieta en estos insumos, mientras que para rumiantes se utilizan más que nada como suplemento alimenticio a las pasturas y forrajes. A futuro, se estima que la fabricación de alimentos pecuarios siga siendo una de las mayor fuerzas catalizadoras de la agricultura, incluso mostrando un crecimiento en el consumo como porcentaje de la demanda agregada. A esto hay que agregarle el efecto que tendrá un el crecimiento esperado del uso de insumos agrícolas en la acuicultura, que se analiza más adelante en este trabajo.

Por último, se menciona brevemente a los subproductos de los cultivos, residuos de la cosecha que generalmente no son aprovechados. Aunque algunos estudios consideran que se podrían utilizar en una mayor cantidad que la actual, especialmente en el caso del ganado bovino, no existen estudios concretos al respecto por lo que no se los analizará en este trabajo.

Los granos pueden ser utilizados en forma directa, pero generalmente son consumidos bajo la forma de alimento balanceado.

#### ***i. Alimentos balanceados***

Los estudios realizados sobre la alimentación de las distintas especies pecuarias se concentraron en un comienzo en los requerimientos de energía y proteína, que determinaban que cantidad y tipos de grano eran necesarios a grandes rasgos. A medida que se fue intensificando la producción, se pudo adquirir un conocimiento cada vez

## Uso de energía en el sector de alimentos

mayor de las necesidades de aminoácidos, minerales y vitaminas, lo que permitió “balancear” la formulación de alimentos, según la especie y para cada etapa de su desarrollo. Los alimentos balanceados modernos están compuestos por:

- granos (fundamentalmente maíz y soja, como se ha señalado). Estos son el mayor componente de los alimentos por volumen y proporcionan nutrientes de todo tipo.
- un núcleo vitamínico mineral que aporta los micronutrientes necesarios para el desarrollo del animal, como aminoácidos esenciales azufrados. Adicionalmente, en el mismo pueden aparecer componentes conocidos como aditivos. Existen 3 tipos principales de estas sustancias:
  - auxiliares: mejoran el grado de asimilación y la calidad del alimento. Algunos ejemplos son antioxidantes, emulsionantes y conservantes.
  - profilácticas: tienen actividad antiparasitaria. Son inocuas para el consumo humano.
  - promotores de crecimiento: aditivos que sirven para mejorar el crecimiento y la absorción de nutrientes, que se usan a muy bajas dosis.
- un concentrado proteico de origen animal y vegetal.

Para simplificar los cálculos del consumo energético de las dietas, de todos estos ingredientes solo se considerarán los componentes de origen agrícola, ya que por un lado son los de mayor relevancia y por el otro son los únicos donde ha sido posible determinar la necesidad de energía en su producción con cierto grado de precisión. A este consumo se le puede agregar:

- en los alimentos que contienen productos industriales, como harina de soja o gluten de maíz, el consumo en la cadena de procesamiento de los granos para obtenerlos.
- en los alimentos con ingredientes diversos, el del mezclado de los mismos para obtener un alimento final de composición uniforme.
- el del transporte de los alimentos a las granjas y dentro de las mismas. En este punto existe una eficiencia en países como Argentina, que se autoabastecen de

alimentos, con respecto a otros países con condiciones distintas. Por ejemplo, un estudio de 2004 estimó que el costo energético del transporte de harina de soja desde el Mato Grosso (Brasil) hasta las granjas lecheras de Suecia requiere de 2.900 MJ/tn, de los cuales el 70% resultan del transporte marítimo.

## *ii. Consumo de granos por especie*

### *a. Vacunos*

Como se mencionó anteriormente, para esta especie el consumo de alimentos preparados generalmente se concentra en la etapa de desarrollo y engorde, aunque los productores más avanzados también los utilizan en la cría. El motivo principal que ha llevado a la adopción de este tipo de alimentación en animales es que en muchos casos la terminación solo en base a pastoreo se complejiza y adicionalmente requiere de un gran espacio. Sin embargo, pueden existir otras razones para la adopción de esta alimentación como la conversión de granos en carne para valorizar los mismos y el abastecimiento de mercados que demandan carnes con las características que otorga el consumo de granos.

En el engorde y desarrollo, las dietas utilizadas en los países analizados suelen tener como base al maíz, poseen un alto contenido energético y pueden diferenciarse dos tipos de planteo principales:

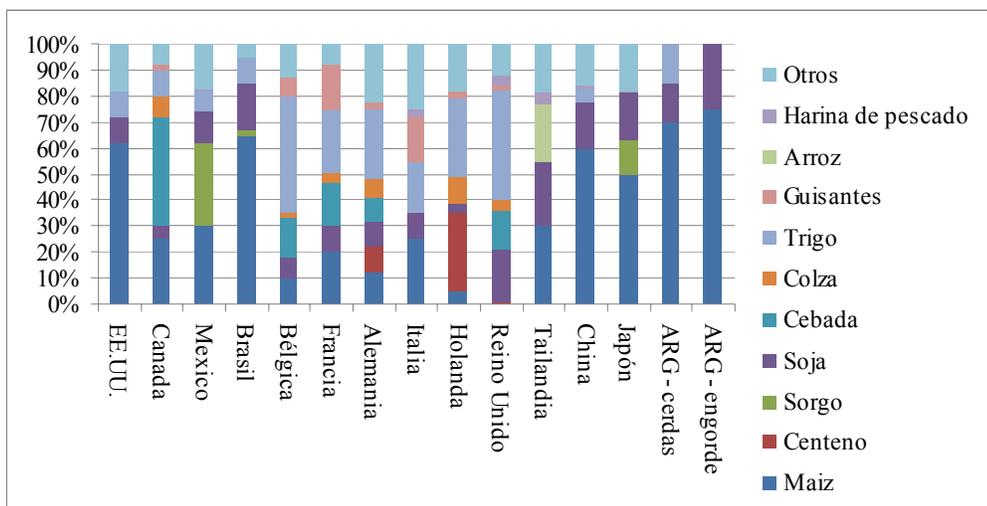
- sistemas semi-extensivos con suplementación, similares a los analizados con pasturas, pero donde el suplemento es a base de grano.
- sistemas intensivos, con unidades de producción conocidas como corrales o feedlots. Los mismos no necesariamente deben contar con instalaciones fijas con piso de cemento y comederos caros, como en los sistemas intensivos que se observan en los monogástricos, pudiendo ser simples y móviles. Como principal punto en contra, hay que aclarar que en los mismos con frecuencia superan ampliamente la capacidad de las tierras circundantes para absorber los nutrientes, produciéndose un alto impacto ambiental.

En cuanto a Argentina, hay que destacar que el país es uno de los primeros países de Latinoamérica donde se instauró el sistema de engorde a corral, debido al notable potencial existente por el rol del país como productor de cereales e importante molinero.

b. Porcino

Hoy en día, los planteos porcinos de gran escala a nivel mundial suelen ser en su mayoría bajo la modalidad de confinamiento para todas las etapas y el alimento es casi exclusivamente a base de granos y otros productos agrícolas (pasturas se utilizan en muy pocos casos). Las diferentes ventajas comparativas en la producción agrícola, junto con las condiciones para su comercialización, dan como resultado diferentes raciones a nivel mundial. Sin embargo, en el Gráfico 4.1 se observa que para los países analizados en este trabajo la composición de los alimentos es relativamente similar.

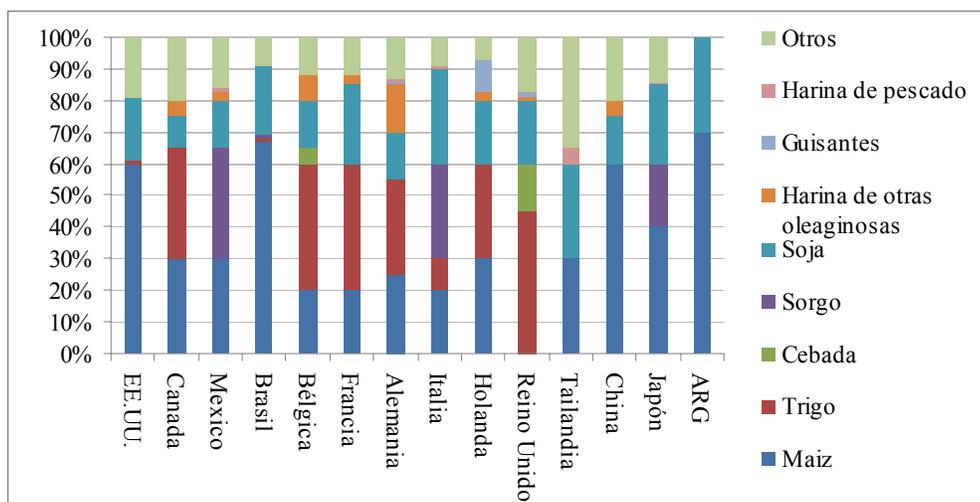
**Gráfico 4.1 - Composición actual de raciones para ganado porcino, por peso y región**



**3. Avícola**

En avicultura la situación es muy similar a la planteada para los porcinos, como muestra el Gráfico 4.2

**Gráfico 4.2 - Composición actual típica de raciones para ganado avícola, por peso y región**



c. Consumo de energía en la fabricación de alimentos en Argentina

1. *Secado de granos*

Después de ser cosechados, los granos utilizados para la fabricación de alimentos deben ser secados para poder lograr que cumplan con las características necesarias antes de su ingreso al proceso industrial. Para determinar el consumo de energía en esta etapa también se trabaja con datos del INTA, provenientes de un estudio reciente. En el mismo, se definieron cuantos puntos porcentuales de humedad son extraídos para cada cultivo a partir de consultas con especialistas de la industria del acopio y manejo de granos. En el caso particular de la soja se consideraron dos etapas distintas: la soja que es cosechada (secado desde 16% hasta 13%) y la soja que es secada previa a su industrialización, a humedades inferiores (13% hasta 11%). Los datos se muestran en la Tabla

**Tabla 4.5 - Resumen de datos de secado en Argentina, año 2007**

	Secado/Prod.	% humedad secada
Trigo	32%	2%
Maíz	75%	5%
Soja húmeda	25%	3%
Soja industria	75%	2%

Los 4 combustibles comúnmente usados para el secado de granos en Argentina son:

## Uso de energía en el sector de alimentos

- **Gasoil:** este fue el principal combustible en el pasado pero en los últimos años la mayor parte del parque de secadoras nacionales se ha reconvertido de gasoil a gas (envasado o natural). Sin embargo existe un cierto número de secadoras en acopios y parte de la industria que aun funcionan con gasoil, principalmente en el interior del país.
- **Gas licuado de propano (GLP):** provisto en forma líquida a alta presión contenido en tanques o cisternas.
- **Gas natural (GN):** provisto en estado gaseoso a baja presión por la red de gasoductos que abastece a gran parte del país.
- **Cáscara de girasol:** este producto de desecho del proceso de extracción de aceite del girasol es usado por algunas industrias aceiteras como combustible para secadoras modificadas para su uso.

Para poder calcular la energía requerida en este proceso para cada cultivo se estima en primer lugar la distribución porcentual por fuente del uso de combustible. Luego, considerando por un lado una eficiencia de secado de 4.650 MJ/kg de agua para todos los cultivos y por el otro los volúmenes requeridos y equivalentes energéticos del gasoil, el GLP y el GN se calcula en la Tabla 4.6 la energía necesaria para secar los granos.

**Tabla 4.6 - Consumo de energía en el secado de granos en Argentina, año 2007**

2007	Combustible (% por fuente)				Gasoil	GLP	GN	Energía
	Gasoil	GLP	GN	Cáscara	MM lt.	MM lt.	MM m3	MJ/tn
Trigo	8%	37%	55%	0%	1	7	7	108
Maíz	8%	37%	55%	0%	6	38	38	247
Soja húmeda	8%	37%	55%	0%	4	23	23	161
Soja industria	0%	0%	80%	20%	0	0	65	105

### 2. La industrialización de la soja

Como se menciona anteriormente, aproximadamente el 85% de la soja producida anualmente en el mundo finaliza en la molienda industrial. Durante dicho proceso, la semilla de soja se limpia, rompe y descascara en copos con una prensa. Esto rompe las células para permitir una extracción eficiente de aceite, insumo que participa en la posterior formulación de productos tan variados como la margarina, biodiesel y aceites para cocinar. Después de extraer dicho aceite, el subproducto excedente se puede utilizar para alimentación animal o consumo humano. En Argentina, la soja utilizada como alimento de ganado suele ser consumida bajo la forma de expeller, insumo que a

diferencia de otras presentaciones como la harina no requiere del agregado de solventes en el proceso. En promedio, a partir de 100 Kg. de porotos de soja se pueden obtener 83 Kg. de expeller. En la Tabla 4.7 se realiza el cálculo del consumo energético para este producto, en base a los datos estimados para la producción argentina de soja y los de un estudio descriptivo del proceso industrial para 1 tn de aceite. Se observa que es necesario realizar una asignación de dicho consumo, ya que el proceso tiene dos productos finales (expeller y harina).

**Tabla 4.7 - Cálculo del consumo energético en la producción de expeller de soja**

<b>Modelo para expeller</b>	<b>Unidad</b>	<b>Dato</b>
Energía para prod. soja	MJ/tn	1.106
Proceso planteado para	tn aceite	1
Rendimiento aceite		13%
Necesito de grano	tn	7,7
Subproductos		
Expeller soja	tn	6,4
Rendimiento expeller		83%
Energía consumida		26.510
<i>MP</i>	MJ/tn ac.	8.510
<i>Proceso</i>	MJ/tn ac.	18.000
Asignación energía		Asignada
<i>Expeller</i>		56%
<i>Aceite</i>		44%
Consumo energético		
<i>Expeller</i>	MJ/tn	2.325
<i>Aceite</i>	MJ/tn	11.665

### 3. Mezclado de los componentes

Los alimentos utilizados en la producción pecuaria moderna deben tener una composición lo más homogénea posible y ser presentados de forma tal que permitan una digestión óptima. Para esto, es necesario un procesamiento que tiene un consumo de energía asociado estimado por un estudio de 2005 en 650 MJ/tn.

### 4. Transporte de los componentes

Para poder producir los alimentos, se necesitan dos etapas de transporte. La primera es la originada en los establecimientos agrícolas y terminada en las plantas de producción de alimentos. La segunda es la originada en las mencionadas plantas y terminada en los

establecimientos pecuarios. Resulta muy difícil realizar estimaciones con respecto a este punto, pero se consideraran datos del estudio del INTA referido a la producción de biodiesel a partir de soja. El mismo considera dos flete: uno de 30 km hasta un centro de acopio de granos y otro de 116 km hasta la planta procesadora. Ambos fletes representan un consumo de gasoil de 9,7 l/tn, equivalentes a 324 MJ. Hay que tener en cuenta que, como se ha mencionado, las etapas de flete a considerar son dos, por lo que se decide considerar este valor dos veces.

#### 5. Consumo de energía total en la producción de alimentos en Argentina

A continuación, se presenta la Tabla 4.8 con el resumen del consumo energético involucrado en los alimentos compuestos de las distintas especies pecuarias. Como puede intuirse de partes anteriores de este trabajo, los tres ingredientes presentes en las dietas nacionales son el maíz, la soja y el trigo.

**Tabla 4.8 - Consumo de energía en alimentos compuestos para las distintas especies**

	Avícola	Vacuno		Porcino	
		Carne	Leche	Cerda	Lechones
<b>Composición</b>					
Maiz grano	70%	80%	60%	70%	75%
Expeller de soja	30%	20%	20%	15%	25%
Trigo	0%		20%	15%	0%
<b>Consumo de energía</b>					
Materia Prima	1.452	1.281	1.392	1.279	1.366
Transporte	649	649	649	649	649
Procesamiento	650	650	650	650	650
<b>Total</b>	<b>2.750</b>	<b>2.580</b>	<b>2.691</b>	<b>2.578</b>	<b>2.665</b>
<b>Has necesarias/tn</b>	<b>0,23</b>	<b>0,20</b>	<b>0,25</b>	<b>0,22</b>	<b>0,22</b>

#### 4.1.3 Los índices de conversión de alimentos: determinantes y evolución

Generalmente se entiende por índice de conversión de alimentos (ICA) a la cantidad de alimento necesaria para que un animal logre aumentar una determinada cantidad de peso vivo, producir x huevos o x volumen de leche. Sin embargo, muchos autores utilizan índices alternativos más indicativos de la eficiencia productiva real al incluir uno o más de los siguientes ajustes

- el consumo de alimento de todo el plantel de animales necesarios (madres, stock de reposición). Esto incluye una consideración del efecto de la mortandad en la producción, ya que un determinado número de animales que ha sido alimentado hasta cierto punto no llega a ser faenado.

- el peso en carne del animal faenado, es decir, lo que verdaderamente puede ser utilizado para la alimentación humana o animal. Hay que aclarar que el contenido de carne de cada especie es muy disímil, como se detalla más adelante.
- el contenido proteico de la carne del animal, ya que en definitiva son las proteínas lo que realmente alimenta.

En cuanto a los aspectos que determinan la eficiencia en el consumo de alimentos, cualquiera sea el índice utilizado, podemos mencionar

- la temperatura ambiente: este sea probablemente el factor más importante que influencia el ICA. La causa es la propiedad de los animales de sangre caliente de mantener la temperatura de su cuerpo relativamente constante. Por eso, ante cambios en las temperaturas ambiente, sus organismos requieren de rápidas adaptaciones. En caso de que la temperatura ambiente disminuya, los animales necesitan consumir más alimento porque necesitan calorías adicionales para mantener la temperatura normal de su cuerpo. Por otro lado, ante aumentos de temperatura, los mecanismos biológicos de enfriamiento también requieren energía, que se obtiene de los alimentos. Por último, hay que aclarar que Las temperaturas óptimas permiten a los pollos a usar alimentos para su crecimiento más que para la regularización de su temperatura corporal. También hay que tener en cuenta que el sólo proceso de alimentación ya implica que la temperatura del cuerpo suba, como resultado de los procesos metabólicos de la digestión. Es por eso que no se debe alimentar a los animales durante la parte más cálida del día.
- la tasa de crecimiento y la eficiencia reproductiva, donde un buen número de productores ha logrado mejoras significativas en las últimas décadas originadas en la hibridación, los avances en salud animal y la inseminación artificial.
- la implementación de diversas tecnologías en el área de alimentación tales como la programación lineal para el desarrollo de dietas más económicas, la implementación de sistemas de alimentación por fases y el uso de enzimas y aminoácidos sintéticos.

### ***i. Mejoras en el ICA***

Los cambios en las técnicas productivas nombrados anteriormente ciertamente han tenido un impacto, sobre todo en la industria avícola. Esta es la única que muestra en

todos los estudios y para todos los países relevados mejoras significativas en el ICA, junto con otros parámetros de igual importancia.

a. Pollos parrilleros (carne)

1. En el mundo

A principios del siglo XX, no se creía posible lograr grandes aumentos de eficiencia en la producción avícola de carne, ya que los animales utilizados presentan un ciclo de vida muy corto. Este supuesto empieza a quedar obsoleto a partir de la década de 1920, cuando se realizan las primeras cruces de aves de razas puras lográndose los primeros animales híbridos. Para mostrar el aumento de eficiencia productiva logrado en el mundo desde aquel entonces, en la Tabla 4.9 se presentan los principales parámetros productivos en Brasil y EE.UU, países de peso en la industria avícola mundial.

**Tabla 4.9 - Parámetros productivos promedio en Brasil y EE.UU.**

Año	Brasil			EE.UU.			Mortandad
	ICA	Faena		ICA	Faena		
		Semanas	Peso (kg)		Semanas	Peso (kg)	
1930	3,50	15,0	1,50	4,40	14	1,23	18%
1940	3,00	14,0	1,55	4,00	12	1,36	14%
1950	2,50	10,0	1,58	3,00	10	1,45	10%
1960	2,25	8,0	1,60	2,40	9	1,55	7%
1970	2,15	7,0	1,70	2,10	8	1,64	6%
1980	2,05	7,0	1,80	2,00	8	1,82	5%
1990	1,98	6,0	2,05	1,90	7	2,05	5%
2000	1,88	6,0	2,25	1,90	7	2,27	5%
<b>Hoy</b>	<b>1,85</b>	<b>6,0</b>	<b>2,34</b>	<b>1,90</b>	<b>7</b>	<b>2,27</b>	<b>5%</b>

2. En Argentina

En el país, podemos dividir la evolución de la producción avícola en 3 etapas:

- la primer etapa consiste en la crianza de pollos y gallinas en libertad, es decir a campo. Se alimentaba a los animales principalmente con granos, completando sus necesidades de alimentación con insectos, hierbas, y otros. El trabajo se realizaba con aves criollas, y en esta etapa su producción era escasa.
- la segunda etapa comenzó con la primera importación de aves de raza. En esta etapa se brindó mejoras a la explotación, pues la crianza se realizaba en semi-cautiverio. Las aves durante el día estaban en parques y a la noche se las encerraba en piezas. Su alimentación se basaba en mezcla de granos.

- la tercera etapa corresponde a la actual. En este momento se trabaja con animales híbridos de alta producción y la alimentación se basa en alimentos balanceados

En la Tabla 4.10 se pueden observar los cambios experimentados en los principales parámetros productivos:

**Tabla 4.10 - Evolución de los parámetros productivos promedio en Argentina**

<b>Parámetros ARG</b>	<b>1950-60</b>	<b>1960-70</b>	<b>1970-80</b>	<b>1980-90</b>	<b>Hoy</b>
Sistema de explotación	Extensivo	Semi-extensivo Intensivo	Intensivo	Intensivo	Intensivo
Genética	Razas puras y sus cruzas		Híbridos		
Alimentación	Harinas/suplementos de granos		Alimentos balanceados		
ICA	5:1	2,8:1	2,5:1	2,3:1	2,1:1
Semanas para faena	18	10	9	8	7
Peso de faena (kg)	2				2,35
Comercialización	Entero-vivo		Eviscerado	Trozado e industrializado	

Como puede apreciarse, existe una pequeña diferencia entre el ICA actual alcanzado en Argentina y los de Brasil y EE.UU, vinculado al mayor peso de faena.

b. Gallinas de postura (huevos)

Un estudio señala que el índice de conversión de alimentos para huevos en EE.UU. se ha reducido de 2,96 en 1960 a los 2,01 gramos de 2001.

**4.1.4 Consumo de alimentos para las distintas especies**

*i. Vacuno*

a. Carne

*1. Cría*

Se destaca que la cría puede realizarse en zonas bajas o altas, lo que implica ciertas diferencias productivas, y en todas las alternativas se considera suplementación ya que es una tendencia que como se ha mencionado está en aumento. Los animales de reposición se consideran como engordados a pasto. En la Tabla 4.11 se presentan los datos a utilizar para la posterior elaboración del modelo completo.

**Tabla 4.11 - Planteos de alimentación analizados para la cría bovina**

Cria <i>Par vaca-ternero</i>	Zonas bajas				Zonas altas				Loma	
	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 1		Alternativa 2			
<b>Parámetros productivos</b>										
Terneros x vaca	0,9		0,9		0,9		0,9		0,9	
Vida útil vientre - años	7,5		8,0		7,0		6,5		5,6	
Vacas de reemplazo nec.	0,13		0,13		0,14		0,15		0,18	
Peso salida terneros	365		278		335		278		264	
Tiempo - semanas	52		52		52		52		52	
<b>Consumos</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>						
Pastura	3.712	2.054	3.076	1.702	3.313	1.832	2.721	1.505	2.905	348
<i>Zona bajas</i>	3.712	2.054	3.076	1.702	0	0	0	0	0	0
<i>Zona altas</i>	0	0	0	0	3.313	1.832	2.721	1.505	0	0
<i>Loma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2.905	348
Silaje	884	1.294	884	1.294	1.500	2.196	1.500	2.196	1.258	1.841
Alimento	355	916	235	609	400	1.037	240	622	289	749
<i>Para ternero</i>	155	400	85	219	200	516	100	258	77	199
<i>Para vaca</i>	200	516	150	387	200	516	140	361	212	547
<b>Total consumos</b>	<b>4.951</b>	<b>4.264</b>	<b>4.194</b>	<b>3.605</b>	<b>5.213</b>	<b>5.065</b>	<b>4.461</b>	<b>4.323</b>	<b>4.452</b>	<b>2.939</b>

## 2. Engorde

Una aclaración a realizar es que en la práctica existen dos fuentes de terneros para el engorde: los nacidos en establecimientos cárnicos específicos y los nacidos en establecimientos lácteos. Estos últimos son separados de su madre recién nacidos, ya que la leche de la misma es destinada a consumo humano y por eso generalmente se los cría para carne. En este trabajo sólo se analizaran los primeros en 3 planteos de feedlot y 1 en dos etapas donde una es a base de pasturas. La Tabla 4.12 muestra los valores correspondientes.

**Tabla 4.12 - Planteos de alimentación de engorde de terneros de establecimientos cárnicos**

	Con pastura						Feedlots					
	Etapa 1		Etapa 2		Total		Dieta 1		Dieta 2		Dieta 3	
<b>Parámetros productivos</b>												
Peso												
<i>Entrada - vivo</i>	275		380		275		365		280		280	
<i>Salida - vivo</i>	380											
<i>Faena - vivo</i>	0		530		530		560		530		520	
<i>Carne - faenado</i>	0		290		290		307		280		275	
Mortandad	1,5%		0,7%				0,3%		2,6%		2,6%	
Ganancia Peso												
<i>Vivo</i>	108		149		257		194		244		234	
<i>Carne</i>	60		82		142		107		132		127	
Semanas para terminar	26		47		73		26		52		62	
<b>Consumos</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>
Pastura zona baja	0	0	1.250	692	1.250	692	0	0	0	0	0	0
Silaje/heno	875	1.281	0	0	875	1.281	850	1.244	90	32	1.050	1.537
<i>Silaje</i>	875	1.281	0	0	875	1.281	850	1.244	0	0	1.050	1.537
<i>Heno</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	90	32	0	0
Alimento	295	761	47	121	342	882	575	1.484	1.300	3.354	800	2.064
<b>Total consumos</b>	<b>1.170</b>	<b>2.042</b>	<b>1.297</b>	<b>813</b>	<b>2.467</b>	<b>2.855</b>	<b>1.425</b>	<b>2.728</b>	<b>1.390</b>	<b>3.386</b>	<b>1.850</b>	<b>3.601</b>
ICA peso vivo - kg MS	10,8		8,7		9,6		7,3		5,7		7,9	
ICA carne - kg MS	19,6		15,8		17,4		13,3		10,5		14,6	

b. Leche

Se consideran tres tipos diferentes de vacas, de acuerdo a su potencial genético, y dos dietas distintas, una con mayor proporción de pastura. Este hace que las mismas produzcan distintas cantidades de leche por lactancia, aunque se asume que en su vida útil las tres producirán el mismo volumen. Los animales de reposición se modelan en forma similar a los de producción de carne. Los datos pueden observarse en la Tabla 4.13.

**Tabla 4.13 - Planteos de alimentación de vacas lecheras**

<b>Vaca lechera</b>		<b>Dieta - Alternativa 1</b>						<b>Dieta - Alternativa 2</b>					
<i>1 lactancia</i>													
Potencial genético		Bajo		Medio		Alto		Bajo		Medio		Alto	
<b>P. productivos</b>													
Días entre partos		385		385		385		385		385		385	
Lactancias en vida		4,5		3,8		3,1		4,5		3,8		3,1	
Reposición - vacas		0,2		0,2		0,3		0,2		0,2		0,3	
Peso vaca - kg		552		600		666		552		600		666	
Mortandad vaca		1%		1%		1%		1%		1%		1%	
Producción leche - mil lt.													
<i>Por lactancia</i>		5,5		6,5		8,0		5,5		6,5		8,0	
<i>Vida productiva</i>		24,7		24,7		24,7		24,7		24,7		24,7	
Días de corral/año		190		190		190		190		190		190	
Días de pastoreo/año		175		175		175		175		175		175	
Peso terneros - kg		65		65		65		65		65		65	
Mortandad terneros		10%		10%		10%		10%		10%		10%	
<b>Consumos</b>													
		<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>	<b>kg MS</b>	<b>MJ</b>
Pastura zona baja		1.605	1.088	1.746	1.184	1.964	1.332	2.806	1.902	3.015	2.044	3.311	2.245
Silajes		2.407	3.465	2.619	3.878	2.946	4.544	1.871	2.692	2.010	2.976	2.208	3.405
<i>Maíz</i>		0	0	524	862	1.473	2.424	0	0	402	661	1.104	1.816
<i>Varios</i>		2.407	3.465	2.095	3.016	1.473	2.120	1.871	2.692	1.608	2.314	1.104	1.589
Alimento		1.852	5.785	2.070	6.467	2.310	7.215	1.071	3.344	1.294	4.042	1.594	4.980
<b>Total consumos</b>		<b>5.864</b>	<b>10.338</b>	<b>6.436</b>	<b>11.528</b>	<b>7.220</b>	<b>13.091</b>	<b>5.747</b>	<b>7.939</b>	<b>6.319</b>	<b>9.062</b>	<b>7.113</b>	<b>10.630</b>
ICA		1,1		1,0		0,9		1,0		1,0		0,9	

**ii. Porcino**

Se detallan dos planteos separados para la cría y el desarrollo, a campo y confinado. El engorde y los animales de reposición se asumen confinados. Los valores a utilizar se detallan en las Tablas 4.14 a 4.17.

**Tablas 4.14 a 4.17 - Consumos de alimento en producción porcina, por etapas**

<b>Cría porcina</b>		<b>Confinada</b>		<b>A campo</b>	
<i>1 cerda en 1 año</i>					
<b>Parámetros productivos</b>					
Cerde					
Peso vivo - kg		250		250	
Vida productiva - años		2,5		2,5	
Días lactancia		65		66	
Consumo alimento (kg/día)					
<i>Lactancia</i>		7,0		7,0	
<i>Resto del año</i>		2,8		2,8	
Lechones destetados		23,5		20,9	
Semanas para destete		3,9		4,3	
<b>Consumos</b>		<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Alimento					
Lactancia		452	1.166	460	1.186
Resto del año		848	2.185	840	2.166
<b>Total consumos</b>		<b>1.300</b>	<b>3.351</b>	<b>1.300</b>	<b>3.351</b>
Consumo por lechón		55	143	62	160

**Lechones**

*1 lechon para engordar*

	<b>Confinada</b>		<b>A campo</b>	
<b>Parámetros productivos</b>				
Peso inicial	7,2		7,2	
Ganancia diaria	0,46		0,46	
Semanas para terminar	7,1		7,2	
Peso salida	30		30	
Mortandad	7%		3%	
<b>Consumos</b>				
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Alimento	40	108	38	100
ICA	1,77		1,65	

**Engorde (confinado)**

*1 cerdo para faenar*

	<b>Liviano</b>		<b>Medio</b>		<b>Pesado</b>	
<b>Parámetros productivos</b>						
Semanas para terminar	10		13		18	
Peso inicial	30		30		30	
Peso faena	76		87		109	
Carne %	72%		75%		77%	
Mortandad %	7%		7%		7%	
Ganancia diaria kg	0,63		0,63		0,63	
<b>Consumos</b>						
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Alimento	126	336	156	416	216	577
ICA	2,7		2,7		2,7	

**Cerda de reemplazo**

*1 cerda*

<b>Parámetros productivos</b>		
Semanas para terminar	18	
Peso entrada - kg	30	
Peso salida - kg	109	
Ganancia de peso - kg/d	0,6	
Mortandad	6,5%	
<b>Consumos</b>		
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Alimento	216	577
ICA	2,74	

**iii. Avícola**

Al trabajarse con animales híbridos, son necesarias 3 generaciones antecesoras para obtener la línea final. Esto se tiene en cuenta en el modelo. En cuanto a los planteos, en ambos casos se detallan confinados y a campo. Por último, se aclara que no se plantean animales de reposición por no representar consumos significativos. Las Tablas 4.18 a 4.21 muestran los datos para producción tanto de carne como de huevos.

Uso de energía en el sector de alimentos

a. Carne

**Tablas 4.18 y 4.19 - Consumos de alimento en producción de carne avícola, por etapas**

**Cría**

*1 gallina confinada*

<b>Parámetros productivos</b>		
Semanas para poner	18	
Semanas de producción	54	
Huevos puestos	170	
Huevos rechazados	20%	
Huevos empollados	85%	
Pollitos producidos	116	
<i>Ponedoras/nacidos</i>	55%	
<i>Pollos/nacidos</i>	45%	
<b>Consumos</b>		
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Ponedoras	45,0	124
Pollitos	6,6	18,2

**Engorde**

*1 pollo a faena*

	<b>Campo</b>		<b>Confinado</b>	
<b>Parámetros productivos</b>				
Peso faena (vivo) - kg	2,4		2,5	
% carne	70%		67%	
Carne - kg	1,6		1,7	
Tiempo para faena - dias	56		42	
<b>Consumos</b>				
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Alimento engorde	5,5	15,1	4,6	12,7
ICA	2,4		1,8	

b. Huevos

**Tablas 4.20 a 4.21 - Consumos de alimento en producción de huevos, por etapas**

**Cría**

*1 gallina confinada*

<b>Parámetros productivos</b>		
Huevos puestos	295	
Rechazo huevos	12%	
% ponedoras	41%	
% selección	52%	
Pollitos de ponedoras	56	
<b>Consumos</b>		
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Concentrados ponedoras	45	124
Cosumo/pollito	6,6	18,2

**Pollitos a ponedoras***1 pollito*

<b>Parámetros productivos</b>		
Semanas para poner	18	
Mortandad	3%	
<b>Consumos</b>		
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Concentrados ponedoras	6,6	18,2

**Ponedoras productivas***1 ponedora*

	<b>Confinada</b>		<b>A campo 1</b>		<b>A campo 2</b>	
<b>Parámetros productivos</b>						
Huevos por ponedora	295		289		288	
Semanas	55		55		55	
Mortandad	5%		8%		7%	
<b>Consumos</b>						
	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>	<b>kg</b>	<b>MJ</b>
Concentrados ponedoras	45	124	56	154	54	150
Consumo/huevo	0,15	0,42	0,19	0,52	0,18	0,51

**4.2 Otros consumos***i. Electricidad y gas*

Como se ha mencionado, uno de los principales factores que influyen en el ICA es la temperatura ambiente a la que se encuentran los animales. Para los sistemas de producción en confinamiento, existe una correlación directa entre dicha temperatura y la ventilación forzada utilizada para equilibrar los efectos de los desechos y la respiración de los animales. Esto se debe a que, generalmente, un aumento de la ventilación da como resultado temperaturas inferiores en la nave de producción. Es por eso que adicionalmente suele requerirse de un medio de calefacción para mantener la nave a la temperatura ideal. Ambos equipos señalados necesitan de alguna forma de energía para su funcionamiento. Por otro lado, existen necesidades productivas adicionales que deben ser cubiertas con distintos equipos. A continuación, se analizan todos estos consumos energéticos.

**Consumo de Electricidad:** la energía eléctrica es de uso común en las producciones intensivas, principalmente en las de confinamiento, ya que en los planteos extensivos los consumos suelen ser marginales. La misma se utiliza para dar luz durante la crianza, proveer iluminación nocturna a los animales y permitir el funcionamiento de equipamiento automatizado. En este último aspecto mencionado, se destacan: sistemas de ventilación movidos por motores eléctricos y bombas para la recarga y funcionamiento de sistemas de agua.

**Consumo de gas o GLP:** estos combustibles son utilizados en los sistemas de calefacción (ver en modelos UK que más puedo decir). Para optimizar el funcionamiento de los mismos, las naves deben estar bien aisladas para evitar pérdidas de calor, algo contribuye adicionalmente con que la ventilación sea más eficaz.

**ii. Transporte:** En el modelo se muestra como transporte el movimiento de animales entre los distintos establecimientos productivos de cría y desarrollo y engorde.

**iii. Gasoil:** En el modelo se muestra como consumo de gasoil la energía necesaria para tareas varias en los sistemas a campo, como mantenimiento de alambrados.

**iv. Cama de paja:** La misma se elabora con desechos de la producción de trigo y su función es facilitar el tratamiento de los desechos de los animales producidos en confinamiento.

A continuación, en las Tablas 4.22 a 4.29, se detallan estos consumos por especie y por etapa. Se aclara que a excepción de la cama de paja, estos consumos están expresados en MJ del insumo en cuestión, que tiene un equivalente energético distinto para cada caso (ej: ineficiencia de la generación de energía en general hace que el equivalente MJ/MJ sea mayor a 3).

#### 4.2.1 Vacuno

##### i. Carne

Tabla 4.22 a 4.24 - Otros consumos en producción de carne bovina

Cria <i>Par vaca-ternero</i>	Zonas bajas				Zonas altas				Loma	
	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 1		Alternativa 2			
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Paja trigo - kg MS	600	151	440	111	560	141	480	121	0	0
Diesel - MJ	685	750	578	633	667	731	569	623	215	236
<b>Total otros consumos</b>		<b>902</b>		<b>744</b>		<b>872</b>		<b>744</b>		<b>236</b>

Engorde <i>Termeros de cría</i>	Con pastura						Feedlots					
	Etapa 1		Etapa 2		Total		Dieta 1		Dieta 2		Dieta 3	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Paja trigo - kg MS	560	141	0	0	560	141	480	121	560	141	640	161
Diesel - MJ	232	254	69	76	301	330	351	384	365	400	420	460
<b>Total otros consumos</b>		<b>395</b>		<b>76</b>		<b>471</b>		<b>505</b>		<b>541</b>		<b>621</b>

ii. Leche

Tabla 4.25 y 4.26 - Otros consumos en producción de leche

Vaca lechera

1 lactancia

Potencial genético	Dieta - Alternativa 1						Dieta - Alternativa 2					
	Bajo		Medio		Alto		Bajo		Medio		Alto	
Otros consumos	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Cama de paja - kg	357	90	388	98	430	108	357	90	388	98	430	108
Electricidad	914	3.251	1.080	3.842	1.329	4.729	914	3.251	1.080	3.842	1.329	4.729
Diesel	1.063	1.164	1.073	1.174	1.086	1.189	1.063	1.164	1.073	1.174	1.086	1.189
<b>Total consumos</b>		<b>4.504</b>		<b>5.114</b>		<b>6.026</b>		<b>4.504</b>		<b>5.114</b>		<b>6.026</b>

Vaca reposición

1 vaca

	Físico	MJ
Cama de paja - kg	1.000	252
Diesel	635	695
<b>Total consumos</b>		<b>947</b>

4.2.2 Porcino

Tabla 4.27 - Otros consumos en producción porcina

Otros consumos	Cria		Lechones		Engorde		Reemplazo	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
<i>Confinada</i>								
Electricidad - MJ	630	2.241	32	115	95	339	95	339
Cama de paja - kg					394	140		
<b>Total otros consumos</b>		<b>2.241</b>		<b>115</b>		<b>479</b>		<b>339</b>
<i>A campo</i>								
Electricidad (UK)	0	0	0,1	0,3				
Diesel	7,5	8	0,1	0,1				
Cama de paja - kg	600	213	0	0,0				
<b>Total otros consumos</b>		<b>221</b>		<b>0,1</b>				

### 4.2.3 Avícola

#### *i. Carne*

**Tabla 4.28 - Otros consumos en producción de carne avícola**

Otros consumos	Cría		Engorde			
	Físico	MJ	Campo		Confinado	
			Físico	MJ	Físico	MJ
Cama de paja - kg			1,0	0,3	1,0	0,3
Electricidad - MJ	11	37	0,0	0,0	1,2	4,1
Propano - MJ	2	3	2,5	2,6	2,5	2,6
<b>Total consumos</b>		<b>40</b>		<b>2,9</b>		<b>7,0</b>

#### *ii. Huevos*

**Tabla 4.29 - Otros consumos en producción de huevos**

Otros consumos	Cría		Pollitos		Ponedoras					
	Físico	MJ	Físico	MJ	Confinada		A campo 1		A campo 2	
					Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Electricidad - MJ	11	7	2	7	11	37				
Propano - MJ	3	3	3	3						
Diesel - MJ							0,212	0,23		
<b>Total consumos</b>		<b>9</b>		<b>9</b>		<b>37</b>		<b>0,23</b>		<b>0</b>

## 4.3 Las especies relevadas: características salientes

En forma similar a lo realizado en la sección de agricultura, se procede a evaluar algunos datos coyunturales de las especies estudiadas. La situación en Argentina ya ha sido expuesta en la introducción a la producción pecuaria.

### 4.3.1 Vacuno

#### *i. Carne*

La carne vacuna ocupa hoy el tercer lugar entre las más consumidas del mundo, habiendo perdido terreno contra la porcina y la avícola en las últimas décadas. Como muestra la Tabla 4.30, Argentina sigue siendo uno de los principales productores mundiales.

**Tabla 4.30 - Principales productores de carne vacuna del mundo (2007)**

País	MM tn	% /Mundo
EE.UU.	12	18%
Brasil	9	14%
China	6	9%
Argentina	3	4%
India	3	4%
<b>Mundo</b>	<b>66</b>	

**ii. Leche**

La producción mundial de leche ha crecido sostenidamente en los últimos diez años. En la Tabla 4.31 se observa que Argentina no se encuentra entre los principales productores mundiales.

**Tabla 4.31 - Principales productores de leche del mundo (2007)**

País	MM tn	% /Mundo
India	103	15%
EE.UU.	84	12%
China	40	6%
Pakistán	32	5%
Fed. Rusa	32	5%
Argentina (17)	11	2%
<b>Mundo</b>	<b>681</b>	

Entre los distintos productos que tienen como materia prima a la leche, además de la leche en polvo que es la presentación bajo la cual gran parte de la leche se comercializa externamente, podemos mencionar la manteca, el queso y los yogures.

**4.3.2 Porcino**

Como se ha mencionado, la carne porcina es hoy en día la más consumida a nivel mundial. Como muestra la Tabla 4.32, China concentra un gran porcentaje de la producción mundial. Sin embargo, dicho país no se encuentra entre los de más alto consumo per cápita que son Dinamarca y España, con 70 y 60 kg per cápita, respectivamente. La Argentina, aunque en los últimos años ha aumentado considerablemente su producción, aún no es un actor de relevancia en este mercado.

**Tabla 4.32 - Principales productores de carne de cerdo del mundo (2007)**

<b>País</b>	<b>MM tn</b>	<b>% /Mundo</b>
China	44	44%
EE.UU.	10	10%
Alemania	5	5%
España	3	3%
Brasil	3	3%
Argentina (36)	0	0%
<b>Mundo</b>	<b>100</b>	

### 4.3.3 Avícola

En la producción de carne avícola, Argentina ha ganado terreno en los últimos años y hoy en día esta cerca de ingresar entre los 10 primeros productores mundiales, como se aprecia en la Tabla 4.33.

**Tabla 4.33 - Principales productores de carne avícola del mundo (2007)**

<b>País</b>	<b>MM tn</b>	<b>% /Mundo</b>
EE.UU.	20	22%
China	15	17%
Brasil	9	11%
México	3	3%
India	2	3%
Argentina (13)	1	1%
<b>Mundo</b>	<b>88</b>	

Con respecto a la situación internacional del sector ovícola, nuevamente se encuentra que China concentra gran parte de la producción, como muestra la Tabla 4.34.

**Tabla 4.34 - Principales productores de huevos del mundo (2007)**

<b>País</b>	<b>MM tn</b>	<b>% /Mundo</b>
China	26	40%
EE.UU.	5	8%
India	3	5%
Japón	3	4%
México	2	4%
Argentina (25)	0	1%
<b>Mundo</b>	<b>64</b>	

El huevo permite obtener diversos productos a partir de su industrialización, como la clara o albúmina, la yema y el huevo procesado (obtenido a partir de la mezcla en distintas proporciones de la yema y la clara). Estos pueden presentarse en estado líquido

o deshidratado y/o con agregado de aditivos como sal o azúcar. Sus usos en la industria alimenticia son como insumo intermedio para la elaboración de productos tales como flanes, pastas, mayonesa y otros.

#### 4.4 Cálculo de eficiencia actual

Las Tablas 4.35 y 4.36 muestran la importancia que tiene cada sistema productivo para las distintas especies de ganado, a nivel mundial y en los países en desarrollo.

**Tablas 4.35 y 4.36 - Distribución de las especies pecuarias por sistema productivo 2001-2003, a nivel mundial y en los países en desarrollo**

<b>Mundo</b>					
<b>Especie</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pastoreo</b>	<b>Mixto en seco</b>	<b>Mixto en regadío</b>	<b>Industrial sin tierra</b>
Carne de vacuno	tons	24%	48%	21%	6%
Carne de cerdo	tons	1%	13%	31%	55%
Carne avícola	tons	2%	11%	16%	72%
Leche	tons	12%	54%	34%	0%
Huevos	tons	1%	10%	29%	61%

<b>Países en desarrollo</b>					
<b>Especie</b>	<b>Unidad</b>	<b>Pastoreo</b>	<b>Mixto en seco</b>	<b>Mixto en regadío</b>	<b>Industrial sin tierra</b>
Carne de vacuno	tons	32%	37%	30%	1%
Carne de cerdo	tons	1%	6%	47%	47%
Carne avícola	tons	2%	9%	25%	64%
Leche	tons	18%	28%	54%	0%
Huevos	tons	1%	6%	39%	54%

En Argentina se estima que los sistemas intensivos responsables por el 90% de la producción avícola, el 60% de la porcina, y alrededor del 45% de la bovina de carne. Teniendo en cuenta estos valores que se determinan los consumos totales promedio. En el caso particular de la leche, por no existir datos al respecto se toma un promedio lineal entre todas las alternativas.

Los modelos planteados calculan en base a los insumos requeridos que se han descrito anteriormente los consumos necesarios para lograr 1 tn de carne en vacunos, porcinos y pollos y el equivalente para leche y huevos (10.000 l y 20.000, respectivamente). Hay que aclarar que convencionalmente se entiende por carne al peso del animal una vez faenado y separadas su piel, cabeza y mayor parte de órganos internos. Se toma dicho valor ya que se considera un mejor indicador que el peso vivo, medida que suelen utilizar la mayoría de los estudios que se han podido encontrar. Sin embargo, para lograr

aún una mayor relevancia en las conclusiones se realizan cálculos adicionales utilizando como referencia:

- el peso comestible que puede obtenerse en cada caso una vez trozado adecuadamente el animal
- el peso de proteína obtenible en cada caso, ya que en definitiva es esto lo que alimenta al ser humano.

En la Tabla 4.37 se detallan los parámetros a utilizar en cada caso:

**Tabla 4.37 - Parámetros de ajuste**

	Carne			Leche	Huevos
	Vacuna	Porcina	Avícola		
Peso carne/peso vivo-total	55%	77%	70%		
Peso comestible/peso vivo-total	40%	53%	56%	100%	90%
Contenido proteico del peso comestible	15%	14%	20%	4%	13%
Peso proteico/peso vivo-total	6%	7%	11%	4%	12%

Al igual que en agricultura, se presentan para cada especie estudios encontrados para comparar conclusiones. En algunos casos resulto imposible separar con precisión consumos asociados a maquinaria y construcciones como pudo hacerse para los cultivos agrícolas.

#### **4.4.1 Vacunos**

##### *i. Carne*

Históricamente, la mayor parte de la producción argentina ha sido de carácter pastoril en el ciclo completo. Sin embargo, en los últimos años se observa un notable crecimiento en la actividad de los feedlots de engorde. Una de las principales razones de este auge son los subsidios otorgados por el Gobierno a estos productores. Tener estos distintos sistemas productivos le otorga al país una notable heterogeneidad en la producción, algo que no se observa significativamente en otros países de importancia en la industria como EE.UU. y Australia. Sin embargo, hay que señalar que las grandes brechas tecnológicas existentes entre productores que han incorporado cierta tecnología y los que aun siguen operando sólo con pastoreo hacen que el país no se encuentre entre los más productivos a nivel mundial en términos de rendimiento de carne anual de su stock (producción/stock).

A continuación se detallan los distintos modelos completos en las Tablas 4.38 a 4.50.

**Tablas 4.38 a 4.50: Parámetros principales, modelos completos y resumen de consumos en producción de carne bovina**

**Ciclo completo - terminación a pasto**

Output - carne (kg)	1.000
Peso vivo - faena (kg)	530
Carne por animal (kg)	292
Animales necesarios	3,45
Animales faenados	3,42

Consumos	Etapa									
	Cria - Z. bajas (2)		Engorde		Reposición		Total		%	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	16.499	14.168	8.570	9.953	3.366	2.748	28.436	26.870		84%
Pastura	12.099	6.693	4.312	2.385	2.661	1.472	19.072	10.551	67%	33%
Silaje/heno	3.476	5.090	3.063	4.485	486	712	7.026	10.287	25%	32%
Alimento	924	2.385	1.195	3.083	219	564	2.338	6.032	8%	19%
Paja trigo - kg	1.731	436	1.961	494	330	83	4.021	1.013		3%
Diesel - MJ	2.274	2.490	1.051	1.151	411	450	3.736	4.091		13%
<b>Total consumos</b>		<b>17.094</b>		<b>11.598</b>		<b>3.282</b>		<b>31.974</b>		
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>58%</b>	<b>52%</b>	<b>30%</b>	<b>35%</b>	<b>12%</b>	<b>10%</b>				
ICA peso vivo - kg MS							15,7			
ICA carne - kg MS							28,4			

Detalle etapas	Engorde				Reposición			
	1		2		Vaca		Engorde	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	4.096	7.150	4.474	2.804	2.724	2.346	642	403
Pastura	0	0	4.312	2.385	2.042	1.130	619	343
Silaje/heno	3.063	4.485	0	0	486	712	0	0
Alimento	1.033	2.665	162	418	195	504	23	60
Paja trigo - kg	1.961	494	0	0	330	83	0	0
Diesel - MJ	813	890	238	261	377	413	34	37
<b>Total consumos</b>		<b>8.534</b>		<b>3.064</b>		<b>2.842</b>		<b>440</b>
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>14%</b>	<b>26%</b>	<b>16%</b>	<b>9%</b>	<b>10%</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>

**Ciclo completo - Feedlot (1)**

Output - carne (kg)	1.000
Peso vivo - faena (kg)	560
Carne por animal (kg)	308
Animales necesarios	3,26
Animales faenados	3,25

Uso de energía en el sector de alimentos

Consumos	Etapa									
	Cria - Z. bajas (1)		Engorde (1)		Reposición		Total		%	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	17.914	15.427	4.641	8.884	3.303	2.697	25.857	27.008		
Pastura	13.432	7.431	0	0	2.611	1.445	16.043	8.876	62%	27%
Silaje	3.198	4.682	2.768	4.053	477	698	6.443	9.433	25%	29%
Alimento	1.285	3.314	1.873	4.831	214	553	3.371	8.699	13%	27%
Paja trigo - kg	2.171	547	1.563	394	324	82	4.058	1.022		3%
Diesel - MJ	2.480	2.715	1.142	1.251	403	442	4.025	4.408		14%
<b>Total consumos</b>		<b>18.689</b>		<b>10.529</b>		<b>3.220</b>		<b>32.437</b>		
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>69%</b>	<b>58%</b>	<b>18%</b>	<b>32%</b>	<b>13%</b>	<b>10%</b>				
ICA peso vivo - kg MS							14,2			
ICA carne - kg MS							25,9			

Consumos	Vaca		Engorde	
	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	2.673	2.302	630	395
Pastura	2.004	1.109	607	336
Silaje	477	698	0	0
Alimento	192	494	23	59
Paja trigo - kg	324	82	0	0
Diesel - MJ	370	405	34	37
<b>Total consumos</b>		<b>2.788</b>		<b>432</b>
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>10%</b>	<b>9%</b>	<b>2%</b>	<b>1%</b>

Ciclo completo - Feedlot (2)

Output - carne (kg)	1.000
Peso vivo - faena (kg)	530
Carne por animal (kg)	288
Animales necesarios	3,57
Animales faenados	3,47

Consumos	Etapa									
	Cria - Z. altas (1)		Engorde (2)		Reposición		Total		%	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	17.682	17.124	4.959	12.080	4.175	3.409	26.816	32.613		
Pastura	10.785	5.964	0	0	3.301	1.826	14.086	7.791	53%	20%
Silaje	5.946	8.705	0	0	603	883	6.549	9.588	24%	25%
Heno	0	0	321	114	0	0	321	114	1%	0%
Alimento	951	2.455	4.638	11.966	271	699	5.860	15.120	22%	40%
Paja trigo	1.903	479	1.998	503	409	103	4.310	1.086		3%
Diesel	2.254	2.468	1.303	1.427	510	558	4.067	4.453		12%
<b>Total consumos</b>		<b>20.072</b>		<b>14.010</b>		<b>4.070</b>		<b>38.152</b>		
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>66%</b>	<b>53%</b>	<b>18%</b>	<b>37%</b>	<b>16%</b>	<b>11%</b>				
ICA peso vivo - kg MS							14,6			
ICA carne - kg MS							26,8			

Detalle Reposición	Vaca		Engorde	
	Físico	MJ	Físico	MJ
<b>Consumos</b>				
Alimentación - kg MS	3.378	2.909	797	499
Pastura	2.533	1.401	768	425
Silaje	603	883	0	0
Heno	0	0	0	0
Alimento	242	625	29	74
Paja trigo	409	103	0	0
Diesel	468	512	42	46
<b>Total consumos</b>		<b>3.524</b>		<b>546</b>
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>13%</b>	<b>9%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>

**Ciclo completo - Feedlot (3)**

Output - carne (kg)	1.000
Peso vivo - faena (kg)	520
Carne por animal (kg)	282
Animales necesarios	3,64
Animales faenados	3,54

Consumos	Etapa						Total		%	
	Cria - Z. altas (1)		Engorde (3)		Reposición		Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	18.022	17.454	6.727	13.095	4.255	3.474	29.004	34.023		85%
Pastura	10.992	6.079	0	0	3.364	1.861	14.357	7.940	49%	20%
Silaje	6.060	8.873	3.818	5.590	615	900	10.493	15.362	36%	38%
Alimento	970	2.502	2.909	7.505	276	713	4.155	10.720	14%	27%
Paja trigo	1.939	488	2.327	586	417	105	4.684	1.180		3%
Diesel	2.298	2.516	1.526	1.671	520	569	4.344	4.756		12%
<b>Total consumos</b>		<b>20.458</b>		<b>15.353</b>		<b>4.148</b>		<b>39.959</b>		
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>62%</b>	<b>51%</b>	<b>23%</b>	<b>38%</b>	<b>15%</b>	<b>10%</b>				
ICA peso vivo - kg MS								15,7		
ICA carne - kg MS								29,0		

Detalle Reposición	Vaca		Engorde	
	Físico	MJ	Físico	MJ
<b>Consumos</b>				
Alimentación - kg MS	3.443	2.965	812	509
Pastura	2.582	1.428	783	433
Silaje	615	900	0	0
Alimento	247	637	29	76
Paja trigo	417	105	0	0
Diesel	477	522	43	47
<b>Total consumos</b>		<b>3.592</b>		<b>556</b>
<b>% consumo (alim.-MJ)</b>	<b>12%</b>	<b>9%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>

Resumen	Pasto	Feedlot 1	Feedlot 2	Feedlot 3	Promedio
<b>Consumo energía - MJ</b>					
Por unidad referencia	31.974	32.437	38.152	39.959	34.168
Por unidad referencia - comestible	44.044	44.683	52.555	55.044	47.066
Por unidad referencia - proteína	293.628	297.884	350.363	366.958	313.776
Area utilizada - has	3,68	3,44	3,01	3,66	3,54

## Uso de energía en el sector de alimentos

Puede observarse que los planteos de feedlot requieren en promedio de un mayor consumo energético que el de dos etapas, debido al mayor uso de cultivos como alimento de los primeros.

### a. Estudios para comparación

En la Tabla 4.51 se presentan las conclusiones de los estudios relevados. Se observa que los resultados son muy similares a los calculados por el modelo. Sin embargo, hay que aclarar que probablemente se trate de una coincidencia, ya que los supuestos tomados (que no se han podido encontrar) pueden haber sido muy distintos.

**Tabla 4.51 - Resultados de estudios de carne bovina**

Autores estudio	Brand/ Melman	Sainz	Lee/Paul Pasto	Lee/Paul Feedlot	<b>Promedio</b>	
Año	1993	2003	2004	2004		
Pais/Región	Holanda	n.esp.				
<b>Consumos - MJ/kg</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>	<b>Carne</b>	<b>Carne</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>
Alimento	11.500	41.053				
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	1.300	3.169				
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	2.700	0				
<b>Total consumos producción</b>	<b>15.500</b>	<b>44.222</b>	<b>18.242</b>	<b>51.302</b>	<b>19.546</b>	<b>35.474</b>
Alimento	74%	93%			84%	84%
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	8%	7%			8%	8%
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	17%	0%			9%	9%

### ii. Leche

En las Tablas 4.52 a 4.56 se detallan los distintos modelos completos.

**Tablas 4.52 a 4.56 - Parámetros principales, modelos completos y resumen de consumos en producción de leche**

<b>Parámetros productivos</b>			
Litros de leche necesarios	10.000		
		<b>P. Bajo</b>	<b>P. Medio</b>
Vacas Necesarias		1,82	1,54
			<b>P. Alto</b>
			1,25

Uso de energía en el sector de alimentos

Potencial Bajo												
Consumos	Dieta 1						Dieta 2					
	Vaca		Reposición		Total		Vaca		Reposición		Total	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	10.662	17.339	2.835	3.522	13.497	20.861	10.449	13.591	2.835	3.522	13.284	17.113
Pasturas	2.918	1.978	1.330	902	4.248	2.880	5.101	3.459	1.330	902	6.431	4.360
Silajes	4.377	6.299	1.142	1.644	5.519	7.943	3.401	4.895	1.142	1.644	4.543	6.539
Maíz	0	0	0	0	0	0	3.401	4.895	1.142	1.644	4.543	6.539
Varios	4.377	6.299	1.142	1.644	5.519	7.943	0	0	0	0	0	0
Alimento	3.367	9.061	363	976	3.730	10.037	1.946	5.238	363	976	2.309	6.214
Cama de paja - kg	648	163	384	97	1.032	260	648	163	384	97	1.032	260
Electricidad - MJ	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911
Diesel - MJ	1.932	2.116	244	267	2.176	2.383	1.932	2.116	244	267	2.176	2.383
<b>Total consumos</b>		<b>25.529</b>		<b>3.885</b>		<b>29.414</b>		<b>21.781</b>		<b>3.885</b>		<b>25.667</b>
		<b>87%</b>		<b>13%</b>				<b>85%</b>		<b>15%</b>		
ICA	1,07				1,35						1,33	

Potencial Medio												
Consumos	Dieta 1						Dieta 2					
	Vaca		Reposición		Total		Vaca		Reposición		Total	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	9.901	16.357	2.835	3.522	12.736	19.879	9.722	13.080	2.835	3.522	12.557	16.602
Pasturas	2.686	1.821	1.330	902	4.016	2.723	4.639	3.145	1.330	902	5.969	4.047
Silajes	4.029	5.966	1.142	1.644	5.172	7.610	3.092	4.578	1.142	1.644	4.235	6.222
Maíz	806	1.326	0	0	806	1.326	2.474	3.561	1.142	1.644	3.616	5.205
Varios	3.224	4.640	1.142	1.644	4.366	6.284	618	1.018	0	0	618	1.018
Alimento	3.185	8.570	363	976	3.548	9.547	1.991	5.357	363	976	2.353	6.333
Cama de paja - kg	596	150	384	97	980	247	596	150	384	97	980	247
Electricidad - MJ	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911
Diesel - MJ	1.650	1.807	244	267	1.894	2.074	1.650	1.807	244	267	1.894	2.074
<b>Total consumos</b>		<b>24.225</b>		<b>3.885</b>		<b>28.111</b>		<b>20.948</b>		<b>3.885</b>		<b>24.833</b>
		<b>86%</b>		<b>14%</b>				<b>84%</b>		<b>16%</b>		
ICA	0,99				1,27						1,26	

Potencial Alto												
Consumos	Dieta 1						Dieta 2					
	Vaca		Reposición		Total		Vaca		Reposición		Total	
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ
Alimentación - kg MS	9.026	15.114	2.835	3.522	11.860	18.636	8.891	12.425	2.835	3.522	11.726	15.947
Pasturas	2.455	1.665	1.330	902	3.785	2.566	4.139	2.806	1.330	902	5.469	3.708
Silajes	3.683	5.680	1.142	1.644	4.825	7.324	2.759	4.256	1.142	1.644	3.902	5.900
Maíz	1.842	3.030	0	0	1.842	3.030	1.380	1.986	1.142	1.644	2.522	3.630
Varios	1.842	2.650	1.142	1.644	2.984	4.294	1.380	2.270	0	0	1.380	2.270
Alimento	2.887	7.769	363	976	3.250	8.745	1.993	5.363	363	976	2.356	6.339
Cama de paja - kg	538	135	384	97	921	232	538	135	384	97	921	232
Electricidad - MJ	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911	1.662	5.911	0	0	1.662	5.911
Diesel - MJ	1.357	1.486	244	267	1.601	1.753	1.357	1.486	244	267	1.601	1.753
<b>Total consumos</b>		<b>22.647</b>		<b>3.885</b>		<b>26.532</b>		<b>19.958</b>		<b>3.885</b>		<b>23.843</b>
		<b>85%</b>		<b>15%</b>				<b>84%</b>		<b>16%</b>		
ICA	0,90				1,19						1,17	

Resumen	Dieta 1			Dieta 2			Promedio
	Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto	
Consumo energía - MJ							
Por unidad referencia	29.414	28.111	26.532	25.667	24.833	23.843	26.400
Por unidad referencia - comestible	29.414	28.111	26.532	25.667	24.833	23.843	26.400
Por unidad referencia - proteína	840.407	803.163	758.065	733.331	709.520	681.227	754.285
Area utilizada - has	2,06	1,93	1,78	1,83	1,76	1,67	1,84

a. Estudios para comparación

Sólo se ha encontrado un estudio para comparación, mostrado en la Tabla 4.57, cuyo resultado es significativamente menor que el de este trabajo. A falta de datos, no se puede determinar con precisión donde se encuentran las diferencias.

**Tabla 4.57 - Resultados de estudios de producción leche**

Autores estudio	Sainz
Año	2003
Pais/Región	n.esp.
<b>Consumos - MJ/kg</b>	<b>Leche</b>
Alimento	12.381
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	1.162
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	0
<b>Total consumos producción</b>	<b>13.543</b>
Alimento	91%
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	9%
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	0%

#### 4.4.2 Porcino

Actualmente más de la mitad de la producción mundial y argentina de carne porcina proviene de los sistemas industriales confinados. Sin embargo, se observa en los últimos años una tendencia a volver a utilizar sistemas al aire libre en algunos casos para producciones de pequeña y mediana escala. Estos presentan ciertas ventajas comparativas para compensar su menor productividad como: la baja inversión de capital, el bienestar animal, el bajo impacto ambiental, las posibilidades de uso de alimentos voluminosos, la mejora física y química de los suelos y el impacto social.

A continuación, en las Tablas 4.58 a 4.61, se detallan los distintos modelos completos.

**Tablas 4.58 a 4.61 - Parámetros principales, modelos completos y resumen de consumos en producción porcina**

Cerde y recria a campo	Etapa									
	Cerde		Recria		Engorde		Reemplazo		Total	
Consumos	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ
Alimento - kg	837	2.157	497	1.326	2.773	7.392	69	184	4.176	11.058
<i>Cerde en lactancia</i>	296	763							296	763
<i>Cerde - embarazo y entre partos</i>	541	1.394							541	1.394
<i>Desarrollo lechones</i>			497	1.326			10	28	508	1.354
<i>Engorde lechones</i>					2.773	7.392	59	156	2.832	7.548
Electricidad - MJ	0	0	1	4	1.222	4.348	26	92	1.249	4.444
Diesel - MJ	5	5	1	1	0	0	0	0	6	6
Cama de paja - kg	386	137	0	0	5.044	1.790	0	0	5.431	1.927
<b>Consumos - total</b>		<b>2.299</b>		<b>1.330</b>		<b>13.529</b>		<b>276</b>		<b>17.435</b>
<b>%/total</b>		<b>13%</b>		<b>8%</b>		<b>78%</b>		<b>2%</b>		
ICA (ajustado por mortandad)			1,7		2,9		2,7		3,2	
ICA carne manada entera									4,2	

Cerde y recria confinadas	Etapa									
	Cerde		Recria		Engorde		Reemplazo		Total	
Consumos	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ	Fisico	MJ
Alimento - kg	776	2.000	556	1.482	2.773	7.392	65	174	4.170	11.047
<i>Cerde en lactancia</i>	270	696							270	696
<i>Cerde - embarazo y entre partos</i>	506	1.304							506	1.304
<i>Desarrollo lechones</i>			556	1.482			11	29	567	1.511
<i>Engorde lechones</i>					2.773	7.392	54	145	2.827	7.536
Electricidad - MJ	376	1.338	447	1.589	1.222	4.348	33	116	2.078	7.391
Diesel - MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cama de paja - kg	0	0	0	0	5.044	1.790	0	0	5.044	1.790
<b>Consumos - total</b>		<b>3.338</b>		<b>3.071</b>		<b>13.529</b>		<b>290</b>		<b>20.228</b>
<b>%/total</b>		<b>17%</b>		<b>15%</b>		<b>67%</b>		<b>1%</b>		
ICA (ajustado por mortandad)			1,9		2,9		2,7		3,2	
ICA carne manada entera									4,2	

**Resumen**

Consumo energía - MJ	A campo	Confinado	Promedio
Por unidad referencia	17.435	20.228	19.111
Por unidad referencia - comestible	25.239	29.283	27.665
Por unidad referencia - proteína	180.278	209.161	197.608
Area utilizada - has	0,91	0,91	0,91

**i. Estudios para comparación**

Los estudios que se han encontrado han estimado valores más altos en promedio que los calculados en este trabajo, como muestra la Tabla 4.62.

**Tabla 4.62 - Resultados de estudios de carne porcina**

Autores estudio	Southwell/ Rockwell	Brand/ Melman	Sainz	Smil	<b>Promedio</b>	
Año	1977	1993	2003	2008		
Pais/Región	Canada	Holanda	n.esp.	Diversas		
<b>Consumos - MJ/kg</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>	<b>Carne</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>
Alimento	20.500	15.900	25.000			
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	3.000	3.000	9.454			
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	400	0	0			
<b>Total consumos producción</b>	<b>23.900</b>	<b>18.900</b>	<b>34.454</b>	<b>42.500</b>	<b>22.094</b>	<b>28.693</b>
Alimento	86%	84%	73%		81%	81%
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	13%	16%	27%		19%	19%
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	2%	0%	0%		1%	1%

#### 4.4.3 Avícola

La producción de aves de corral ha sido la actividad pecuaria más sujeta a cambios estructurales en las últimas décadas, como se puede intuir de los datos presentados al analizar los ICA. En Argentina y en el mundo los planteos de confinamiento son responsables por casi la totalidad de la producción. A continuación se detallan los distintos modelos completos en las Tablas 4.63 a 4.66.

##### *i. Carne*

**Tablas 4.63 a 4.66 - Parámetros principales, modelos completos y resumen de consumos en producción de carne avícola**

<b>Parámetros productivos</b>	<b>Campo</b>			<b>Confinado</b>		
	<b>Gallinas</b>	<b>Pollos</b>	<b>Total</b>	<b>Gallinas</b>	<b>Pollos</b>	<b>Total</b>
Ouptut - kg carne	1.000			1.000		
Ouptut - kg proteína	111					
<b>Desarrollo línea - # animales</b>						
1a generación	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1
2a generación	0,1	4,5	4,6	0,1	4,1	4,2
3a generación	5,5		5,5	5,0		5,0
<b>Total</b>	<b>5,6</b>	<b>4,6</b>	<b>10,2</b>	<b>5,1</b>	<b>4,2</b>	<b>9,3</b>
Peso vivo pollo a faena - kg	2,35			2,54		
% Carne	70%			70%		
Carne por pollo - kg	1,65			1,78		
Pollos necesarios	640			586		

<b>Engorde a campo</b>							
<b>Consumo</b>	<b>Cría</b>		<b>Engorde</b>		<b>Total</b>		
	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>%</b>
Alimento - kg	282	774	3.519	9.679	3.801	10.453	84%
Cama de paja - kg	0	0	640	161	640	161	1%
Electricidad - MJ	59	209	0	0	59	209	2%
Propano - MJ	12	12	1.587	1.676	1.598	1.688	13%
<b>Consumos - total</b>		<b>995</b>		<b>11.516</b>		<b>12.511</b>	
<b>%/total</b>		<b>8%</b>		<b>92%</b>			
ICA			2,39		2,66		
ICA carne					3,80		

<b>Engorde confinado</b>							
<b>Consumo</b>	<b>Cría</b>		<b>Engorde</b>		<b>Total</b>		
	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>Físico</b>	<b>MJ</b>	<b>%</b>
Concentrados - kg	258	710	2.694	7.411	2.953	8.121	65%
Cama de paja - kg	0	0	586	148	586	148	1%
Electricidad - MJ	54	191	675	2.401	729	2.592	21%
Propano - MJ	11	11	1.453	1.534	1.464	1.545	12%
<b>Consumos - total</b>		<b>912</b>		<b>11.494</b>		<b>12.406</b>	
<b>%/total</b>		<b>7%</b>		<b>93%</b>			
ICA			1,85		1,92		
ICA carne					2,95		

**Resumen**

<b>Consumo energía - MJ</b>	<b>A campo</b>	<b>Confinado</b>	<b>Promedio</b>
Por unidad referencia	12.511	12.406	12.417
Por unidad referencia - comestible	15.764	15.632	15.645
Por unidad referencia - proteína	78.818	78.160	78.226
Area utilizada - has	0,88	0,69	0,70

a. Estudios para comparación

Los estudios que se han encontrado, mostrados en la Tabla 4.67, han estimado valores más altos en promedio que los calculados en este trabajo.

**Tabla 4.67 - Resultados de estudios de carne avícola**

<b>Estudios carne avícola</b>						
Autores estudio	Southwell/ Rockwell	Brand/ Melman	Sainz	Atilgan/ Koknaroglu	<b>Promedio</b>	
Año	1977	1993	2003	2006		
Pais/Región	Canada	Holanda	n.esp.	Turquía		
<b>Parámetros productivos</b>						
ICA peso vivo - engorde			1,9			
ICA carne - engorde			2,5			
ICA peso vivo - ciclo completo			2,0			
ICA carne - ciclo completo			2,7			
Peso faena vivo - kg			1,7	2,3		
Peso faena carne - kg			1,3	1,7		
% carne en peso vivo			75%	75%		
<b>Equivalentes energéticos</b>						
Alimento - MJ/tn			4.366			
<b>Consumos - MJ</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>	<b>Carne</b>	<b>Peso vivo</b>	<b>Carne</b>
Alimento	14.000	15.000	14.351	17.335		
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	8.000	4.000	9.603	1.644		
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	1.000	0	2.667	0		
<b>Total consumos producción</b>	<b>23.000</b>	<b>19.000</b>	<b>26.620</b>	<b>18.979</b>	<b>19.050</b>	<b>25.400</b>
Alimento	61%	79%	54%	91%	71%	71%
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	35%	21%	36%	9%	25%	25%
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	4%	0%	10%	0%	4%	4%

**ii. Huevos**

En las Tablas 4.68 a 4.72 se detallan los distintos modelos completos.

**Tablas 4.68 a 4.72 - Parámetros principales, modelos completos y resumen de consumos en producción de huevos**

<b>Parámetros productivos</b>	<b>Confinada</b>			<b>A campo 1</b>			<b>A campo 2</b>		
	<b>Gallinas</b>	<b>Pollos</b>	<b>Total</b>	<b>Gallinas</b>	<b>Pollos</b>	<b>Total</b>	<b>Gallinas</b>	<b>Pollos</b>	<b>Total</b>
Output - huevos	20.000			20.000			20.000		
<b>Desarrollo linea - # animales</b>									
1a generación	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02
2a generación	0,01	1,27	1,28	0,01	1,33	1,34	0,01	1,32	1,33
3a generación	0,66	0,00	0,66	0,69	0,00	0,69	0,69		0,69
<b>Total</b>	<b>0,67</b>	<b>1,29</b>	<b>1,96</b>	<b>0,71</b>	<b>1,35</b>	<b>2,06</b>	<b>0,70</b>	<b>1,34</b>	<b>2,05</b>
Pollitos necesarios	71			75			74		
Ponedoras necesarias	68			69			69		

**A campo 1**

Consumo	Cría		Pollitos		Ponedoras		Total		
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	%
Alimento - kg	41	124	492	1.498	3.862	11.744	4.395	13.366	95%
Electricidad - MJ	10	36	142	504	0	0	152	540	4%
Diesel - MJ	0	0	0	0	15	16	15	16	0%
Propano - MJ	3	4	187	197	0	0	190	201	1%
<b>Consumos - total</b>		<b>163</b>		<b>2.199</b>		<b>11.760</b>		<b>14.122</b>	
<b>% /total</b>		<b>1%</b>		<b>16%</b>		<b>83%</b>			
ICA								0,67	

**A campo 2**

Consumo	Cría		Pollitos		Ponedoras		Total		
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	%
Alimento - kg	40	123	490	1.491	3.778	11.488	4.309	13.103	95%
Electricidad - MJ	10	35	141	502	0	0	151	538	4%
Diesel - MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Propano - MJ	3	4	186	196	0	0	189	200	1%
<b>Consumos - total</b>		<b>162</b>		<b>2.190</b>		<b>11.488</b>		<b>13.840</b>	
<b>% /total</b>		<b>1%</b>		<b>16%</b>		<b>83%</b>			
ICA								0,66	

**Confinada**

Consumo	Cría		Pollitos		Ponedoras		Total		
	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	Físico	MJ	%
Alimento - kg	39	118	470	1.429	3.044	9.257	3.553	10.804	77%
Electricidad - MJ	10	34	135	481	714	2.540	859	3.055	22%
Diesel - MJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Propano - MJ	3	3	178	188	0	0	181	191	1%
<b>Consumos - total</b>		<b>155</b>		<b>2.098</b>		<b>11.797</b>		<b>14.050</b>	
<b>% /total</b>		<b>1%</b>		<b>15%</b>		<b>84%</b>			
ICA								0,54	

**Resumen**

Consumo energía - MJ	A campo 1	A campo 2	Confinado	Promedio
Por unidad referencia	14.122	13.840	14.050	14.043
Por unidad referencia - comestible	15.609	15.297	15.529	15.521
Por unidad referencia - proteína	132.705	130.055	132.026	131.962
Area utilizada - has	1,02	1,00	0,82	0,84

b. Estudios para comparación

Como muestra la Tabla 4.73, los estudios que se han encontrado han estimado valores más altos en promedio que los calculados en este trabajo.

**Tabla 4.73 - Resultados de estudios de producción de huevos**

<b>Estudios producción huevos</b>				
Autores estudio	Southwell/ Rockwell	Brand/ Melman	Sainz	<b>Promedio</b>
Año	1977	1993	2003	
País/Región	Canadá	Holanda	n.esp.	
<b>Consumos - MJ/kg</b>	<b>Huevo</b>	<b>Huevo</b>	<b>Huevo</b>	<b>Huevo</b>
Alimento	18.900	14.100	16.364	
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	5.400	1.200	8.190	
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	500	0	0	
<b>Total consumos producción</b>	<b>24.800</b>	<b>15.300</b>	<b>24.553</b>	<b>21.551</b>
Alimento	76%	92%	67%	81%
Incubación, calefacción, ventilación e iluminación	22%	8%	33%	18%
Procesado alimentos, equipos, efecto mortandad, otros	2%	0%	0%	1%

#### 4.5 Evolución histórica de la eficiencia

No se han encontrado estudios que muestren la evolución del consumo energético del sector pecuario en el tiempo.

#### 4.6 Estudio de alternativas

Como ha podido observarse, para todas las especies estudiadas el alimento resulta el insumo responsable por el mayor porcentaje del consumo energético. Para poder mejorar la eficiencia en dicho rubro existen tres caminos:

- una disminución en el uso de energía en la etapa agrícola. Esto ya se ha analizado al hablar de agricultura, por lo que no se volverá a tratar aquí.
- un cambio en las dietas.
- una mejora en los ICA

Hay que aclarar que los últimos dos aspectos señalados pueden resultar imposibles de conciliar en algunos casos. A continuación se detalla un estudio que se ha podido encontrar al respecto.

***i. Alimentación de cerdos en crecimiento y terminación con pastura de alfalfa***

Algunas opiniones contrarias a la utilización de pasturas como alimentación en los monogastricos se basan en la baja digestibilidad de fibra de los mismos y el mayor gasto energético a los que son sometidos al pastorear directamente. Para poner a prueba estas suposiciones, durante el año 1999 el INTA Marcos Juárez llevo a cabo un ensayo para medir las diferencias productivas de cachorros de recría y terminación (20 a 100 Kg) alimentados sólo con alimento balanceado o reemplazando parte del alimento por pastura (alfalfa y trébol blanco de excelente calidad). Los resultados mostraron un consumo de alimento preparado 13 % menor para los cerdos alimentados en parte con pastura, lo que significa una mayor rentabilidad y un menor consumo energético, por la menor intensidad de los planteos de pasturas con respecto a los de granos. Como contrapartida, aumenta la necesidad de tierra para el desarrollo de la producción.

Por otro lado, existen oportunidades de mejora en las otras fuentes de consumo, especialmente para los planteos confinados que son los que las presentan en mayor cantidad. A continuación se analizarán distintos estudios que plantean alternativas.

***ii. Ahorros en energía para ventilación***

Se ha mencionado la importancia de la ventilación en los planteos confinados. Distintos estudios analizan algunos aspectos vinculados a la misma:

- el funcionamiento de los equipos con correas y poleas desgastadas puede llevar a ineficiencias operativas del orden del 20%, aumentando el consumo de energía necesario
- la falta de limpieza de los conductos y del propio ventilador reducen la capacidad de movimiento de aire en más de un 30%.

***iii. Ahorros en energía para calefacción***

**a. Producción avícola con aprovechamiento de los desechos para biogás en Brasil**

Un estudio realizado en el período '98-'99 en una granja comercial del estado de San Pablo, en Brasil, tuvo como objetivo determinar la mejora obtenible en la eficiencia energética de la producción avícola al generar energía con desechos de la producción. El establecimiento produce en confinamiento, donde se utiliza paja de trigo como cama, práctica muy habitual como se ha comentado anteriormente. Una vez que este elemento cumplía con su ciclo de uso, era vendido para ser procesado como fertilizante. El

planteo propuesto es utilizar un sistema de biodigestores anaeróbicos que procesan la cama de trigo para obtener biogás que puede ser utilizado como reemplazo del GLP en el sistema de calefacción. Se necesitan aproximadamente 50 días para completar el proceso de biodigestión. En la Tabla 4.74 se detallan los principales datos del estudio

**Tabla 4.74 - Producción de biogás en granja avícola**

	Unidad	Dato
<b>Datos de producción</b>		
Consumo GLP en producción	kg	548
Cama de paja desechada	kg	27.703
<b>Datos de biodigestor</b>		
Potencial de producción (biogás/cama paja)	m <sup>3</sup> /kg	0,1001
Producción biogás	m <sup>3</sup>	2.773
Densidad biogás	kg/m <sup>3</sup>	0
Producción biogás	kg	1.313
<b>Producción biogás/Consumo GLP</b>	<b>x</b>	<b>2,4</b>

La producción de biogás que se obtiene en el período analizado excede los requisitos de la instalación para su funcionamiento. El estudio contempla el embotellado en garrafas de todo el output del biodigestor, por lo que la comercialización del excedente no presentaría mayores inconvenientes. Hay que mencionar que el estudio no analiza la inversión necesaria para instalar un sistema de biodigestor con todos los componentes, por lo que quedaría pendiente realizar un estudio de rentabilidad para definir la factibilidad de este planteo.

b. Otros

- El uso de intercambiadores de calor aire-aire, que transfieren calor proveniente del aire del interior de la instalación de confinamiento (avícola o porcina) al aire que esta por ingresar, puede resultar en ahorros de energía para calefacción de hasta un 40%.
- En la producción láctea se necesita enfriar la leche que sale de la vaca. El uso de intercambiadores de calor agua-agua para transferir calor de la leche a otro líquido (p.e: agua) permite aprovechar la energía contenida en la misma y enfriarla simultáneamente.

*iv. Ahorros en energía para iluminación*

Desde hace unos años se está dando impulso a nivel mundial al uso de iluminación de bajo consumo en reemplazo de la tradicional incandescente. Este reemplazo se ve

evitado en muchas oportunidades por el mayor costo de esta alternativa. Sin embargo, ante el aumento en los precios de la electricidad experimentados principalmente por la suba en los combustibles fósiles, el cambio, que de por sí implica una mayor sustentabilidad, resulta a la vez rentable. Recientemente, se han realizado estudios en granjas avícolas en EE.UU. que muestran un ahorro de hasta 75% en la energía consumida después del cambio de equipamiento.

## **5. USO DE ENERGÍA EN LA PESCA Y LA PRODUCCIÓN PRIMARIA ACUÍCOLA**

### **5.1 Pesca de captura**

Como en el resto de las actividades, en la pesca existen inputs energéticos directos e indirectos:

- los directos consisten fundamentalmente en la energía que se requiere para propulsar la embarcación y permitir el funcionamiento de su equipo de pesca. Ambos requisitos suelen ser provistos por algún tipo de combustible, principalmente gasoil o fuel oil. Generalmente, los inputs directos representan del 75% al 90% de los totales.
- los indirectos son los necesarios para asegurar la provisión del equipo de pesca, la carnada y el hielo para la refrigeración.

#### **5.1.1 Consumos directos: consumo de combustible**

La pesca de captura es la actividad productiva de alimentos que presenta una mayor diversidad a nivel mundial, tanto por el número de especies distintas capturadas como por las técnicas utilizadas a tal fin. El único aspecto que resulta común a la gran mayoría es la dependencia de combustibles fósiles. Esto motivo que, después de los shocks petroleros de los '70, se comenzaran a realizar estudios profundizando sobre este aspecto, aunque sólo para algunos sistemas específicos. El Dr. Peter H. Tyedmers, junto con su grupo de colaboradores, es el primer científico que ha realizado un estudio a nivel global.

Dicho estudio parte de datos de captura, días de trabajo, consumo de combustible, tipo de equipo y potencia motora solicitados a una gran variedad de flotas de distintas regiones. El dato de consumo de combustible resultaba muy variable, incluso para embarcaciones similares, por lo que el autor decide estimar valores representativos. El calculo parte de la base de que el consumo depende principalmente de los días de trabajo y de la potencia del motor. Entonces, realiza una regresión con los datos obtenidos y obtiene un coeficiente promedio. Sin embargo, durante dicho proceso nota que se hace necesario tener en cuenta un factor adicional, que es el tipo de equipo de pesca utilizado que influye considerablemente en la forma de utilización del motor. Los equipos de pesca se dividen en pasivos y activos. Se entiende por técnica de pesca activa a aquella en la que la embarcación se traslada hacia las especies a capturar y como pasiva a aquella en la que la especie es la que se mueve hacia un equipo de

captura estático. Los equipos activos son los de mayor difusión en la pesca a gran escala, por lo que son los más relevantes para analizar en este estudio, mientras que los pasivos son utilizados fundamentalmente en pesca artesanal.

En la Tabla 5.1 se detallan los consumos de combustible diarios promedio de las distintas alternativas.

**Tabla 5.1 - Consumos típicos de las distintas técnicas de pesca utilizadas**

<b>Técnica</b>	<b>Consumo (l/HPx día)</b>	<b>Clasif. técnica</b>
Pesca de arrastre	2,55	Activa
Red de cerco - móvil	2,28	Activa
Red de cerco - todos	2,12	Activa
Red de cerco - estándar	1,88	Activa
Pesca con palangre	2,81	Pasiva

### *i. Consumos determinados por especie*

#### a. Demersales

Las pesquerías que se dedican a la captura de estas especies se encuentran entre las más importantes del mundo, y hoy en día existen más de 100 familias explotadas entre las que se destacan los rapés, los abadejos y los peces aplanados. La característica saliente de la especie es que los peces viven cerca de o en el mismo fondo oceánico, a profundidades que van desde los 10 m a superar los varios cientos. Es por eso que se pueden encontrar equipamientos de captura de muy diversa índole en las embarcaciones. La mayor parte de las capturas es con pesca de arrastre; la técnica que la sigue en utilización es el long line. El autor analiza 29 sistemas de Canadá, Islandia, Noruega y Alemania. El promedio de consumo resultó ser de 500 lts, con extremos muy separados. La variabilidad en la intensidad es producto de dos factores principales:

- **la abundancia y capturabilidad de las especies:** las flotas de Canadá e Islandia que pescan redfish mostraron una intensidad de 400 l/ton, mientras que la flota alemana de peces aplanados necesitó 2.300 l/ton. En ambos casos el equipo utilizado fue de arrastre.
- **el tipo de equipo utilizado:** para el abadejo, en el Atlántico Norte, con red de cerco 440, con palangre 490 y con pesca de arrastre 530 l/ton.

b. Pelágicos

- **Para consumo humano:** en esta especie también existe una amplia variedad de familias, desde pequeños herbívoros como el arenque hasta carnívoros de los altos eslabones de la cadena trófica, como el atún y los peces de pico. La característica común a todas es que se capturan en o cerca de la superficie oceánica. También en este caso el estudio muestra consumos muy disímiles. Tomando las especies mencionadas como ejemplo, se encuentra que:
  - para el arenque se presentan valores promedio de entre 100 y 150 l/ton, tanto en el Atlántico como en el Pacífico. El equipo utilizado es red de cerco.
  - para atún y los peces de pico se utiliza palangre. Los valores hallados se encuentran en un rango desde 1.400 a 3.400 l/ton
- **Para reducción industrial:** Alrededor del 80% de los peces pelágicos capturados, equivalentes a un 30% de la captura mundial total, son reducidos industrialmente en harina y aceite de pescado, productos analizados al hablar de acuicultura. La anchoveta corresponde al 46% del volumen, el resto es principalmente arenque, pilcomayo, sardinetas, sardinas y menhaden. Estudios realizados en el Atlántico Norte muestran que estas especies requieren en promedio consumos por debajo de los 100 l/ton, incluso existiendo flotas que consistentemente presentan valores cercanos a los 40 l/ton. Lo baja y lo regular de esta intensidad muy probablemente sea producto de que los sistemas están bien regulados.

c. Invertebrados

Estos sistemas representan tan sólo una pequeña proporción del volumen de captura anual, pero se encuentran entre los más lucrativos. Su captura generalmente implica altos consumos de combustible. Tomando como ejemplo a la langosta y los langostinos, se observa que estos requieren de más de 1.000 l/ton. Sin embargo, existen determinadas especies, también valiosas, como las vieiras y los cangrejos del Atlántico Norte que requieren un consumo menor, de entre 300 y 350 l/ton.

*ii. Consumos determinados por país*

El estudio también ha calculado consumos promedio para los principales países pesqueros del mundo. Se presenta un resumen de los mismos en la Tabla 5.2.

**Tabla 5.2 - Capturas, consumo de combustible y emisiones en pesca de captura (2000)**

País	Capturas	Consumo combustible		Emisiones
	MM tn	MM l.	l/tn	tn CO2/tn
China	17,0	10.087	594	2
Japon	5,0	4.459	894	3
EE.UU.	4,7	3.010	634	2
Fed. Rusa	4,0	2.732	688	2
Noruega	2,7	786	291	1
Islandia	2,0	530	267	1
Corea del Sur	1,8	1.840	1.009	3
Mexico	1,3	974	741	2
Canada	1,0	519	523	2
Espana	1,0	1.259	1.290	4
Argentina	0,9	640	698	2
Francia	0,6	673	1.129	3
Polonia	0,2	80	367	1
Australia	0,2	205	972	3
Grecia	0,1	68	687	2
<b>Total</b>	<b>42,5</b>	<b>27.862</b>	<b>655</b>	<b>2</b>

Se observa que Argentina se encuentra en línea con el consumo promedio de los países relevados.

En resumen, el estudio señala que la técnica de pesca y la abundancia y proximidad del recurso a capturar son los dos factores principales que determinan los respectivos consumos necesarios para cada especie y país. Vale la pena entonces analizar algunas características particulares de la pesca en Argentina que influyen en el consumo que se ha determinado.

Como se observa en la Tabla 5.3, en 2008 el 85% de las capturas del país correspondía a 5 especies.

**Tabla 5.3 -Capturas de las principales especies para períodos seleccionados y equipo utilizado en su captura**

Especie	Equipo	Capturas - miles tn			
		1992	1997	2002	2008
Langostino	Red de arrastre con tangones y de fondo	24	6	51	47
Calamar Illex	Poteras y red de arrastre de fondo	78	412	177	256
Merluza de Cola	Red de arrastre de fondo y semipelágica	10	42	99	110
Merluza Hubbsi	Red de arrastre de fondo	393	586	367	377
<b>Especies principales</b>		<b>505</b>	<b>1.046</b>	<b>694</b>	<b>790</b>
<b>Total país</b>		<b>731</b>	<b>1.341</b>	<b>883</b>	<b>934</b>
<b>% E. princ.</b>		<b>69%</b>	<b>78%</b>	<b>79%</b>	<b>85%</b>

A raíz de la disminución de los desembarques, la flota argentina, ha quedado sobredimensionada tanto en relación con la sustentabilidad de los recursos como con la rentabilidad del negocio. En los últimos años, esta situación se observa también en las plantas en tierra. La sobrepesca de los últimos años causante de esta realidad no es fácil de percibir con las estadísticas disponibles, ya que para evitar sanciones muchas empresas reportan capturas menores a las reales. Sin embargo, existen estudios privados que señalan que para la merluza, principal especie en importancia, la población ha disminuido en un 70% en los últimos 20 años. A pesar de que se ha declarado en emergencia a la especie, primero por Ley y luego por Decreto de Necesidad y Urgencia, muchos especialistas piensan que ya puede ser demasiado tarde para volver a un nivel de recurso como el de la década pasada.

Lamentablemente no se cuenta con estudios específicos que permitan intuir la eficiencia energética del sector. Sin embargo, teniendo en cuenta lo expuesto en cuanto a las características de los equipos utilizados y las condiciones del ecosistema, no parece lógico que se logre un consumo de combustible óptimo.

### **5.1.2 Consumos indirectos**

El estudio de Tyedmers menciona que debido a la alta heterogeneidad que existe en la flota pesquera mundial, resulta muy difícil estimar con precisión estos consumos. Adicionalmente, como se ha mencionado, los mismos representan una fracción relativamente pequeña del consumo total. Es por eso que este trabajo adhiere al criterio de Tyedmers, por lo que en pesca de captura solo se consideran los consumos directos de energía.

### **5.1.3 Determinación de la eficiencia**

Al igual que en los sistemas pecuarios, en la Tabla 5.4 se expresa la eficiencia en términos de MJ por tonelada carne y tonelada proteína. Tyedmers considera que el combustible es gasoil para todas las embarcaciones, ya que es el utilizado en la mayoría (aunque no todas) de las embarcaciones pesqueras del mundo. El contenido de proteínas de los peces, al igual que en las especies pecuarias, depende de su fisonomía por un lado y de las características de su carne por el otro. Los invertebrados, por ejemplo, se caracterizan por su bajo contenido de músculo, ya que en casos como la langosta o el cangrejo la parte comestible corresponde a tan sólo un 30% de su peso, mientras que en los vertebrados los valores suelen estar entre 50% y 60%. Los equivalentes energéticos utilizados son 17,600 MJ/tn para la proteína y 33,6 MJ/l para el gasoil.

**Tabla 5.4 - Consumo energético para las principales especies bajo distintas unidades**

Especie	Equipo	Carne	Proteína	C. Energía (comb.)			
		% Peso	% Peso	l/tn p.v.	MJ/tn p.v.	MJ/tn carne.	MJ/tn prot.
<b>Demersales</b>							
Pez rojo	Arrastre		9%	420	14.112		160.000
Merluza/peces aplanados	Red de cerco		8%	440	14.784		176.000
Merluza/abadejo	Palangre		9%	490	16.464		193.407
Merluza	Arrastre		8%	530	17.808		209.524
Abadejo	Arrastre		6%	600	20.160		338.462
Peces aplanados	Arrastre		9%	750	25.200		266.667
Corvina	Arrastre		8%	1.500	50.400		606.897
Peces aplanados	Arrastre		8%	2.300	77.280		926.316
<b>Pelagicos</b>							
Arenque/caballa	Red de cerco		11%	100	3.360		31.429
Arenque	Red de cerco		10%	140	4.704		48.889
Arenque	Red de cerco		9%	140	4.704		50.286
Salmón	Red de cerco	66%	10%	360	12.096	18.457	117.333
Salmón	Trampa	66%	11%	780	26.208	39.991	244.444
Salmón	Trasmallos	66%	11%	810	27.216	41.529	258.824
Salmón	Troll	66%	11%	830	27.888	42.554	262.687
Arenque	Red de cerco		10%	1.000	33.600		345.098
Bonito	Pole and line		14%	1.400	47.040		332.075
Bonito	Red de cerco		14%	1.500	50.400		359.184
Pez espada/atún	Palangre		14%	1.740	58.464		419.048
Salmón	Trasmallos	66%	11%	1.800	60.480	92.286	567.742
Pez espada/atún	Palangre		11%	2.200	73.920		651.852
Atún	Palangre		14%	3.400	114.240		800.000
<b>Invertebrados</b>							
Almejas	Manual		6%	300	10.080		160.000
Cangrejo	Trampa		4%	330	11.088		308.772
Vieiras	Dredge		2%	350	11.760		651.852
Langostino	Arrastre	56%	10%	920	30.912	55.200	303.448
Langostino	Arrastre	56%	10%	960	32.256	57.600	314.286
Langosta Noruega	Arrastre		5%	1.030	34.608		676.923
Cangrejo	Trampa		3%	1.300	43.680		1.257.143
Langosta	Trampa		5%	1.600	53.760		1.035.294
Calamar	Jig		11%	1.700	57.120		533.333
Langostino	Arrastre	56%	11%	3.000	100.800	180.000	926.316
<b>Pesca mundial</b>	<b>Todos</b>		<b>9%</b>	<b>620</b>	<b>20.832</b>		<b>220.000</b>

Se observa una dispersión muy alta en los retornos, más alta que la relevada para las distintas especies pecuarias, producto principalmente de la existente en los consumos energéticos.

#### 5.1.4 Evolución de la eficiencia en el tiempo

Como se vio en la introducción de estos sistemas, el número de poblaciones explotadas por sobre los niveles sustentables ha aumentado considerablemente en los últimos 40 años. Es por eso que se han realizado estudios para determinar la evolución de los retornos proteicos de algunas pesquerías específicas. A pesar de que los períodos y las especies involucradas son muy distintos, la conclusión general es que el desempeño de muchos de los sistemas ha empeorado. Algunos ejemplos de declives pronunciados son

- las pesquerías de New Bedford, Massachussets (EE.UU.), cuyo retorno proteico paso de 15% a 3% entre 1968 y 1988.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- la flota japonesa de calamares, con retornos que en 1998 eran de tan solo 4%, habiendo llegado a 30% en la década del '60.
- la flota de EE.UU. en conjunto, para la cual se estima que entre 1967 y 1975 el consumo de combustible se duplicó, pero la captura no aumentó en igual medida, disminuyendo el retorno de 14 a 7%.

Hay que aclarar que aunque estos estudios son de hace unas décadas, se estima que en el mejor de los casos la tendencia declinante puede haberse estabilizado, con lo cual los datos relevados servirían como referencia actual. Se mencionan como principales causas de la pérdida de eficiencia a la disminución en el tiempo de la abundancia y proximidad del recurso y al mayor tamaño y sofisticación de las embarcaciones, lo que las hace consumir más combustible. Aquí hay que destacar el efecto que han tenido la poca regulación y las subvenciones a los insumos energéticos presentes en muchas regiones, que han permitido a las empresas expandir sus operaciones por encima de niveles sustentables.

### **5.1.5 Potenciales mejoras de eficiencia**

Casi todas las alternativas disponibles para mejorar la eficiencia de los sistemas de captura en definitiva tienen como efecto una reducción del numerador de la ecuación planteada. Esto se debe a que a diferencia de otros sistemas no existe la posibilidad de mejorar las características del recurso, ya que este se extrae y no se produce. La única posibilidad de aumentar el valor del denominador sin afectar el consumo de energía es mediante una mejor utilización de by-catch (recurso pesquero capturado junto con la especie objetivo).

Muchos especialistas sostienen que una buena ordenación de la actividad extractiva en sistemas sin regulación, además de evitar la potencial desaparición del recurso pesquero, puede mejorar la eficiencia del uso de combustible. Esto se debe a la naturaleza de las políticas que se aplican, que consisten en determinar primero un nivel de captura permitido que sea sustentable en el tiempo y luego quienes van a extraer el recurso. Lamentablemente, no existen a la fecha estudios que cuantifiquen el impacto de los cambios normativos implementados en algunos sistemas en el consumo de combustible de sus flotas.

Otra manera de reducir el consumo de combustible, que se está implementando cada vez en mayor medida, es mediante el uso de embarcaciones especializadas en transporte de pescado. Estas permiten a los barcos pesqueros dedicar más tiempo a pescar y menos a desplazarse hacia o de regreso de los caladeros. A pesar de que tampoco existen

investigaciones específicas al respecto, la FAO estima que a grandes rasgos el consumo de combustible se puede reducir en alrededor de un 20%.

También existen estudios que demuestran que pueden lograrse mejoras de eficiencia si reemplaza equipamiento obsoleto, principalmente motores, por equipos de última generación. Hasta el momento, el ahorro promedio que se ha cuantificado es también de un 20% del consumo.

Por otro lado, algunos estudios plantean el interrogante de porque no se reemplazan todos los equipos activos por pasivos, que presentan por lo general un consumo de energético mucho menor (a excepción del palangre). Sin embargo, los especialistas sostienen que esto no es tan simple ya que muchas especies prácticamente no pueden ser capturadas con equipos pasivos.

Otro potencial fuente de mejoras de eficiencia es el cambio de las estrategias de pesca: reducir la velocidad de crucero en un 5% reduce el consumo de combustible en aproximadamente un 18%. Sin embargo, como esto obligaría a incrementar los tiempos de operación, hay que cuantificar el mayor impacto de costos como la mano de obra y ver si son compensados por el ahorro en insumos energéticos. También existen especialistas que sostienen que la performance hidrodinámica de las embarcaciones utilizadas en una gran cantidad de sistemas hoy en día no es muy buena. Lograr mejoras en este campo podría repercutir en consumos de combustible hasta un 10% menores.

Por último, una alternativa que se está comenzando a analizar, e incluso ya se ha aplicado en algunos casos, es el uso del hidrógeno como combustible. Los problemas principales que todavía limitan una mayor implementación son el alto costo de los equipos y el almacenamiento del combustible.

### 5.1.6 Impacto ambiental

Además del estudio de Tyedmers, existen otros que han tratado de estimar el consumo de combustible y los impactos ambientales asociados al mismo. Sus conclusiones se muestran en la Tabla 5.5.

**Tabla 5.5 - Distintas estimaciones de las emisiones de CO2 de la flota pesquera mundial**

Estudio	Embarcaciones consideradas	Año	Uso combustible	Emisiones	
			MM tons	tn CO2/tn comb.	tn CO2
Eyring	Solo >100 t	2001	238	2.9	691
Tyedmers	Todos	2001	42	3.2	134
FAO	Todos	2005	14	3.1	43

Se ha elegido como referencia al estudio de Tyedmers ya que es el que cuenta con mayor cantidad de detalle del método de cálculo. Los otros dos presentan valores extremos con respecto a este, que no pueden ser evaluados en profundidad por la falta de datos.

## 5.2 Acuicultura

Los distintos tipos de acuicultura consumen diversas cantidades de energía, tanto directa como indirecta. Al igual que en las especies pecuarias, hay que aclarar que se asignan consumos asociados a la producción de las crías previamente a su introducción en los sistemas de engorde.

- **Acuicultura extensiva:** la mayoría de las especies cultivadas en sistemas de este tipo subsisten en base a la disponibilidad de alimento natural de la zona (producción de mejillones) o a sub-productos agrícolas (producción de carpas y tilapia). Debido a las mencionadas prácticas de manejo, estos sistemas otorgan rindes relativamente bajos de proteína comestible por unidad de área, pero a la vez no requieren de grandes inputs energéticos. Para mejorar la productividad, en algunos casos suele recurrirse al uso de fertilizantes para favorecer la aparición de algas que son utilizadas como alimento.
- **Acuicultura intensiva:** los sistemas intensivos generan un retorno proteico por unidad de superficie superior al de los extensivos, producto de un importante uso de recursos energéticos en la mecanización, los trabajos ambientales necesarios y los requerimientos alimenticios de la especie en cuestión.

A continuación se detallan distintos aspectos de la actividad:

### 5.2.1 Alimentación

La FAO estima que en 2005 un 45% de la producción acuícola dependió de la utilización de alimentos ajenos al hábitat productivo, compuestos de pescado en estado natural o derivados de los mismos combinados y/o con productos de origen agrícola y otros ingredientes. Dentro de las especies que utilizan estos alimentos se encuentran algunas herbívoras y omnívoras, como las carpas y la tilapia, y otras carnívoras, como los salmónidos y los langostinos. Debido a las distintas características de las especies cultivadas y el grado de desarrollo tecnológico de los productores, existen cuatro técnicas diferentes de alimentación. Estas se diferencian por la inclusión o no de alguna de las familias de componentes mencionadas o en el caso que se incluyan ambos, por el origen del alimento utilizado:

- **alimentación sin pescado:** algunas especies pueden no consumir pescado directamente no: en algunas especies herbívoras puede obviarse el uso de productos vinculados al pescado, consumiéndose productos alternativos (algas, vegetales, pecuarios). En cambio, las especies carnívoras no pueden desarrollarse sin pescado u otras proteínas marinas como el krill.
- **alimentación con pescado sin procesar:** utilizando esta técnica, es necesario proporcionar de 8 a 15 kg de peces como alimento en promedio para poder obtener 1 kg de pescado. Por ende, es necesario tener acceso a grandes volúmenes de pescado barato durante toda la temporada de cultivo, algo generalmente muy difícil de lograr. Esto hace que esta práctica este cayendo rápidamente en desuso y hoy en día se utilicen solo unos 5 o 6 millones de toneladas de pescado para esta actividad.
- **alimentación con productos agropecuarios + pescado natural:** en muchas ocasiones, para asegurar y mejorar la alimentación, los acuicultores mezclan pescado con productos y/o subproductos agrícolas, produciendo alimentos en las propias explotaciones. El contenido de los alimentos puede ser muy diverso, dependiendo de los subproductos de cultivo y ganaderos disponibles. Se estima que en China y el sudeste asiático, donde se concentran la mayoría de los productores que utilizan esta técnica, el volumen de alimentos producido es de aproximadamente 20 millones de toneladas y esta en aumento.
- **alimentación con productos elaborados:** a medida que los acuicultores en pequeña escala se expanden o comienzan a suministrar sus productos a zonas urbanas y a mercados externos, se ven obligados a producir con una calidad constante. Esto es muy difícil de conseguir con sistemas de alimentación basados en insumos como los descritos anteriormente. Es por eso que en estas situaciones se sustituyen los preparados artesanales por productos elaborados en fábricas especializadas. En conjunto, se estima que el volumen de alimentos elaborados utilizado por todas las especies durante 2005 fue de 23 millones de toneladas. Estos alimentos consisten fundamentalmente en combinaciones de productos derivados de pescado con otros de origen agropecuario, ambos previamente industrializados. En América del Sur, este tipo de alimentación es predominante. Por un lado, esto se debe a que la mayoría de la acuicultura de la región está orientada a la exportación, que generalmente requiere productos de alta calidad. Por otro, hay que considerar que entre Chile y Perú producen la mitad del volumen mundial de alimentos elaborados.

Los productos derivados del pescado utilizados son fundamentalmente dos: la harina y el aceite de pescado. El proceso de producción para ambos involucra

sucesivamente el cocinado, prensado, secado y la molienda de la materia prima (pescado), obteniéndose harina como producto principal, y aceite como subproducto. La harina de pescado es normalmente marrón y está compuesta por entre un 60% y 72% de proteína, mientras que el aceite es normalmente de color marrón/amarillento oscuro y contiene % de proteína. En cuanto al origen de la materia prima, existen dos fuentes principales:

- peces no apetecibles para consumo humano: estos peces corresponden en general a la familia pelágica. Son principalmente pequeños, huesudos y tienen la propiedad de almacenar aceite en su carne. Las principales especies utilizadas son la anchoveta, el jurel, el menhaden, el capelán y el lanzón.
- desechos de pescado generados durante distintos procesamientos: entre el 10% y 15% de la harina de pescado del mundo es producida de desechos. Los mismos generalmente provienen de algunos pescados blancos o de peces oleaginosos tales como el arenque, la caballa etc.

El primer tipo de insumo mencionado suele presentar fluctuaciones relativamente amplias en el abastecimiento anual, debido a que Perú, principal fuente del mismo con su anchoveta, sufre cambios en las condiciones oceánicas que hacen que en distintas temporadas de captura existan diferencias en los desembarques de más de un 30%. Aunque estas variaciones pueden no ser tan drásticas en otras pesquerías que suministran materias primas a las plantas de elaboración, la importancia relativa de Perú hace que en los últimos años los volúmenes de producción mundial de harina hayan fluctuado entre 5 y 7 millones de toneladas, mientras que lo de aceite lo han hecho entre 0,8 y 1,6. Producto del gran crecimiento del sector acuícola, los fabricantes de alimentos están aumentando la utilización de ambos insumos a expensas de todos los demás sectores, como el consumo humano, el industrial y el farmacéutico. La cantidad total de harina y de aceite de pescado utilizada en los alimentos acuícolas se ha triplicado aproximadamente entre 1992 y 2006 y se estima que actualmente, la acuicultura consume un 56% y un 87% del output anual de ambos insumos, respectivamente.

Por último, cabe mencionar que también se utilizan, aunque en menor medida, harinas de crustáceos como el cangrejo. El volumen de mercado de estos últimos se estima en alrededor de unas 300 mil toneladas anuales.

*i. Consumo de energía en la producción de alimentos acuícolas*

Todas estas formas de alimentación implican consumos energéticos, vinculados a algunos o todos estos aspectos:

- el consumo de combustible de la flota pesquera del recurso en cuestión
- la producción primaria agropecuaria
- el procesamiento para la obtención de subproductos
- la obtención del alimento final
- el transporte de los insumos asociado
- los fertilizantes utilizados para el desarrollo de algas en los sistemas

A los fines prácticos de este trabajo, se analizarán sólo los sistemas que hacen uso de la harina y el aceite de pescado, ya que son los que generalmente han analizado la mayoría de estudios disponibles. Queda por definir entonces el equivalente energético de dichos subproductos, ya que los agropecuarios ya han sido estudiados anteriormente.

La planta típica de harina y aceite utiliza el proceso de secado indirecto, donde se requiere combustible para producir vapor en una caldera. Por otro lado, el uso de combustible en transporte hacia la planta es prácticamente despreciable, ya que estas se encuentran cerca de los puertos generalmente. En cuanto al resto de los consumos, obviamente se debe tener en cuenta al implícito en la materia prima utilizada. Como se ha aclarado anteriormente, las especies que se suelen utilizar se encuentran entre las que menores consumos de combustible requieren en su captura, pero igualmente representan un consumo de importancia. Por último, existen consumos de energía eléctrica asociados al proceso. Se han desarrollado varias maneras de aumentar la eficiencia en el consumo energético en los últimos años, como por ejemplo suplantar parte del consumo de fuel oil con aceite residual que surge del proceso.

En la Tabla 5.6 se detallan algunos parámetros productivos y equivalentes energéticos que han podido ser relevados para estos subproductos. Lamentablemente los estudios tomados como fuente no son los mismos para todos los datos, por lo que no se cuenta con un detalle preciso del método de cálculo del consumo total de energía que se muestra. Como criterio, se eligen como valores representativos a los productos de

origen peruano, ya que como se ha mencionado dicho país es el principal productor de ambos a nivel mundial.

**Tabla 5.6 - Datos relevados para harina y aceite de pescado**

Rendimiento harina		22,5%	prod/tn MP						
Rendimiento aceite		5,0%	prod/tn MP						
<b>Consumos proceso</b>			x tn MP						
Fuel oil	l		30-55						
Electricidad	kwh		25-35						
Captura MP	l/tn		20-110						
<b>Cons. energía</b>				<b>Dist. consumo - %</b>			<b>Dist. consumo - MJ/tn</b>		
<b>Producto</b>	<b>Origen</b>	<b>MJ/tn</b>	<b>MP</b>	<b>Proceso</b>	<b>Transporte</b>	<b>MP</b>	<b>Proceso</b>	<b>Transporte</b>	
Harina	Peru	15.500	35%	50%	15%	5.425	7.750	2.325	
Aceite	Peru	27.000	40%	50%	10%	10.800	13.500	2.700	
Aceite	EE.UU.	18.200	45%	45%	10%	8.190	8.190	1.820	

Se analizan adicionalmente algunos aspectos adicionales vinculados a la alimentación y su eficiencia, que pueden afectar al consumo energético.

### **ii. Necesidad de materia prima para producción de harina y aceite de pescado**

Debido a mejoras de eficiencia en casi todas las etapas del proceso productivo, hoy en día la industria consume en promedio 4,5 kilos de peces para obtener 1 de harina, mientras que en 1990 se necesitaban más de 5. Esto representa una mejora de la productividad del 15%. En el caso del aceite, el rinde es significativamente menor al de harina y no se ha encontrado ninguna mención de mejoras en dicho valor.

### **iii. Distintas composiciones de dietas y su impacto en los índices de conversión**

A diferencia del sector pecuario, la acuicultura ha sufrido cambios importantes en la composición de las dietas a lo largo del tiempo, utilizándose como tendencia general alimentos cada vez más densos en proteínas. Por otro lado, las distintas especies utilizan alimentos específicos, que pueden ser muy diferentes unos de otros. Esto hace que analizar la evolución y comparar con los índices de conversión de alimento tradicionales no sea del todo relevante. En el caso del salmón chileno, por ejemplo, en la Tabla 5.7 se observa una tendencia declinante en dicho parámetro que a priori indicaría un aumento en la productividad.

**Tabla 5.7 - Evolución del ICA y la composición de las dietas para el salmón chileno**

Año	ICA	% del alimento		
		Harina	Aceite	Total H+A
1990	1,7	50%	15%	65%
1995	1,6	45%	25%	70%
2000	1,5	40%	30%	70%
2004	1,4	40%	30%	70%

Las causas mencionadas para explicar esta mejora son una mayor mecanización de los sistemas de alimentación que ayuda a reducir las pérdidas, mejoras genéticas y un mayor uso de aceite de pescado, que aporta más energía por unidad. Sin embargo, sólo puede considerarse como una verdadera mejora de eficiencia a las dos primeras, ya que la última implica un uso mayor de recursos pelágicos para la elaboración de las dietas (por el menor rinde productivo de aceite con respecto a la harina). Por todo esto, estudios recientes se han centrado en determinar un índice alternativo de conversión, específico para la acuicultura, que involucra a la cantidad de peces en estado salvaje que se necesitan procesar en harina y aceite para poder obtener una determinada cantidad de producto final para distintas especies. Dentro de estos últimos, se destacan dos realizados en 2008 que como se observa en la Tabla 5.8 llamativamente arribaron a conclusiones muy diferentes.

**Tabla 5.8 - Materia prima necesaria estimada para la producción de las principales especies, según ambos estudios**

Especie	ICA	% en alimento			Peces/producto final (tn/tn)		% prod. mundial
		H	A	Total	Sin ajustar (A)	Ajustado (B)	
Salmón	1,25	30%	20%	50%	4,93	1,68	6%
Trucha	1,25	30%	14%	44%	3,45	1,51	3%
Anguila	1,42	55%	5%	60%	3,48	2,30	1%
Peces marinos varios	1,35	32%	8%	40%	2,16	1,45	6%
Langostino	1,56	20%	2%	22%	1,39	0,93	13%
Crustáceos	0,97	15%	1%	17%	0,64	0,43	4%
Tilapia	1,38	6%	0%	6%	0,37	0,24	10%
Pez gato	1,07	10%	2%	12%	0,47	0,34	8%
Sabalote	0,80	3%	1%	4%	0,16	0,09	2%
Carpas	0,83	5%	0%	5%	0,18	0,11	43%
Carnívoros varios	0,32	40%	5%	45%	0,57	0,39	3%
<b>Total</b>	<b>1,06</b>	<b>15%</b>	<b>3%</b>	<b>18%</b>	<b>0,96</b>	<b>0,52</b>	<b>100%</b>

El estudio B considera a la industria como un todo, mientras que el A analiza a cada especie por separado. Para entender en que influye esta diferencia, nuevamente se utiliza como ejemplo al salmón. Esta especie necesita de una gran cantidad de aceite de pescado en su dieta, que para ser obtenida requiere procesar una cantidad de peces tal que se genera una mayor cantidad de harina que la necesaria. El estudio B señala que el estudio A comete el error de considerar que este exceso no se utiliza, pero en la práctica los acuicultores utilizan sólo las cantidades necesarias de cada insumo y el fabricante

tiene clientes que cultivan otras especies, lo que en definitiva le permite vender todo lo que producen. Por otro lado, el estudio A no considera el hecho de que, como se ha señalado, parte de la harina y el aceite de pescado fabricado proviene de subproductos de diversas especies de peces. Todos estos diferentes criterios generan una diferencia importante en los cálculos, como puede apreciarse en la Tablas 5.8 y 5.9.

**Tabla 5.9 - Principales conclusiones de ambos estudios**

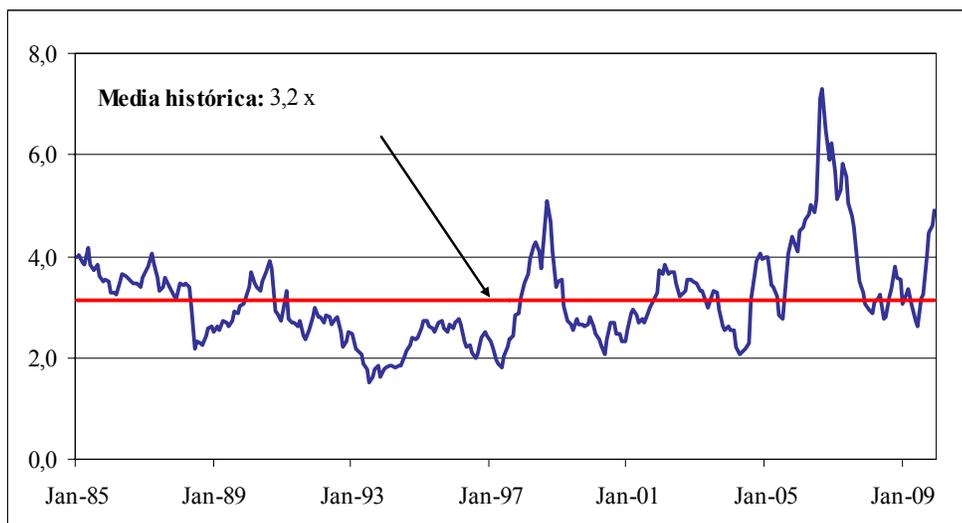
<b>Estudios vs. datos reales</b>	<b>Sin ajustar</b>	<b>Ajustado</b>
<b>Estudios</b>		
Peces necesarios para acuicultura	22.856	12.301
Peces necesarios para otros usos	no considera	4.934
<b>Total peces necesarios</b>	<b>22.856</b>	<b>17.235</b>
Captura total para reducción (FAO)	20.200	
<b>Diferencia</b>	<b>2.656</b>	<b>-2.965</b>

*iv. Sustitución de harina y aceite de pescado por otros componentes*

Como se ha mencionado, la proporción de dietas acuícolas que no corresponde a la harina y el aceite de pescado suele estar compuesta principalmente por productos de origen vegetal. Bajo la forma de harina, algunos de los ingredientes que se utilizan son: soja, lupino, raps, arvejas, maíz, trigo y proteínas derivadas de la avicultura. En forme de aceite, se suelen emplear distintos aceites generados a partir de los ingredientes mencionados anteriormente.

Históricamente, la harina y el aceite de pescado han sido productos de mayor precio que sus sustitutos vegetales y en los últimos años la brecha ha sido superior a la media histórica como se observa en el Gráfico 5.1.

**Gráfico 5.1 - Relación entre los precios de la harina de pescado y la de soja**



Estos menores precios se suman a que:

- como se ha mencionado, las capturas marinas están estancadas hace varios años y no presentan buenas perspectivas a futuro.
- se cree que a las tasas de crecimiento de la actividad actuales, la acuicultura va a necesitar del 70% de la producción mundial de harina de pescado y 145% de la aceite para 2015.

No sorprende entonces que muchos productores de especies carnívoras se hayan interesado en estudiar los efectos de una mayor sustitución de la harina y el aceite de pescado en las dietas. En cambio, los de especies herbívoras han comenzado a implementar una sustitución inversa, ya que la harina y el aceite pueden incrementar considerablemente la productividad.

La menor capacidad nutritiva de los componentes vegetales implica un impedimento para alcanzar valores muy altos de reemplazo. Una dieta con deficiencia en algunos de los nutrientes esenciales, producto de un reemplazo excesivo, puede potencialmente:

- reducir el crecimiento de la especie
- incrementar su ICA
- aumentar la mortandad

- producir cambios en la apariencia y sabor del producto final

Adicionalmente, haciendo foco en las especies carnívoras, existe un inconveniente adicional. En las mismas, el aceite de pescado es la única fuente de ácidos grasos, que de no ser incluidos de otra forma no permiten que el animal desarrolle todas sus propiedades en forma adecuada. Hasta ahora, aceites provenientes de microalgas o del krill (recurso marino muy abundante escasamente utilizado en la actualidad) que contienen ácidos grasos, son las que prometen una mejor sustitución. Todos estos problemas se están solucionando lentamente gracias a los avances genéticos de las especies, que probablemente continúen mejorando en el tiempo. Otro dato a tener en cuenta es que las tendencias respecto a la utilización de sustitutos varían entre los diferentes países, dependiendo de la disponibilidad de estos ingredientes alternativos, de sus costos de procesamiento y transporte/importación, y del mercado donde se tiene la intención de vender el salmón.

#### ***v. La genética y la biotecnología***

Comparada a su evolución en el sector agropecuario, la selección genética es todavía relativamente incipiente en la acuicultura, por tratarse de un sistema productivo relativamente reciente. En cuanto a especies transgénicas, existen algunos desarrollos experimentales, como por ejemplo, en el caso del salmón donde se ha logrado introducir un gen que mejora el crecimiento del animal en velocidad y volumen. Sin embargo hasta ahora no se ha aprobado su comercialización para consumo humano. Esto se debe a que, además de los motivos que influyen en los otros organismos transgénicos mencionados, se suma en este caso la posibilidad concreta de que un pez pueda escaparse de su hábitat artificial y regresar a su estado natural alterado, afectando al ecosistema.

#### **5.2.2 Consumos de energía en la mecanización**

Las preocupaciones por el impacto ecológico de la acuicultura en aguas abiertas han llevado a la búsqueda de alternativas. Una de las áreas donde se está concentrando la investigación es en el desarrollo de sistemas terrestres con tanques de concreto, para especies como el salmón atlántico, rodaballo, mero y el char del Ártico. Con esta técnica, se logra recapturar el alimento no consumido para poder ser tratado y vuelto a utilizar; algo similar sucede con los desechos. Estos dos factores reducen gran parte de los potenciales impactos de los sistemas abiertos. Sin embargo, para poder producir adecuadamente en medios cerrados, es necesario proveer un ambiente controlado por medio del uso de equipos como bombas, que consumen energía en su funcionamiento. Es por eso que gran parte de los estudios referidos a estos sistemas evalúan alternativas para reducir el consumo de estos equipos:

- desarrollando bombas más eficientes.
- empleando cada vez en mayor medida sistemas de recirculación, que consumen menos energía al no requerir que se bombee agua desde niveles inferiores.
- empleando bombas que funcionen con energía eólica o solar. Algunos limitantes que existen en ambos casos son la inversión elevada que requieren y la complejidad de diseñar una bomba de alto volumen de producción.
- mediante el uso combinado de la biorremediación y una técnica de descarga reducida, o incluso de descarga cero. En determinadas prácticas de cultivo, podría minimizarse el coste energético del bombeo.

### **5.2.3 Determinación de la eficiencia energética actual**

Con datos relevados de diversos estudios, se realizan cuatro análisis para sistemas de distintas regiones del mundo:

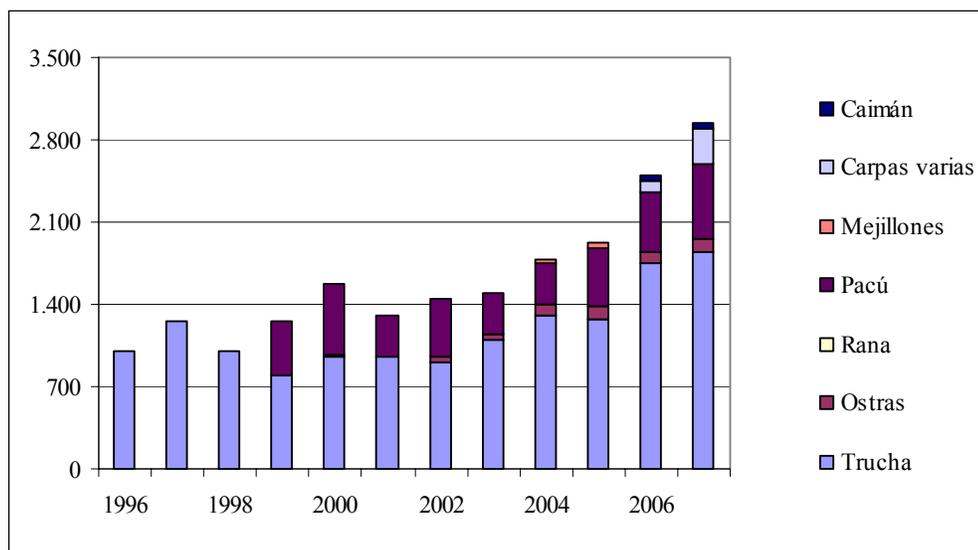
- consumos energéticos para distintas especies y sistemas productivos. En algunos casos se cuenta con un detalle relativamente completo de los sistemas, aunque sin la separación entre consumo de insumos y equivalentes energéticos y en otros sólo el consumo total.
- consumos energéticos para la misma especie (salmón) y distintas dietas.
- consumos energéticos para la misma especie (salmón y carpa) y distintos métodos de producción.
- consumos energéticos para la misma especie (salmón) en sistemas acuícolas y pesca de captura.

Debido a la escasa importancia de la actividad en Argentina, no se cuenta con estudios que indiquen los parámetros productivos específicos de cada sistema. Sin embargo, a continuación se realizará un breve comentario de las características principales de la industria.

## Uso de energía en el sector de alimentos

En la actualidad, en el país se cultivan 14 especies en diferentes proporciones y en determinadas áreas. En Gráfico 5.2 se puede observar la evolución en la producción anual de las distintas especies:

**Gráfico 5.2 - Evolución de la producción acuícola en Argentina 1996-2007, por especie**



Bajo el título de “carpas varias”, se considera el cultivo de carpa común, plateada, cabezona y amur, que alcanzaron en la provincia de Misiones (en policultivo de pequeños productores) las 250 TM en el 2007 y que enfoca el logro de una producción cercana a las 400 TM para el presente 2008 (este tema se analiza más profundamente más adelante).

Las distintas técnicas de producción para cada especie se detallan en la Tabla 5.10.

**Tabla 5.10 - Detalle de los principales sistemas acuícolas en Argentina**

Especie	Sistema
Trucha arco iris	Intensivo en jaulas
Pacú	Semi-intensivo en reservorios excavados en tierra
Mejillones y Ostras	Suspendidos, arrastreros o sobre-elevado en el submareal

### *i. Distintas especies y sistemas productivos*

A continuación se presentan en la Tabla 5.11 5 sistemas relevados, que involucran algunas de las principales especies producidas a nivel mundial.

**Tabla 5.11 - Características principales de algunos sistemas acuícolas**

Especie	Sistemas de agua salada				Sistemas de agua dulce					
	Langostino		Salmón		Mejillón		Pez gato		Tilapia	
Tipo	Intensivo		Intensivo		Extensivo		semi-intensivo		semi-extensivo	
Tamaño	10	has.	0,5	has.	2	has.	1	has.	0,005	has.
Producción año	4	tn	400	tn	50	tn	3,4	tn	12	tn
<b>Inputs</b>	MJ/tn p.v.	%	MJ/tn p.v.	%	MJ/tn p.v.	%	MJ/tn p.v.	%	MJ/tn p.v.	%
Fertilizantes	22.750	15%	0	0%	0	0%	369	0%	1.000	4%
Crias	18.750	12%	2.970	3%	0	0%	11.076	11%	0	0%
Alimento	58.250	38%	78.210	84%	0	0%	86.389	84%	23.280	96%
Elect. y comb.	54.250	35%	11.880	13%	1.900	100%	5.415	5%	0	0%
<b>Total</b>	<b>154.000</b>		<b>93.060</b>		<b>1.900</b>		<b>103.249</b>		<b>24.280</b>	
<b>Propiedades p.v.</b>										
Carne	56%		66%		16%		54%		61%	
Proteína	10%		7%		6%		18%		12%	
<b>Consumo ajustado</b>	MJ/tn de		MJ/tn de		MJ/tn de		MJ/tn de		MJ/tn de	
Carne	275.000		142.000		12.000		192.000		40.000	
Proteína	1.500.496		1.324.447		30.159		575.000		199.000	

Se puede observar que existe un amplio rango de consumos energéticos, ampliamente superior al relevado para las distintas especies pecuarias. Las diferencias se encuentran principalmente en el consumo energético asociado al alimento (se consideran también los fertilizantes), que en prácticamente todos los sistemas resulta la principal fuente de consumo (a excepción del mejillón). Estas diferencias son producto de la naturaleza de las especies, ya que la tilapia y los mejillones son herbívoras y por ende no requieren de insumos con altos equivalentes energéticos como la harina y el aceite de pescado. Por otro lado, como se ha mencionado anteriormente, para sistemas intensivos como la producción de langostinos, el consumo energético debido al uso de electricidad y combustibles, asociado al mantenimiento de la calidad del agua del sistema también es de importancia.

**ii. Distintas dietas en salmón**

Para cuantificar el efecto de distintos niveles de sustitución de harina y aceite de pescado en la eficiencia productiva, se cuenta con datos de un estudio realizado para el salmón en jaulas marítimas (sistema abierto, que representa el principal método de producción mundial de las especie). El mismo utiliza datos de los sistemas productivos en Canadá y fue realizado por Tyedmers. Se analizan dos dietas alternativas (2 y 3) y la convencional en la región (1) y en base a los coeficientes energéticos y los impactos ambientales de cada ingrediente se determinan los valores totales para cada una y a que ICAs sería indiferente la elección. Para este trabajo, se ha realizado una única modificación al estudio original, ya que el mismo consideraba inputs orgánicos en algunos casos y aquí solo se consideraran los convencionales. En la Tabla 5.12 se muestra un resume de los datos más relevantes del estudio.

**Tabla 5.12 - Resumen de los principales parámetros del estudio**

Ingredientes (kg/tn)	País	Consumo energético				I.A. kg CO2	Dieta		
		MJ/tn	Prod.	Proc.	Transp.		1	2	3
<b>Vegetales</b>							495	495	684
Trigo	CAN	3.020	90%	0%	10%	429	160	160	160
Gluten de maíz	CAN	12.800	30%	60%	10%	960	110	110	110
Semilla de canola	CAN	5.510	95%	0%	5%	802	70	70	70
Harina de canola	CAN	4.630	80%	15%	5%	584	40	40	40
Aceite de canola	CAN	9.860	85%	10%	5%	1.260	70	70	160
Harina de soja	CAN	3.990	40%	30%	30%	333	45	45	144
<b>Pecuarios</b>							110	0	0
Harina (subprod. av.)	CAN	50.500	85%	15%	0%	4.260	110		
<b>Pescado</b>							375	485	296
Harina	PER	15.500	35%	50%	15%	1.050	260		296
Harina (subprod.)	CAN	40.000	80%	20%	0%	2.690	25	395	
Aceite	PER	27.000	40%	50%	10%	1.830	60		
Aceite	EE.UU.	18.200	45%	45%	10%	1.110	30		
Aceite (subprod.)	CAN	75100	80%	20%	0%	5.040		90	
<b>Premezclas</b>		0					20	20	20
<b>Total</b>							<b>1.000</b>	<b>1.000</b>	<b>1.000</b>
Vegetales							50%	50%	68%
Pecuarios							11%	0%	0%
Pescado							38%	49%	30%
Premezclas							2%	2%	2%
<b>Total (MJ/tn)</b>							<b>16.083</b>	<b>25.891</b>	<b>9.202</b>
Producción							9.856	20.078	4.548
Procesamiento							5.099	5.507	3.497
Transporte							1.127	306	1.157
<b>Cons. Energ. (%)</b>							<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Producción							61%	78%	49%
Procesamiento							32%	21%	38%
Transporte							7%	1%	13%
<b>I.A. total (tn CO2)</b>							<b>1.309</b>	<b>1.873</b>	<b>814</b>

Se observa una amplia variación del consumo energético y del impacto ambiental en función de la proporción en la que están presentes los ingredientes en cada dieta. La dieta 3 resulta muy conveniente a primera vista, aunque hay que tener en cuenta que la mayor proporción de componentes vegetales puede afectar al ICA, como se ha mencionado anteriormente. Este estudio no realiza un cálculo para estimar dicho efecto, pero si menciona que con los valores obtenidos el ICA debería ser superior a 1.74 para que ambas dietas representen el mismo consumo. El autor señala que tal ICA es 34% superior al obtenido por los productores con los alimentos convencionales actuales, una diferencia muy superior a la que han reportado algunos estudios al analizar niveles de sustitución similares. Es por esto que se considera que el uso progresivo de dietas con menor cantidad de insumos de origen animal ayudará a disminuir considerablemente los impactos de la acuicultura.

### *iii. Salmón y carpa en distintos sistemas productivos*

Se ha mencionado la tendencia a la implementación de sistemas terrestres acuícolas (cerrados), por su supuesto menor impacto ambiental. Es interesante entonces evaluar la eficiencia energética comparativa de los sistemas abiertos y los cerrados, ya que como se ha mencionado, en definitiva el consumo energético también repercute en el medio ambiente y podría anular en parte los menores impactos señalados.

#### a. Salmón

Tyedmers realizó un estudio en 2008 sobre alternativas al método tradicional de producción de salmónes, que es la jaula marítima. La misma consiste en una red suspendida dentro de una estructura rígida de acero o aluminio que está anclada. El estudio considera un sistema de 10 jaulas, de 30 m de ancho por 20 de profundidad cada una. Los sistemas alternativos propuestos son:

- **bolsas flotantes marinas:** muy similar a la jaula, con la diferencia que se reemplaza la red por una gran bolsa impermeable. Se bombea agua marina dentro de las mismas constantemente mediante bombas eléctricas junto con oxígeno suplementario proveniente de tanques. El agua con desechos es liberada por el fondo, sin tratamiento. El estudio considera un sistema compuesto por 6 de estas bolsas.
- **sistema de agua marina por flujo en tierra:** este sistema presenta una diferencia sustancial con respecto a los dos anteriores, que es que está basado en tierra. El material utilizado para la construcción de los tanques es concreto. En cuanto al resto de sus características, resulta similar al de bolsas flotantes. El estudio considera que el sistema está compuesto por tres tanques.
- **sistema de agua dulce con recirculación en tierra:** este sistema, al igual que el anterior, está basado en tierra. Hay que tener en cuenta que para el mismo, el estudio se basa en el cultivo de char del Ártico, ya que no han encontrado ejemplos de cultivo de salmón. Sin embargo, se considera que es comparable ya que estas dos especies presentan propiedades muy similares. Los tanques, también de concreto, se ubican dentro de un almacén. El agua se obtiene de un pozo de agua dulce ubicado próximo a los tanques y es recirculada en un 99% después de pasar por un proceso intensivo de filtración. El agua con desechos que sale del sistema en distintas etapas pasa por un tanque de almacenamiento donde los sólidos en suspensión se separan y el agua remanente entra al sistema cloacal de la ciudad. Posteriormente, con los desechos sólidos se elabora fertilizante para un invernadero ubicado en las proximidades.

En la Tabla 5.13 se detallan los parámetros productivos utilizados para cada planteo.

**Tabla 5.13 - Principales parámetros productivos de los distintos sistemas**

Parámetros	Un	Jaula	Bolsa	Flujo	Recirculación
Region		C. Brit.	C. Brit.	C. Brit.	N. Escocia
Tipo de agua		Salada	Salada	Salada	Salada
Volumen	m3	180	12	2250	960
Densidad	kg/m3	20	35	38	73
<b>Inputs por ton</b>					
Smolts	kg	21	119	15	238
Alimento	kg	1.300	1.170	1.165	1.448
Proprano	l	9,5	–	–	–
Diesel	l	28,8	11,6	–	–
Gasolina	l	36,3	–	–	–
Heating oil	l	–	–	–	279
Electricidad	kWh	–	1.492	13.400	22.600
Oxigeno liquido	m3	–	375	1.011	–
Cloruro de calcio	kg	–	–	–	481
Ceniza de soda	kg	–	–	–	804
<b>Outputs</b>					
Especie		Salmon	Salmon	Salmon	Char
Peso cosecha	kg	2-5,5	4-5	4-5	1,5
Efecto mortandad	kg	90.0	13.6	84.4	301
Producción	tn	3600	416	96,2	46,2

En base a estos parámetros relevados, el autor calcula los respectivos consumos energéticos, que se observan en la Tabla 5.14.

**Tabla 5.14 - Equivalentes energéticos y consumos para los distintos sistemas**

Rubro/Etapa	Jaula		Bolsa		Flujo		Recirculacion	
	MJ	kg CO2	MJ	kg CO2	MJ	kg CO2	MJ	kg CO2
Producción semilla	46	2	267	12	33	2	884	69
Electricidad			7.810	114	70.100	1.020	291.000	23.700
Combustible	798	56	486	36			14.400	974
Produccion oxigeno			2.160	32	5.820	86		
Producción de químicos							9.970	749
Alimento	23.500	1.830	21.100	1.640	21.500	1.630	34.700	2.660
<b>Total</b>	<b>24.344</b>	<b>1.888</b>	<b>31.823</b>	<b>1.834</b>	<b>97.453</b>	<b>2.737</b>	<b>350.954</b>	<b>28.152</b>

Se puede observar que los cuatro sistemas requieren de inputs energéticos sumamente distintos. Las tres alternativas propuestas a la forma tradicional de producción resultan de una intensidad superior, debido a las necesidades de mecanización para garantizar la calidad del agua en el sistema. Entre las mismas alternativas, existen diferencias importantes, como por ejemplo entre el sistema de bolsa y los de flujo y recirculación, donde el consumo de electricidad resulta muy superior en estos últimos por que el

primero es el único que se encuentra a nivel del mar. Algo similar se observa con el oxígeno y los químicos, aunque por distintos motivos.

#### b. Carpa

A continuación, se detallan en la Tabla 5.15 dos sistemas de producción de carpas, la especie de mayor difusión en la acuicultura mundial. En ambos casos se trata de policulturas, aunque con distintos métodos de alimentación y aprovisionamiento y mantenimiento de la calidad del agua.

**Tabla 5.15 - Sistemas alternativos para la producción de carpa**

Sistema	Policultura c/recirc.		Polic. semi-intensiva	
	MJ/tn p.v.	%	MJ/tn p.v.	%
Fertilizantes	9.316	20%	633	2%
Crías	15	0%	0	0%
Alimento	15.451	33%	287	1%
Elect. y comb.	21.928	47%	26.176	97%
<b>Total</b>	<b>46.710</b>		<b>27.096</b>	
<b>Propiedades p.v.</b>				
Carne	56%		56%	
Proteína	17%		17%	
<b>Consumo ajustado</b>	MJ/tn de		MJ/tn de	
Carne	84.000		48.728	
Proteína	272.000		157.784	

Al igual que en el caso del salmón, se observa una diferencia importante en el consumo total de cada planteo.

#### iii. Comparación entre acuicultura y captura

En determinadas especies para las que se cuenta con datos, resulta interesante evaluar la eficiencia comparativa de los sistemas de captura y acuícolas. Esta comparación se realiza para salmón y langostino en la Tabla 5.16. Se aclara que en el caso del salmón se toma como valor representativo del consumo promedio al del sistema de jaulas, ya que se trata del de mayor difusión en la actualidad.

**Tabla 5.16 - Consumos energéticos de la captura y acuicultura para salmón y langostino**

	Técnica	Consumo energía (MJ/tn)	Impacto ambiental kg CO2/tn
<b>Salmón</b>			
<i>Captura</i>			
1	Red de cerco	12.096	1.044
2	Trampa	26.208	2.263
3	Trasmallos	27.216	2.350
4	Trampa	27.888	2.408
5	Trasmallos	60.480	5.221
<b>Promedio</b>		<b>30.778</b>	<b>2.657</b>
<i>Acuicultura</i>			
1	Jaula	24.344	1.888
2	Bolsa	31.823	1.640
3	Flujo	97.453	2.737
4	Recirculación	350.954	28.152
5	Intensivo	93.060	n.d.
<b>Promedio</b>		<b>24.344</b>	<b>1.888</b>
<b>Acui/Captura</b>		<b>-21%</b>	<b>-29%</b>
<b>Langostino</b>			
<i>Captura</i>			
1	Arrastre	30.912	2.698
2	Arrastre	32.256	2.785
3	Arrastre	100.800	8.702
<b>Promedio</b>		<b>54.656</b>	<b>4.728</b>
<b>Acuicultura</b>		<b>154.000</b>	<b>n.d.</b>
<b>Acui/Captura</b>		<b>182%</b>	

Puede apreciarse que en el caso del salmón, la acuicultura resulta más eficiente que la pesca. Sin embargo, en el caso del langostino los sistemas de cultivo presentan consumos significativamente mayores que la captura. Esto es significativo, ya que la acuicultura se ha propuesto en los últimos años como una alternativa más sustentable que la pesca. Por más que existen otros factores en juego, como el impacto ambiental que no se analiza por falta de datos, estos resultados muestran que es necesario investigar con mayor profundidad al sector pesquero en conjunto.

#### 5.2.4 Evolución de la eficiencia en el tiempo

Como la acuicultura en un sistema productivo que sólo ha adquirido importancia hace unos pocos años, no se cuenta con estudios que analicen la evolución de la eficiencia energética.

## 6. CONSUMOS DE ENERGÍA EN POST-PRODUCCIÓN

Como se menciona en la introducción, el sector de alimentos presenta consumos de importancia adicionales a la producción primaria. A continuación se analizan en detalle.

### 6.1 Transporte

En el transporte de alimentos existen diferentes etapas a analizar, que se detallan en la Tabla 6.1. Las mismas pueden no darse en su totalidad para todos los productos y pueden ser cubiertas por distintos modos de transporte.

**Tabla 6.1 - Distintas etapas en transporte de producción primaria**

1) Productor: camión a 2: a y b
2) a. Centros de acopio: camión y tren a 3: a y b
b. Consumo en campos
3) a. Industrias: camión y tren a 4: a y b
b. Exportación: camión, tren, barcaza, buque
4) a. Consumo interno
b. Exportación: camión, tren, barcaza, buque

#### 6.1.1 Transporte en mercado interno

En el movimiento interno de alimentos, existen diferencias en el modo de transporte elegido para los diferentes productos y en los distintos países, como muestra la Tabla 6.2. El alto grado de participación relativa del camión en Argentina se debe a condiciones naturales y de infraestructura que otorgan una clara ventaja al transporte por ruta. En el caso de los granos, existen un factor adicional que es que los centros de producción y acopio se encuentran a una distancia media de 300 km. de las zonas portuarias (Rosario y Bahía Blanca), perjudicando la eficiencia del tren. En otros países, en cambio, existen mayores distancias a cubrir y distintas situaciones que permiten un mayor reparto entre los distintos modos.

**Tabla 6.2 - Participación de los modos de transporte en el movimiento interno de granos**

	<b>Camión</b>	<b>Tren</b>	<b>Barcaza</b>
Argentina	84%	15%	2%
USA	7%	38%	55%
Brasil	67%	28%	5%

Esto es de importancia ya que, como se observa en la Tabla 6.3, el camión resulta un medio de transporte generalmente más ineficiente en cuanto al consumo de combustible

que sus alternativas y la incidencia del flete en el costo de los alimentos puede resultar relativamente alta.

**Tabla 6.3 - Consumo de combustible de los medios de transporte para mercado interno**

Ton.km/litro diesel	
Barcaza	172
Tren	147
Camión	37

Por otro lado, medios como las barcazas y los trenes presentan otras ventajas como

- facilitación del ingreso a las terminales portuarias
- menor contaminación ambiental
- generan un descongestionamiento automotor
- un menor índice de accidentología

Una ventaja adicional de las vías férreas es que son elementos estructurantes del territorio y su diseño influye (y es influido) en las relaciones socioeconómicas de las áreas territoriales, impactando decisivamente en el desarrollo o decaimiento de las economías regionales. Las redes de movilidad se relacionan estrechamente con el sistema poblacional humano, los sistemas de ciudades y la integración y el ordenamiento territorial.

Es por eso que muchos especialistas sugieren que desde el Estado se incentive un mayor uso del ferrocarril en nuestro país. Para ello, habrá que solucionar problemas como:

- el mal estado de las vías y de los puentes. Esto implica menor velocidad de desplazamiento del tren (en algunos tramos se desplazan a 20 kilómetros por hora), menor capacidad de carga y mayor inseguridad.
- inadecuadas conexiones de las vías férreas con los puertos, silos, centros de acopio y depósitos de granos.
- los escasos centros de transferencia ferrocarril-camión en el interior del país.
- la escasa complementación con el camión. Falta, de hecho, una red intermodal organizada.
- la ausencia de un marketing adecuado en la oferta de las empresas ferroviarias.

- que persisten todavía, en la Argentina, zonas a las que no llega el tren.

### 6.1.2 Comercio exterior

La mayor parte del comercio exterior de alimentos se realiza en buques marítimos, de distintas características según el producto transportado. Sin embargo, existen ciertos productos, como algunas especies de pescado de alto valor, que pueden requerir del transporte por vía aérea debido a sus características. Este tipo de transporte es el que presenta mayores emisiones asociadas directamente a su alto consumo de energía en forma de combustible. En la Tabla 6.4 se presentan valores estimados por un estudio de la FAO. El mismo aclara que estas cifras hacen referencia a commodities agrícolas que requieren refrigeración, por lo que las mismas pueden resultar mayores para productos que requieren de refrigeración más intensa.

**Tabla 6.4 - Emisiones asociadas a los medios de transporte del comercio exterior**

Transporte	kg CO2/tn
<i>Corta distancia (&lt;400 km)</i>	
Camión	55
<i>Intercontinental</i>	
Aéreo	8.510
Marítimo	
Granel	2.399
No granel	6.424

### 6.2 Agricultura: pérdidas durante el periodo de postcosecha

Se analizan en este ítem las pérdidas físicas y de calidad de los granos producidas por:

- incorrecto manipuleo y almacenamiento.
- incorrecto empleo de técnicas de almacenaje en chacra.
- insuficiente infraestructura de transporte y puertos.
- excesivo gasto de energía en el secado.

Como se menciona anteriormente en lo relacionado a pérdidas en la cosecha, la mayoría de estos factores no presentan vinculación directa con consumos de energía. Sin embargo, se los analiza ya que estimaciones realizadas en nuestro país revelan una

pérdida total del 6 al 8 % de la producción de granos debido a los mismos, con lo cual se ve afectada indirectamente la eficiencia energética de la actividad.

Las causas de los problemas señalados anteriormente son múltiples. Por un lado, deficiencias de infraestructura de caminos, almacenamiento y transporte hacen que el productor argentino opte por manejar tranqueras adentro más del 40 % de los granos producidos, realizando su propio almacenaje. Este no siempre es bien planteado y puede llevar a ineficiencias varias. Por otro lado, en lo referente al transporte de los granos, los camiones que trasladan el cereal en su gran mayoría lo hacen con cierto grado de pérdida por sobrecarga, agujeros, roturas en la estructura y falta de limpieza de los camiones graneros que provoca contaminaciones de granos indeseables y perjudiciales.

El estudio del INTA mencionado al hablar de pérdidas en cosecha estimó pérdidas de 727 millones de dólares/año para la post-cosecha, de magnitud similar a las de la cosecha. Se vuelve a aclarar que tanto los precios como la producción eran menores que en la actualidad. Aparece entonces como necesario concientizar a los productores, transportistas, y participantes del mercado sobre las pérdidas en esta etapa y la forma de aumentar su eficiencia.

Como resumen del estudio completo del INTA, se menciona que si se pudieran reducir en un 50% los valores de pérdidas de cosecha y de post cosecha, igualaríamos los porcentajes de pérdidas de los países tecnológicamente más desarrollados (EE.UU. y Europa).

### **6.3 Procesamiento**

#### **6.3.1 Productos agrícolas**

El consumo para procesamiento ya ha sido evaluado al analizar los alimentos pecuarios

#### **6.3.2 Productos pecuarios**

La mayoría de los productos de los sistemas pecuarios se someten a algún tipo de procesamiento, por lo que se han realizado varios estudios para cuantificar los costos energéticos involucrados. La variabilidad que se observa en los mismos es muy alta, como se aprecia en la Tabla 6.5, por lo que resulta muy difícil generalizar.

**Tabla 6.5 - Energía para procesamiento de productos pecuarios**

Producto	MJ/tn	Fuente
Carne avícola (peso vivo)	2.590	Whitehead y Shupe, 1979
Carne porcina fresca	3.760	Singh, 1986
Carne porcina elaborada	6.300	Singh, 1986
Carne bovina	4.370	Poulsen, 1986
Carne bovina congelada	432	Unklesbay y Unklesbay, 1982

### 6.3.3 Productos pesqueros

Los productos pesqueros pueden ser sometidos a distintos procesos según la forma de comercialización posterior elegida. Los procesos y productos generalizados son:

- fileteado fresco y congelado (filetes con piel, sin piel, con espinas, sin espinas, desgrasados, en fish block, congelados individuales, interfoliados, etc).
- salado húmedo y seco.
- empanados.
- conservas diversas.
- harina y aceite (analizado anteriormente).

La Tabla 6.6 muestra estimaciones de la FAO del porcentaje de la producción mundial de pescado (captura y acuicultura) que es sometida a los distintos procesos.

**Tabla 6.6 - Utilización de la producción pesquera mundial**

MM tns	Producción mundial (C + A)	Utilización producción				
		Fresco	Congelado	Curado	Enlatado	No alimentario
1964	48,5	12	6	9	5	16,5
1974	65,6	18	10	12	5	20,6
1984	83,6	22	18	8	12	23,6
1994	112,9	35	25	10	10	32,9
2004	138,2	55	27	12	12	32,2
<b>% total</b>						
1964		25%	12%	19%	10%	34%
1974		27%	15%	18%	8%	31%
1984		26%	22%	10%	14%	28%
1994		31%	22%	9%	9%	29%
2004		40%	20%	9%	9%	23%

No se cuenta con datos específicos de consumos energéticos de estos procesos, por lo que se considera que los mismos resultan similares a los de los productos pecuarios.

## 6.4 Packaging

Por lo general, los alimentos procesados deben ser almacenados en algún tipo de envase, que necesita de consumos de energía en su elaboración. Como se ve en la Tabla 6.7, al existir una gran variedad de envases de distintos materiales, existe un amplio rango de consumos energéticos.

**Tabla 6.7 - Consumos de energía para la elaboración de los envases de mayor difusión**

Envase	MJ
Cesta madera para fruta	0,3
Bandeja de styrofoam convencional	0,9
Bandeja de carton	1,6
Pouch de polietileno (455 g.)	2,3
Lata de acero con tope aluminio (350 cc)	2,4
Lata de acero con tope acero (350 cc)	4,2
Jarra de vidrio (470 cc)	4,3
Botella Coca-Cola (no retornable), 470 cc	6,2
Lata de aluminio, pop-top (350 cc)	6,9
Recipiente de plastico para leche (medio gal)	9,0
Botella Coca-Cola (retornable), 470 cc	10,3
Botella de polietileno (946 cc)	10,4
Botella de polipropileno (946 cc)	11,5
Botella de leche de vidrio retornable (1.8 l)	18,6

En función de estos datos, se pueden extraer ciertas conclusiones:

- los envases de aluminio consumen una mayor cantidad de energía que los de acero, debido a las diferencias en los procesos de producción de ambos metales.
- los envases retornables presentan consumos energéticos superiores a los de los descartables. Es por eso que existen estudios que sostienen que para que el reciclaje sea eficiente, los envases deben ser reutilizados un mínimo de 5 veces, para cubrir no sólo el mayor costo de producción sino que también los consumos en recolección y transporte de los mismos.
- al igual que para la mayoría de los insumos analizados en esta Tesis, es interesante analizar el consumo de energía junto con el impacto ambiental. Es por eso que a pesar del mayor consumo de energía que requieren los envases retornables, en los países desarrollados desde hace un tiempo se les está dando impulso ya que permiten reducir la cantidad de basura.

## 6.5 Refrigeración

Como se menciona en la introducción, la refrigeración es uno de los rubros que presenta un mayor consumo de energía en el sector de alimentos, producto de la predominancia de esta técnica en lo que se refiere a la conservación de alimentos. La misma responde a que aunque existen otras alternativas para tal fin, como el salado, el secado y el enlatado, ninguna logra combinar una conservación efectiva con un mantenimiento de las características iniciales del producto en cuestión como la refrigeración. Es por esto que se estima que alrededor del 40% de la producción de alimentos mundial anual utiliza procesos o equipos que involucran refrigeración es alguna o todas estas etapas:

- plantas de procesamiento de alimentos.
- el sistema de transporte y distribución.
- los supermercados y almacenes.
- los hogares y restaurantes.

Al igual que en muchos de los distintos aspectos analizados en este trabajo, la refrigeración presenta un grado de penetración distinto en los países según su grado de desarrollo. Un estudio reciente señala que esta situación contribuye con que en los países en desarrollo se produzcan pérdidas considerablemente mayores de productos entre la producción primaria y el consumidor final. Esto puede verse en la Tabla 6.8.

**Tabla 6.8 - Parámetros vinculados al uso de la refrigeración en países desarrollados y en desarrollo**

	Países		Mundo
	Desarrollados	En desarrollo	
Población - billones	1,2	5,6	6,7
Pérdidas de alimentos - %/producción	10%	28%	25%
Almacenamiento refrigerado - m <sup>3</sup> /mil hab.	200	19	52
Heladeras - cantidad/mil hab.	627	70	172
<b>Perdidas por falta de refrigeración</b>			
En alimentos perecederos	9%	23%	20%
En frutas y vegetales	15%	40%	35%

Utilizando estos valores con otras estimaciones, el estudio llega a la conclusión de que actualmente a nivel mundial se pierden unas 400 millones de toneladas de alimentos perecederos anualmente. Si los países en desarrollo llegaran a poseer el mismo nivel de uso de refrigeración, se estima que estas pérdidas podrían reducirse en 200 millones de

toneladas, un 14% del consumo de alimentos en dichos países. El estudio concluye señalando que la inversión necesaria para poder lograr estos cambios sería repagada por la posibilidad de comercializar estos productos que hoy en día se pierden.

En cuanto al consumo energético de la refrigeración, el mismo es en la forma de electricidad en casi todos los casos y diversos autores estiman que representa el 15% de la energía eléctrica utilizada a nivel mundial. A pesar de que se han logrado mejoras de eficiencia en los últimos años, el mayor uso de equipos y procesos que involucran refrigeración hacen que a nivel total el consumo prácticamente no haya disminuido. En función de las características de los equipos y procesos que involucran refrigeración, los valores promedio de consumo de energía pueden resultar muy distintos. Un estudio reciente realizado en el Reino Unido ha relevado los 10 principales usos de la refrigeración en dicha región junto con su consumo energético y nivel de emisiones promedio y estima que espacio existe actualmente para lograr mejoras de eficiencia adicionales. Estos datos se muestran en la Tabla 6.9.

**Tabla 6.9 - Consumos de energía y ahorros potenciales para los principales equipos de refrigeración actuales**

Equipo/Rubro	Consumo	Ahorros		Emisiones
	energía	potenciales		
	GWh/año	%	GWh/año	tn CO2/año
Displays de comercios	9.250	40%	3.700	4.950
Heladeras hogares/restaurantes	4.000	40%	1.600	2.100
Transporte refrigerado	4.800	23%	1.080	1.200
Depósitos	900	30%	270	500
Alimentos supercongelados	460	25%	115	175
Alimentos en base a papa	320	25%	80	170
Refrigeración de leche en granjas	210	25%	53	110
Procesamiento lácteos (queso/leche)	250	25%	63	130
Almacenamiento de papas	165	30%	50	90
Almacenamiento de carnes	125	25%	31	70
<b>Total</b>	<b>20.480</b>	<b>34%</b>	<b>7.041</b>	<b>9.495</b>

Se observa que los ahorros que podrían lograrse son de importancia. Las áreas en las que se encuentran las mayores posibilidades de mejora son la insulación, la iluminación, el funcionamiento de ventiladores y la limpieza del equipamiento de condensación. Por otro lado, el estudio señala tecnologías en desarrollo o de uso reducido en la actualidad que poseen potencial para poder lograr mayores ahorros en el consumo de energía a futuro. Entre las mismas, se destacan

- plantas de trigeneración: se están comenzando a utilizar en algunas grandes plantas de procesamiento de alimentos. Consisten en combinar sistemas que utilizan amoníaco con turbinas de gas o motores de combustión interna.

- ciclos de aire: los ciclos de aire generan una combinación de altas temperaturas de aire con bajas, lo que permite integrar procesos de cocción y refrigeración. Las áreas de aplicación van desde procesos de supercongelado hasta transporte refrigerado.
- refrigeración termoeléctrica: las aplicaciones de esta tecnología son principalmente pequeños equipos de refrigeración, como minibares o heladeras de casas rodantes.

## 6.6 Cocción

Prácticamente no existen estudios que analicen en profundidad esta área de consumo en términos de que porcentaje representa sobre el uso total del sistema de producción de alimentos. Esto se debe a que se suele incluir a la cocción agrupada junto con otros consumos, como la refrigeración. Por lo tanto, el único valor que ha podido relevarse es que la cocción de alimentos en los hogares representa aproximadamente un 20% del consumo energético vinculado a los alimentos en los mismos, siendo aproximadamente la mitad de la energía utilizada para refrigeración. En la Tabla 6.10 se detalla el consumo promedio de energía de los equipos de mayor uso.

**Tabla 6.10 - Consumos de energía de los principales equipos de cocción actuales**

Equipo	Temp.	Tiempo	Consumo energía	
	°C	minutos	Electricidad - kwh	Gas - MJ
Horno eléctrico	180	60	2,0	
Horno a gas, encendido eléctrico	180	60	0,4	0,1
Horno a gas	180	60		0,1
Horno eléctrico de convección	165	45	1,4	
Tostadora	180	60	0,3	
Crockpot	90	420	0,7	
Horno microondas	Alta	15	0,4	

Generalmente, los productos en los que este consumo es de importancia relativa suelen ser aquellos de origen agrícola con escaso procesamiento post-cosecha, como pastas o arroz. Un estudio citar compara entre las distintas técnicas de cocción utilizadas para un mismo producto, un estudio que analiza equipos eléctricos encuentra que

- un horno microondas puede llegar a consumir hasta aproximadamente el doble de energía que una hornalla para ciertos alimentos. Sin embargo, si se compara el microondas con un horno, se encuentra que en casos como la cocción de papas el mismo puede ser hasta 10 veces más eficiente.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- una pava eléctrica puede ser hasta un 60% más eficiente que una hornalla para calentar agua.

Otros estudios comparan la eficiencia de algunos de los principales equipos utilizados para la cocción de alimentos en algunas de las principales tareas que deben llevar a cabo. Por un lado, en calentamiento de agua, las conclusiones del mismo indican que una hornalla eléctrica sería la alternativa más eficiente, seguida por el microondas y una hornalla a gas. Por el otro, en cuanto a cocción, el horno microondas resulta más eficiente que el horno a gas convencional. La principal razón por la que el microondas resulta más eficiente es que las ondas de calor que genera se concentran mejor en el objeto a calentar que en el caso del horno.

## 7. CONSUMOS DE ENERGÍA E IMPACTOS AMBIENTALES TOTALES

Una vez completados los análisis de consumo energético tanto para la producción primaria como la post-producción resta la consolidación de los mismos para poder determinar el consumo total. Aquí vale la pena distinguir dos tipos de producto final distintos:

- **Productos primarios:** como los granos y las carnes consumidos en forma directa.
- **Productos industrializados:** derivados de productos primarios, como pastas o salsas.

Este trabajo se ha centrado hasta ahora en los primeros, ya que los mismos son la base para la elaboración de los segundos. Sin embargo, resulta interesante también evaluar que sucede con los productos industrializados ya que los mismos también constituyen gran parte de los alimentos consumidos a nivel mundial. Es por eso que en este inciso se calculara el consumo para ambas familias, utilizando para los productos industrializados los escasos trabajos al respecto que se han podido encontrar. Los mismos son:

- un estudio de 2008 realizado por encargo de una empresa de packaging alemana. Hay que aclarar que en el mismo la producción primaria se considera junto con el procesamiento, el packaging de fábrica (no el de venta al consumidor) y el transporte al supermercado, lo que no permite realizar un análisis tan detallado. Los productos analizados son café, espinaca congelada y manteca.
- un estudio de 2001 realizado por un grupo de investigadores suecos, con mayor nivel de detalle que el primero. Los productos analizados son spaghetti y puré de papas.
- un estudio de 1997 también realizado en Suecia focalizado en la producción de ketchup.
- un estudio que analiza la producción de maíz enlatado y pan lactal.

Se aclara que la metodología utilizada en ambos no es la misma, ya que no consideran los mismos rubros para el consumo energético.

## 7.1 Productos primarios

En la Tabla 7.1 se presenta el consumo energético de los productos primarios analizados en este trabajo post-procesamiento. No se analizan el resto de los consumos ya que es sólo en el procesamiento donde es relativamente sencillo generalizar con los datos disponibles. Sin embargo, como se ha visto en la sección anterior y se verá a continuación para productos específicos, los consumos no incluidos pueden ser de importancia.

**Tabla 7.1 - Consumo post-procesamiento para los alimentos evaluados en este estudio**

<b>MJ/tn grano seco (Argentina)</b>	
Soja	1.372
Maíz	940
Trigo	1.494
<b>MJ/tn carne</b>	
Carne bovina (Argentina)	38.538
Carne porcina fresca (Argentina)	22.871
Carne porcina elaborada (Argentina)	25.411
Carne avícola (Argentina)	16.117
Salmón captura fresco	52.701
Langostino captura fresco	104.314
Acuicultura promedio fresco	122.342

## 7.2 Productos industriales

### 7.2.1 Spaghetti

Las pastas tienen como componentes principales a la harina de trigo, para lo que se necesita el previo paso del trigo por un molino, y el agua. En el caso de los spaghetti, el estudio realiza el cálculo para distintos orígenes del producto final utilizado: sueca (local) e italiana. La diferencia entre ambos casos es el transporte. Las Tablas 7.2 y 7.3 presentan los datos más relevantes del estudio.

**Tablas 7.2 y 7.3 - Flujo másico y consumo energético de la producción de spaghetti**

Porción	Flujo		Etapa	MJ/	Consumo energía	
	masa - g	Δ			Local	Italiana
	<b>180</b>	<b>157%</b>	Origen		4 porc.	1 porc.
A cocción	70	-3%	Producción	tn	1.372	21%
A hogar	72	-3%	Molino	tn	240	4%
A supermercado	74	0%	Pasta	tn	944	15%
Al distribuidor	74	0%	Almacenamiento	tn	111	2%
Spaghetti	74	-5%	Transporte	tn	778	12%
Harina	78	-20%	Cocción	tn	3.000	47%
Trigo a molino	98	0%	<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>6.445</b>	<b>8.945</b>
Trigo cosechado	98		<b>Total necesario</b>	<b>180 g</b>	<b>1,16</b>	<b>1,61</b>

Puede observarse que la cocción representa aproximadamente la mitad del consumo, debido a la necesidad de hervir agua, que como puede observarse en el flujo másico es responsable por gran parte del contenido final de la porción. Entre ambos casos existe también una diferencia en el consumo asociado a dicho rubro ya que en un caso se cocinaron cuatro porciones en forma conjunta y en el otro se cocino en forma individual. Una consideración adicional que señala el estudio es que hervir agua en exceso o el uso de un equipo de cocción determinado puede afectar los resultados expuestos (estándares) considerablemente.

### 7.2.2 Puré de papas (en base a polvo)

La papa es uno de los cultivos para alimentación humana de mayor importancia en el mundo y se puede preparar de muchas formas distintas, siendo una de ellas el puré. El instantáneo consiste en copos de papa (5,3 kg de papa por kg de polvo) con una humedad de aproximadamente 7% y pequeñas cantidades de leche y grasa. En el estudio se menciona que se requieren leche y manteca tanto para el polvo como para la cocción, pero ambos componentes no son considerados en el cálculo de consumo energético. En las Tablas 7.3 y 7.4 puede observarse el detalle del modelo planteado.

**Tablas 7.3 y 7.4 - Flujo másico y consumo energético de la producción de puré**

Porción	Flujo		Etapa	MJ/	C. Energía % /total	
	masa - g	Δ				
	<b>200</b>	<b>471%</b>	Producción	tn	750	15%
A cocción	35	-3%	Selección, pack.	tn	250	5%
A hogar	36	-3%	Proceso	tn	3.350	67%
A supermercado	37	0%	Almacenamiento	tn	50	1%
Polvo	37	-82%	Transporte	tn	330	7%
A proceso	200	-17%	Cocción	tn	270	5%
A almacenamiento	240	0%	<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>5.000</b>	
Papa cosechada	240		<b>Total necesario</b>	<b>200 g</b>	<b>1,00</b>	

Puede observarse que en este caso, el proceso productivo es responsable por la mayor parte del consumo energético necesario, debido a su relativa complejidad.

### 7.2.3. Maíz enlatado

El maíz enlatado es una de las presentaciones de este cereal que ha alcanzado una amplia difusión, ya que permite su conservación en buen estado por un extenso período de tiempo al evitar el efecto negativo de microbios mediante la hermeticidad del envase. Para dar una mejor idea de las cualidades de este procesamiento, se puede mencionar que recientemente investigadores han analizado alimentos enlatados de más de 100 años de antigüedad y no han detectado rastros de microbios en los mismos. Por otro lado, algunos estudios señalan que el 12% de los alimentos vendidos en EE.UU. anualmente son bajo esta presentación. La Tabla 7.5 muestra los valores relevados del estudio.

**Tabla 7.5 - Consumo energético de la producción de maíz enlatado**

<b>Etapas</b>	<b>MJ/tn</b>	<b>% /total</b>
Producción primaria	988	11%
Procesado	1.441	16%
Packaging	2.437	27%
Transporte	1.051	12%
Supermercados	752	8%
Consumidores/Hogar	2.392	26%
<b>Total</b>	<b>9.061</b>	

Como contrapartida de las cualidades mencionadas, puede observarse que los consumos energéticos asociados a la elaboración de este producto son de importancia con respecto a los de la producción primaria. Esto se debe a que los productos enlatados deben ser calentados a altas temperaturas antes de su comercialización, y el maíz en particular es de los alimentos que mayor tiempo de calentado requiere por sus propiedades naturales. Por otro lado, el packaging metálico usualmente utilizado también necesita de altos consumos de energía.

### 7.2.4 Pan lactal

El pan industrial, que abarca distintas presentaciones como el lactal, se ha establecido como un producto de amplio consumo por su mayor período de conservación con respecto al pan natural. Si se lo compara al pan artesanal, se puede observar la presencia de algunos ingredientes adicionales como conservantes de distinto tipo, harinas de otros granos y una composición porcentual distinta de la mezcla para reducir los tiempos de cocción. El proceso consiste básicamente en tres etapas: la elaboración de harina a partir de trigo, la mezcla de dicha harina, agua y otros componentes en una masa uniforme y

la cocción de dicha masa para la obtención del pan. La Tabla 7.6 presenta el cálculo de consumo energético realizado en el estudio.

**Tabla 7.6 - Consumos de energía en la producción de pan lactal**

<b>Etapa</b>	<b>MJ/tn</b>	<b>%/total</b>
Producción primaria	3.285	45%
Procesado	1.971	27%
Packaging	511	7%
Transporte	1.022	14%
Supermercado	511	7%
<b>Total</b>	<b>7.300</b>	

Puede observarse que con respecto a otros alimentos analizados con anterioridad, los consumos de energía postproducción resultan de una importancia relativa menor.

### 7.2.5 Café

El café es una de las infusiones de mayor difusión a nivel mundial. El mismo consiste de dos ingredientes fundamentales: granos procesados de café y agua. A estos se pueden agregar diversos componentes adicionales, generando distintas presentaciones. En el estudio, se considera como medida una taza de café negro, de la que no se aclara su contenido en peso o volumen. A continuación, en la Tabla 7.7, se muestran los consumos clasificados por rubro.

**Tabla 7.7 - Consumos de energía en la producción de café negro**

<b>Etapa</b>	<b>MJ</b>	<b>%/total</b>	<b>kg CO2</b>	<b>%/total</b>
Consumos hasta envasado final	0,37	26%	0,047	78%
Packaging	0,03	2%	0,001	2%
Transporte a hogar	0,05	4%	0,004	7%
Hervir agua	0,95	68%	0,008	13%
<b>Total</b>	<b>1,4</b>		<b>0,06</b>	

Se aprecia que en forma similar a lo observado con los spaghetti, la preparación en los hogares es la etapa del proceso que mayor energía requiere.

### 7.2.6 Espinaca congelada

El objetivo del congelado es similar al del enlatado, es decir, evitar la acción microbiana para garantizar una mayor conservación. Ambos métodos difieren en la forma de cumplir con su objetivo, ya que el congelado no utiliza envases herméticos sino que imposibilita la supervivencia de agentes patógenos logrando temperaturas muy bajas

para el almacenamiento. La espinaca es congelada dos horas después de ser cosechada a temperaturas que llegan a los 18 grados bajo cero, previo paso por un proceso de lavado. El estudio, cuyos datos se muestran en la Tabla 7.8, considera como unidad de medida al peso del producto final.

**Tabla 7.8 - Consumos de energía en la producción de espinaca congelada**

<b>Etap</b>	<b>MJ</b>	<b>%/total</b>	<b>kg CO2</b>	<b>%/total</b>
Consumos hasta envasado final	5	7%	0,8	22%
Packaging	3	4%	0,15	4%
Distribución y almacenamiento	14	20%	0,45	12%
Transporte a hogar	1	1%	0,1	3%
Almacenamiento en hogares	44	63%	2	54%
Cocción	3	4%	0,2	5%
<b>Total</b>	<b>70</b>		<b>3,7</b>	

Al ser un producto que requiere de una cadena de frío de muy bajas temperaturas desde su producción en adelante, puede observarse que la mayor parte del consumo energético para este producto está en la distribución y el almacenamiento.

### 7.2.7 Manteca

La manteca pertenece a la familia de los productos lácteos, o sea, obtenidos en base a leche. Este producto consiste es la emulsión de agua en grasa, obtenida como resultado del desuero, lavado y amasado de los conglomerados de glóbulos grasos formados por el batido de la crema de leche. Se estima que en promedio se requieren 22,5 kg de leche para obtener un kg de manteca, que es la unidad de referencia para el estudio. En la Tabla 7.9 se muestran los valores principales del estudio.

**Tabla 7.9 - Consumos de energía en la producción de manteca**

<b>Etap</b>	<b>MJ</b>	<b>%/total</b>
Consumos hasta envasado final	1,08	90%
Packaging	0,01	1%
Distribución y almacenamiento	0,10	8%
Transporte a hogar	0,01	1%
Almacenamiento en hogares	0,005	0%
<b>Total</b>	<b>1,21</b>	

Se observa que los consumos pre-ensado resultan los principales, ya que se requiere el mantenimiento de una cadena de frío desde el establecimiento tamero. Este producto no requiere de cocción para su consumo, aunque puede ser utilizado en preparaciones que si son sometidos a dicho proceso.

### 7.2.8 Ketchup

El ketchup es un aderezo de uso muy difundido elaborado en base a tomates. El proceso de producción involucra una primera transformación del tomate en pasta, etapa que en el estudio en cuestión se realiza en Italia, y una segunda realizada en Suecia en la cual la pasta se transforma en el ketchup propiamente dicho. A continuación se detallan los usos de energía por rubro en la Tabla 7.10.

**Tabla 7.10 - Consumos de energía en la producción de ketchup**

<b>Etapas</b>	<b>MJ/tn</b>	<b>% /total</b>
Producción primaria	1.200	6%
Proceso	7.000	37%
Packaging	7.700	41%
Transportes varios	800	4%
Transporte a hogar	900	5%
Hogar	1.200	6%
<b>Total</b>	<b>18.800</b>	

Se observa que el packaging y el proceso son responsables por una buena parte del consumo energético total. En cuanto al packaging, esto se debe a que la naturaleza del sistema productivo hace que se requiera de dos envases distintos: uno para la pasta de tomate y otro para el ketchup. Por el lado del proceso, el grado de transformación que sufre el insumo inicial hasta convertirse en ketchup propiamente dicho también genera un consumo de energía de importancia.

### 7.3 Productos mixtos: el caso del Big Mac

Por último, se presentan los datos de un estudio sueco que determinó la energía necesaria en la elaboración de un Big Mac, hamburguesa característica de la empresa Mc Donald's. Este trabajo resulta muy interesante ya que permite observar todos los consumos involucrados para que se pueda llegar finalmente a vender el producto al consumidor. La Tabla 7.11 muestra los ingredientes que contiene la hamburguesa en cuestión.

**Tabla 7.11 - Ingredientes de la hamburguesa Big Mac**

	<b>g</b>
Pan	74
Carne	90
Condimento	20
Lechuga	28
Cebolla	2
Pepino (pickle)	7
Queso	15
<b>Total hamburguesa</b>	<b>236</b>

En las Tablas 7.12 a 7.23 se presenta el detalle de las transformaciones/pérdidas de masa y el consumo energético para cada ingrediente, a excepción del condimento para el cual no se cuenta con datos. Las transformaciones y pérdidas de masa se diferencian en que las primeras son producto de procesos industriales (p.e: se necesitan 10 litros de leche para 1 kilo de queso) y las últimas son causadas por mal manejo.

**Tablas 7.12 a 7.23 - Pérdidas de peso y consumos energéticos por ingrediente y rubro**

<b>Pan</b>	<b>Flujo</b>	
	<b>masa - g</b>	<b>Δ</b>
<b>A hamburguesa</b>	<b>74</b>	<b>-5%</b>
A restaurante	78	0%
A almacenamiento	78	-20%
Pan horneado	97	45%
Harina	67	-19%
Trigo	83	

<b>Etapa</b>	<b>MJ/</b>	<b>Consumo energía</b>		
		<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
Produccion	tn	2.297	3.243	2.770
Molino	tn	405	5.270	2.838
Horneado	tn	6.081	13.514	9.797
Almacenamiento	tn	4.189	21.622	12.905
Transporte	tn	946	1.216	1.081
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>13.919</b>	<b>44.865</b>	<b>29.392</b>
<b>Total necesario</b>	<b>74 g</b>	<b>1,0</b>	<b>3,3</b>	<b>2,2</b>

<b>Carne</b>	<b>Flujo</b>	
	<b>masa - g</b>	<b>Δ</b>
<b>A hamburguesa</b>	<b>90</b>	<b>-3%</b>
A cocción	93	-15%
A restaurante	110	0%
A almacenamiento	110	-21%
Peso carne	140	-39%
Peso faena	230	
Alimento animal	1.450	

<b>Etapa</b>	<b>MJ/</b>	<b>Consumo energía</b>		
		<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>
Alimento (prod.)	tn	38.889	55.556	47.222
Manejo y faena	tn	2.556	15.556	9.056
Procesamiento	tn	1.333	1.778	1.556
Almacenamiento	tn	5.000	25.556	15.278
Cocción	tn	8.778	11.111	9.944
Transporte	tn	4.889	6.556	5.722
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>61.444</b>	<b>116.111</b>	<b>88.778</b>
<b>Total necesario</b>	<b>90 g</b>	<b>5,5</b>	<b>10,5</b>	<b>8,0</b>

<b>Lechuga</b>	<b>Flujo</b>	
	<b>masa - g</b>	<b>Δ</b>
<b>A hamburguesa</b>	<b>28</b>	<b>-28%</b>
A restaurante	39	0%
Cosechada	39	

<b>Etapa</b>	<b>MJ/</b>	<b>Consumo energía</b>	
		<b>Aire libre</b>	<b>Invernadero</b>
Producción	tn	1.429	152.500
Almacenamiento	tn	714	1.786
Transporte	tn	1.429	1.429
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>3.571</b>	<b>155.714</b>
<b>Total necesario</b>	<b>28 g</b>	<b>0,10</b>	<b>4,4</b>

Cebolla		
	Flujo masa - g	$\Delta$
<b>A hamburguesa</b>	<b>1,7</b>	<b>-19%</b>
A restaurante	2,1	0%
A almacenamiento 2	2,1	-88%
A congelado	17	-15%
A planta congelado	20	-5%
A almacenamiento 1	21	0%
Cosechada	21	

Consumo energía				
Etapa	MJ/	Bajo	Alto	Medio
Producción	tn	7.059	8.824	7.941
Congelado	tn	24.118	42.941	33.529
Almacenamientos	tn	2.294	5.471	3.882
Transporte	tn	5.000	6.412	5.706
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>38.471</b>	<b>63.647</b>	<b>51.059</b>
<b>Total necesario</b>	<b>1,7 g</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>	<b>0,09</b>

Pepino		
	Flujo masa - g	$\Delta$
<b>A hamburguesa</b>	<b>7,4</b>	<b>-26%</b>
A restaurante	10	0%
A almacenamiento	10	-38%
A enlatado	16	-16%
A planta enlatado	19	0%
Cosechado	19	

Consumo energía				
Etapa	MJ/	Bajo	Alto	Medio
Producción	tn	1.000	1.311	1.155
Almacenamiento	tn	108	1.000	554
Proceso (pickle)	tn	2.703	4.324	3.514
Transporte	tn	1.892	973	1.432
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>5.703</b>	<b>7.608</b>	<b>6.655</b>
<b>Total necesario</b>	<b>7,4 g</b>	<b>0,04</b>	<b>0,06</b>	<b>0,01</b>

Queso		
	Flujo masa - g	$\Delta$
<b>A hamburguesa</b>	<b>15</b>	<b>-12%</b>
A restaurante	17	0%
Queso a almac.	17	-91%
A proceso	180	0%
Leche ordeñada	180	29%
Alimento animal	140	

Consumo energía				
Etapa	MJ/	Bajo	Alto	Medio
Alimento (prod.)	tn	17.333	24.667	21.000
Ordeño y proceso	tn	10.667	21.333	16.000
Almacenamiento	tn	667	4.667	2.667
Transporte	tn	7.333	10.000	8.667
<b>Total</b>	<b>tn</b>	<b>36.000</b>	<b>60.667</b>	<b>48.333</b>
<b>Total necesario</b>	<b>15 g</b>	<b>0,54</b>	<b>0,91</b>	<b>0,73</b>

Con los consumos de cada ingrediente se llega al consumo total necesario para obtener una hamburguesa, mostrado en las Tablas 7.24 y 7.25. Se observa que en el estudio no se ha considerado la energía necesaria para la producción del packaging de la misma.

Tablas 7.24 y 7.25 - Detalle del consumo energético necesario por hamburguesa, por ingrediente y rubro

Ingredientes	Consumo energía - MJ			Distribución consumo energía		
	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio
Pan	1,0	3,3	2,2	14%	17%	20%
Carne	5,5	10,5	8,0	76%	54%	72%
Condimento	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Lechuga	0,1	4,4	0,1	1%	23%	1%
Cebolla	0,1	0,1	0,1	1%	1%	1%
Pepino (pickle)	0,0	0,1	0,0	1%	0%	0%
Queso	0,5	0,9	0,7	7%	5%	7%
<b>Total hamburguesa</b>	<b>7,3</b>	<b>19,2</b>	<b>11,1</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

## Uso de energía en el sector de alimentos

Etapa	Consumo energía			Distribución consumo energía		
	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio
Produccion primaria	4,2	10,8	5,3	57%	56%	48%
Almacenamiento	0,8	4,0	2,4	11%	21%	22%
Proceso	0,9	2,5	1,7	12%	13%	15%
Transporte	0,7	0,9	0,7	9%	5%	7%
Cocción	0,8	1,0	0,9	11%	5%	8%
<b>Total hamburguesa</b>	<b>7,3</b>	<b>19,2</b>	<b>11,0</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Si se analiza por ingrediente, se observa que la carne y el pan resultan los mayores consumidores de energía. Esto explica por la conjugación de dos efectos: por un lado, estos insumos son los de mayor peso en el producto final, por el otro, la carne es el insumo que mayor consumo de energía requiere en su producción. En cuanto al análisis por rubro, la producción primaria resulta la etapa de mayor consumo, debido principalmente a su peso en la producción de la carne.

## 8. CONCLUSIONES

Este trabajo demuestra que el uso de energía en el sistema de producción de alimentos, actividad fundamental para el desarrollo de los seres humanos, es de importancia. Sobran ejemplos al respecto, como el hecho de que la energía utilizada en la alimentación de un ciudadano de EE.UU. y la utilizada para su transporte personal son prácticamente iguales. El uso de energía en estos sistemas presenta entonces una amplia diversidad de consideraciones al respecto. A continuación se detallan las principales:

*i.* La intensificación de la producción de alimentos ha permitido en general lograr una mayor productividad, haciendo posible alimentar a gran parte de la creciente población mundial en un contexto de limitación de tierra. A futuro, también en este contexto, las demandas incrementales de:

- alimentos en general para una población que continuará en aumento por los próximos años y reducir la sub (o mal) nutrición actual.
- granos para la producción de biocombustibles.
- carne por mayores consumos en países en desarrollo. Este punto está lógicamente vinculado con la producción de granos. Para dar una idea de magnitud, se observa que en EE.UU., país con muy alto consumo de carne, el consumo de granos per cápita es de 800 kg anuales, de los cuales solo 100 kg son utilizados en forma directa. En India, país de muy bajo consumo cárnico, cada habitante consume tan sólo 200 kg, casi en su totalidad en forma directa.
- pescado de acuicultura para suplir capturas que parecen mostrar una tendencia estable e incluso decreciente y satisfacer adicionalmente la mayor demanda por las propiedades saludables de estos productos y, en forma similar a lo que sucede con las carnes, el consumo en aumento en países en desarrollo.

obligan a lograr una productividad aún mayor por parte de los sistemas. Esto no será posible volviendo a las técnicas productivas de principios del siglo pasado como proponen algunos especialistas. Por lo tanto, la intensificación actual, con sus consumos energéticos asociados, seguirá siendo necesaria. Sin embargo, en los casos que se cuenta con datos, este trabajo ha podido demostrar:

- que es posible reducir en alguna medida ciertos consumos de energía en la producción primaria sin afectar perceptiblemente a la productividad de los sistemas, logrando una mayor eficiencia en los mismos.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- que en la post-producción, que representa una proporción del consumo de energía en la producción de alimentos aún mayor que la producción primaria, también existen oportunidades de mejora, por ejemplo en rubros como packaging. No existen estudios en profundidad al respecto, salvo en casos particulares como la refrigeración.

Para ambos propósitos, también puede ser útil un mayor uso de energías renovables, en línea con lo que se observa en otras industrias. En algunos casos ya están en uso como hidro para molienda de granos y eólica para bombeo de agua. Sin embargo, existen otras como la biomasa y la solar que, a pesar de que cuentan con potencial, prácticamente no se utilizan. Entre las aplicaciones que podrían tener estas últimas se encuentran el uso como combustible directo de la biomasa y el secado de granos y calefacción de estructuras de confinamiento pecuario con energía solar.

*ii.* El consumo de energía no puede ser analizado en si mismo exclusivamente, sino que debe verse en conjunto con aspectos como el uso de tierra, los impactos ambientales y el tiempo de producción (este último específicamente para especies pecuarias), entre otros, que hacen también a la sustentabilidad de los sistemas. Algunos ejemplos de la importancia de este doble análisis son:

- el uso de la siembra directa como alternativa a la convencional: aunque la primera no logra un consumo energético significativamente menor que la última, la reducción de la erosión y el secuestro de carbono que permite la convierte en una alternativa más sustentable.
- la sojización de la Argentina: el elevado consumo de energía en herbicidas en este cultivo es producto de la falta de rotación y la adaptación de malezas al glifosato, problemas que de no modificarse el esquema productivo actual probablemente se agravarán a futuro.
- el engorde bovino en feedlot, que ha liberado áreas de pastura para uso agrícola, debido a que el animal puede ser alimentado directamente en corral, y ha reducido el tiempo para faena, ya que la tasa de ganancia de peso resulta de aproximadamente el doble en los corrales.
- la acuicultura, que a pesar de presentar consumos energéticos que la pesca de captura para algunas especies, puede ayudar a disminuir la presión pesquera sobre las poblaciones naturales.

*iii.* Usos prácticos del análisis del trabajo: uno de los usos prácticos en los que se está aplicando el análisis del consumo de energía e impactos ambientales es el etiquetado de emisiones de carbono. Estas etiquetas cuantifican ambos valores mencionados para determinados productos y tienen como objetivo concientizar al consumidor y potencialmente aplicar algún tipo de impuesto a las empresas que no sean eficientes. El primer uso que se registra del etiquetado es del Reino Unido en 2006, para ciertas compañías en productos como cereales y jugos. Luego, en 2008, esta metodología cobra un mayor impulso cuando la cadena Tesco, la mayor de Inglaterra, comienza a etiquetar los productos de marca propia. En dicho país, es interesante el hecho de que la organización que rige la confiabilidad de las etiquetas, el Carbon Trust, exige también que las empresas muestren mejoras de eficiencia en el tiempo o de lo contrario pueden perder el derecho a etiquetar sus productos. Esto perjudica la imagen de las compañías frente a los consumidores. Por último, hay que mencionar que en 2009 Japón y la empresa Wal-Mart también han anunciado que comenzarán a utilizar el etiquetado de carbono.

Otra uso son como herramientas para determinar en que carácter aplicar (que aspecto se va a mejorar) a los programas de eficiencia energética que han lanzado, principalmente en EE.UU. En los mismos, el Estado interviene en el sector bajo la forma de incentivos a los distintos integrantes de la cadena para que modifiquen sus prácticas actuales en pos de disminuir sus consumos. La mayor parte de los recursos se ha destinado históricamente a la producción primaria agropecuaria, donde se estima se han logrado ahorros de más de 100 millones de dólares tan sólo en ahorro de electricidad.

Hasta el momento ambas iniciativas sufren la falta de modelos de cálculo de consumos energéticos estándar, debido a la complejidad de los sistemas en cuestión. Es por eso que este trabajo ha sido minucioso a la hora de llegar a resultados, para que los mismos sean los más relevante posibles.

*iv.* Contexto argentino: como se ha podido observar la producción agropecuaria argentina es muy competitiva por diversos factores. Sin embargo, aun hay espacio de mejoras de eficiencia mediante la incorporación en mayor medida de tecnologías como el riego y la AP. Por el momento, hay que tener en cuenta que existen en el país claras desventajas para lograr este objetivo:

- la alta volatilidad macroeconómica y sectorial.
- la poca integración intrasectorial.
- la falta de visión de la cadena de valor.

## Uso de energía en el sector de alimentos

- dificultades en el acceso al financiamiento.
- la variabilidad en las “reglas del juego”.
- la falta de un planeamiento de largo plazo, tanto público como privado.

A futuro, de cambiar la situación actual, probablemente se produzcan estos cambios.

Existen también conclusiones más específicas que merecen ser señaladas

*v.* Agricultura vs. Ganadería: puede observarse que los cultivos agrícolas requieren de consumos de energía significativamente menores que los de la producción pecuaria y la de pescado. Este hecho ha llevado a otros estudios de objetivos similares a los de este trabajo a proponer como alternativa para la reducción del consumo de energía del sector como conjunto una sustitución global de productos animales por agrícolas. Con los datos que se han tenido en cuenta para este trabajo, se puede sostener que aunque es cierto que existen países como EE.UU. que consumen más carne de la necesaria nutricionalmente, esta es una elección de los consumidores que obligaría a aplicar algún tipo de restricción para ser cambiada. Medidas de este tipo afectarían seriamente a este subsector productivo, generando seguramente un perjuicio mayor a los beneficios. Por lo tanto, ante un mayor consumo esperado de productos de origen animal, la búsqueda de maneras de reducir el consumo de energía debería focalizarse en lograr una mayor eficiencia productiva.

*vi.* Comparación de fuentes de proteína animal:

### **a. Las distintas producciones pecuarias**

En el ganado, existen llamativas diferencias no sólo en cuanto a los requerimientos energéticos, sino también en cuanto a los otros criterios mencionados como tiempo para faena y uso de tierra (para producción de alimentos principalmente). La producción de carne bovina resulta la actividad de mayores usos en todos estos aspectos. Esto se debe al largo período de cría de dicha especie, donde sólo se produce un ternero por vez, y a su metabolismo basal, que resulta ampliamente superior al teórico según su masa corporal.

Es por eso que la tendencia mundial que se observa desde hace unas décadas de reemplazo de carne bovina por porcina y avícola, ambas de mayor eficiencia productiva, probablemente ha disminuido el uso de energía de dicho subsector como conjunto y ha aumentado su productividad. Como se ha señalado, Argentina es el país de mayor

consumo de carne bovina del mundo. Sin embargo, en los últimos años también ha ido reemplazando progresivamente dicho consumo con otras carnes por diversos factores ya mencionados.

Esta nueva situación ha fomentado planes de inversión en los sectores porcino y avícola para poder satisfacer la creciente demanda. Así, el país ha encontrado una manera de agregar valor a los granos que produce en mayor medida. De mantenerse el crecimiento de estas carnes, las mismas pueden representar una posibilidad adicional para la industria agropecuaria de acceder a los mercados externos. Si se mira el caso de Brasil, observamos que las divisas obtenidas por la exportación de carne porcina son equivalentes a todas las exportaciones del complejo siderúrgico argentino, 50% superiores a las del complejo forestal, dos veces y media al vitivinícola y la mitad de las exportaciones del complejo automotriz. Sin embargo, hay que tener en cuenta lo mencionado relativo al contexto nacional ya que por ejemplo en el caso de la industria porcina existen estimaciones que calculan el nivel de inversión necesario para obtener un nivel de producción equivalente a la exportación anual brasilera (770.000 tn) en US\$ 3.100 millones. Claramente, inversiones de esta magnitud no serán factibles de producirse de mantenerse las condiciones actuales para el sector.

#### **b. Acuicultura vs. sistemas pecuarios:**

Los defensores de la acuicultura suelen citar la eficiencia relativa en la conversión de alimento (ICA) que presentan los peces con respecto a las especies pecuarias. Esto es producto de que los organismos de sangre fría requieren mucha menos energía para su metabolismo y, por lo tanto, disponen de un mayor excedente para destinar a aumentar su biomasa. Sin embargo, el ICA, aunque es útil para comparar a grandes rasgos entre especies, no considera la distinta composición de los alimentos utilizados en las respectivas especies. Mientras que en las especies pecuarias los alimentos son casi 100% de origen vegetal en todos los casos, las dietas acuícolas, especialmente las de especies carnívoras, contienen elevados porcentajes de componentes de origen animal. Es por esto que a pesar de que los peces son muy eficientes en cuanto a la conversión, el tipo de alimento utilizado hace que muchos de estos sistemas, a pesar de presentar bajos ICA en relación a las terrestres, terminen necesitando más energía en muchos casos.

Una excepción a esta situación son los sistemas acuícolas extensivos, que resultan los más eficientes del mundo animal. Esto lleva a pensar en cultivar más especies extensivamente o darle más importancia a las producciones extensivas existentes. Sin embargo, las dificultades técnicas y las preferencias de los consumidores son dos factores que dificultan dicha alternativa.

## 9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

### *i. Libros*

- Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems – Smil, Vaclav – MIT Press – 2008
- Food, Energy and Society – Pimentel, David y Pimentel, Marcia, CRC Press, 2008
- Plan 4.0 B: Mobilizing to Save Civilization – Brown, Lester – Norton W&W Inc. - 2009

### *ii. Informes*

- El Desarrollo Agropecuario en las Últimas Décadas: ¿Volver a Creer? - Bisang, R. en Crisis, recuperación y nuevos dilemas: La economía Argentina 2002-2007- Kosacoff, B. (editor); CEPAL Buenos Aires, p. 187-260 - 2008
- El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación (Informe anual) entre 2000 y 2009 – División de Desarrollo de Economía Agrícola, FAO
- El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura (Informe bianual) entre 2004 y 2008 – Departamento de Pesca y Acuicultura, FAO
- Environmental Performance of Agriculture in OECD countries since 1990 – OECD – 2008
- GM crops: Global Socio-Economic and Environmental Impacts 1996-2007 – Brookes, Graham; Barfoot, Peter - PG Economics Ltd, UK – 2009
- La Larga Sombra del Ganado: Problemas Ambientales y Opciones – Iniciativa para Ganadería, Medio Ambiente y Desarrollo (LEAD) - 2006

### *iii. Estudios*

- Análisis de Proyecto de Evaluación de Compra de una Sembradora con Sistema de Dosificación Variable y Cálculo de Punto de Equilibrio – Proietti, Federico;

Bragachini, Mario; Méndez, Andrés; Scaramuzza, Fernando; Damen, Daniel-  
Estación Experimental Agropecuaria INTA Manfredi

- Análisis Descriptivo de la Evolución de los Modelos Tecnológicos Difundidos en el Distrito Zavalla (Santa Fe) Desde una Perspectiva Energética – Denoia, Julio; Vilche, María S.; Montico, Sergio; Tonel, Beatriz; di Leo, Néstor - Ciencia, Docencia y Tecnología N° 33, Año XVII – 2006
- Análisis Económico del Riego en Córdoba - Rodríguez Campos, Valentina; Bongiovanni, Rodolfo - Asociación Argentina de Economía Agraria
- Assessing Alternative Aquaculture Technologies: Life Cycle Assessment of Salmonid Culture Systems in Canada – Ayer, Nathan W., Tyedmers, Peter H. - Journal of Cleaner Production XXX p. 1–12 – 2008
- Balance Energético de la Producción de Biodiesel a partir de Soja en la República Argentina – Donato, Lidia B.; Huerga, Ignacio Roberto; Hilbert, Jorge A. – INTA - 2008
- Balanço Energético das Culturas de Soja e Girassol para Produção de Biodiesel – Gazzoni, Décio. L.; Felici, Paulo; Coronato, Rafael
- Balanço Energético do Sistema de Produção de Soja e Milho em uma Propriedade Agrícola do Oeste do Paraná - de Melo, Dirceu; Odilon Pereira, Joaquim; Godoy de Souza, Eduardo; Gabriel, Antonio (filho); Pereira Nóbrega, Lucia Helena e Pinheiro Neto, Raimundo - Maringa, v. 29, n. 2, p. 173-178 – 2007
- Balanço energético em Galpão de Fragos de Corte – Santos, Tânia M. B.; de Lucas, Jorge Jr. - Eng. Agríc., Jaboticabal, v.24, n.1, p. 25-36 – 2004
- ¿Cuánto Combustible se Consume en Argentina para Secar Granos? - de la Torre, Diego A.; Bartosik, Ricardo - EEA INTA Balcarce - 2008
- Determining the Environmental Burdens and Resource Use in the Production of Agricultural and Horticultural Commodities. Main Report. Defra Research Project IS0205 - Williams, A.G.; Audsley, E.; Sandars, D.L. - 2006

- Energy Life-Cycle Assessment of Soybean Biodiesel – Pradhan, A.; Shrestha, D.S.; McAloon, A; Yee, W.; Haas, M. ; Duffield, J.A. ; Shapouri, H. - United States Department of Agriculture (U.S.D.A) - 2009
- Energy Use for Cooking and Other Stages in the Life Cycle of Food – Carlsson Kanyama, Annika; Boström-Carlsson, Kerstin – Universidad de Estocolmo – 2001
- Energy Use in the Food Sector: A Data Survey - Carlsson Kanyama, Annika; Faist, Mireille – 2001
- Estimación del Consumo Potencial de Gasoil para las Labores Agrícolas en la Provincia de Buenos Aires – Donato, Lidia B.; Moltoni, Luciana; Honorato, Agustín – Instituto de Ingeniería Rural, INTA - 2005
- Feeding Farmed Salmon: Is Organic Better? - N. Pelletier, P. Tyedmers - School for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University - Aquaculture 272, p. 399–416 – 2007
- Fisheries and Energy Use - Tyedmers, P., Cleveland, C. - Encyclopedia of Energy vol. 2, p. 683-693. Elsevier, Amsterdam. - 2004
- Fuel Price Increase, Subsidies, Overcapacity, and Resource Sustainability - Tyedmers, P.; Sumaila, U. R.; Teh, L.; Watson, R.; Pauly, D. - ICES Journal of Marine Science, vol. 65, p. 832-840. - 2008
- Fueling Global Fishing Fleets - Tyedmers, P., Watson, R., Pauly, D. - Ambio. vol. 34 p. 635-638 – 2005
- Intensificación de Cultivos de Granos: Evaluación del Sistema de Intersiembrade Trigo – Soja Sobre el Rendimiento Físico y Económico, Eficiencia del Uso del Agua y los Componentes Determinantes del Rendimiento – Rillo, Sergio; Richmond, Pablo; Mazzei, Mariano - INTA 9 de Julio
- LCA of Packed Food Products - Büsser, Sybille; Steiner, Roland; Jungbluth, Niels – 2008
- Life-Cycle Assessment in the Agri-Food Sector – Halberg, Niels – Danish Institute of Agricultural Sciences (DIAS) – 2003

- Life Cycle of the Corn-Soybean Agroecosystem for Biobased Production – Landis, Amy E.; Miller, Shelie A; Theis, Thomas L. - Institute for Environmental Science and Policy, University of Illinois at Chicago, Environ. Sci. Technol. 41, p. 1457-1464 – 2007
- Marine Aquaculture and the Sustainability of Seafood Production Systems: A Comparative Analysis - Tyedmers, P.; Pelletier, N.; Ayer, N. - United States Marine Aquaculture Task Force – 2007
- Scenario Modeling Potential Eco-Efficiency Gains from a Transition to Organic Agriculture: Life Cycle Perspectives on Canadian Canola, Corn, Soy, and Wheat Production – Tyedmers, P.; Pelletier, N.; Arsenault, N. - 2008
- Screening Life Cycle Assessment (LCA) of Tomato Ketchup: A Case Study – Andersson, Karin; Ohlsson, Thomas; Olsson, Pär - Journal of Cleaner Production 6, p. 277–288 – 1998
- Sustentabilidad de la Agricultura en la Próxima Década. Potencial Uso de Fertilizantes al 2015 - Oliverio, Gustavo; López, Gustavo M. - Fundación Producir Conservando - 2008
- The Energy Balance of Corn Ethanol: An Update - By Shapouri, H.; Duffield, J.A.; Wang, M. - U.S. Department of Agriculture (U.S.D.A) - Agricultural Economic Report No. 814 - 2002
- Thermodynamics of the Corn-Ethanol Biofuel Cycle – Patzek, Tad W. - Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Berkeley - 2006
- Worldwide Transformation of Diets, Burdens of Meat Production and Opportunities for Novel Food Proteins, Smil, Vaclav - University of Manitoba - Enzyme and Microbial Technology p. 305–311 - 2002