



LA SOSTENIBILIDAD Y LA MODELIZACIÓN DE LA GANADERÍA ORGÁNICA (MODELO SGO)

**Repercusiones de la intensificación mundial de la producción
ganadera orgánica y de bajos insumos**

Resultados preliminares

**por
Christian Schader, Adrian Müller y Nadia El-Hage Scialabba**

**Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio
Ambiente
FAO, abril de 2013**

Acerca de este documento

El Modelo de sostenibilidad y ganadería orgánica (SGO) es un proyecto (véase el Documento de exposición de conceptos) que ha sido comisionado por el Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la FAO al Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (FiBL) de Frick (Suiza). En este informe de síntesis se presentan los resultados preliminares del Modelo SGO. En la actualidad, el modelo está siendo sometido a verificaciones de congruencia, algunos de sus componentes se están afinando y nuevos datos se están recopilando para comprobar las tendencias que se han configurado hasta la fecha. Los resultados completos del proyecto y una publicación específica que incluirá las repercusiones cuantitativas de las hipótesis estarán disponibles a mediados de junio de 2013. Los resultados de la actual Fase I del Modelo SGO indican que existe un gran potencial medioambiental, social y económico para convertir la agricultura mundial en una agricultura de pastizales. En consecuencia, la FAO ya ha dado inicio a la Fase II del Modelo SGO, sobre los pastizales sostenibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los muchos expertos que intervinieron en este proyecto el apoyo que han brindado al mismo; en especial al personal de la FAO y del FiBL, pero también a otros socios, entre quienes se cuentan (en orden alfabético) Caterina Batello, Maryline Boval, Jan Breithaupt, Carlo Cafiero, Marianna Campeanu, Reto Cumani, Rich Conant, Piero Conforti, Karlheinz Erb, Marie-Aude Even, Karen Franken, Andreas Gattinger, Pierre Gerber, Judith Hecht, Stefan Hörtenhuber, Anne Isensee, Mathilde Iweins, Peter Klocke, John Lantham, Robert Mayo, Eric Meili, Jamie Morrison, Alexander Müller, Noémi Nemes, Urs Niggli, Monica Petri, Tim Robinson, Nicolas Sagoff, Matthias Stolze, Francesco Tubiello y Helga Willer.

Antecedentes

Las actividades humanas ya han rozado las lindes planetarias, y en algunos casos las han incluso sobrepasado (Rockström *et al.*, 2009). A escala mundial, los sistemas agrícolas, y en particular la explotación ganadera, son importantes fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero y están entre las principales causas de la pérdida de biodiversidad y la contaminación hídrica (Steinfeld, 2006). Además de suplir alimentos ricos en proteínas mediante el aprovechamiento de pastizales (por rumiantes) o desechos alimentarios (por especies monogástricas), los sistemas agropecuarios se utilizan para incrementar en medida considerable la fertilidad del suelo gracias a la excreción de estiércol, el almacenamiento de capital y la sustitución de mano de obra. Sin embargo, la ganadería moderna se ha despojado del papel ecológico y sociocultural original que había jugado en el ámbito de un sistema agrícola funcional debido a que se ha centrado unilateralmente en la producción de leche, carne y huevos. Por una parte, los modernos sistemas ganaderos intensivos son sumamente eficientes en cuanto a productividad por cabeza en lo tocante a la producción de carne, leche y huevos. Pero por otra parte, a lo largo de las últimas décadas la intensificación ganadera ha ocasionado inconvenientes de diversa índole. La sustitución de los pastizales por el suministro de piensos concentrados ha aumentado la presión sobre las tierras arables y ha conducido a marcados desequilibrios de nutrientes en la finca, en el país y en la región. Lo que es más, la intensificación de la ganadería ha resultado en una mayor incidencia de enfermedades del ganado y en una longevidad animal menoscabada.

Pese a lo problemático de estos hechos, las condiciones económicas siguen siendo favorables a la ganadería intensiva. El proyectado aumento demográfico y la demanda siempre mayor de productos ganaderos, en especial por la población de ingresos más elevados de los países en desarrollo, en combinación con la rápida merma de la base de recursos naturales, hacen urgente reducir la huella ecológica de la producción ganadera.

Existen diversos modelos que describen el uso mundial de las tierras agrícolas, la producción ganadera y su desarrollo futuro, y la forma en que dicha producción permite abordar los problemas de la seguridad alimentaria, de los gases de efecto invernadero y de otros desafíos que plantea el sector ganadero. Sin embargo, no se dispone de modelos que den cuenta de las repercusiones que tendría una reconversión mundial de la ganadería en una ganadería de bajos insumos —como la agricultura orgánica— en la disponibilidad de alimentos y en los grandes retos mundiales que afronta el medio ambiente. A la luz de la acentuada escasez de los recursos, es necesario comprender cuáles serían las alternativas viables en una situación hipotética de conmoción en la que los precios de los combustibles fósiles resultaran demasiado caros o su disponibilidad se viese comprometida. Más importante aún es construir un modelo general interrelacionado sobre la factibilidad técnica y económica de las hipótesis alternas del suministro de alimentos. Con esta finalidad, el Modelo SGO calcula y analiza las repercusiones potenciales de una conversión mundial de los sistemas ganaderos en sistemas ganaderos de bajos insumos y de gestión orgánica.

El Modelo SGO

El Modelo SGO fue elaborado para arrojar luz sobre estas cuestiones. Se trata de un modelo mundial sobre los sistemas de uso de la tierra y los alimentos capaz de analizar las repercusiones de diferentes hipótesis de la producción en el uso de la tierra, la disponibilidad de alimentos, el flujo de materiales (p. ej., N, P, energía, gases de efecto invernadero) y otros impactos ambientales.

El Modelo SGO busca mostrar los efectos de diferentes situaciones hipotéticas del uso de la tierra y de la producción agropecuaria. También ofrece la oportunidad de relacionar los impactos ambientales con la producción, a semejanza de lo que se hace cuando se evalúa el ciclo de vida de los productos o determinadas cadenas de suministro. El elemento principal del modelo consiste en un módulo del suministro de alimentos, un módulo de la demanda de alimentos y un módulo separado en el que se combinan el suministro y la demanda. En el **módulo del suministro de alimentos** se formulan las actividades y productos referidos al uso de la tierra y las actividades agropecuarias, las cuales se enlazan unas con otras por medio de las raciones de alimentos forrajeros. En el **módulo de la demanda de alimentos** se definen la población y las dietas humanas con el propósito de calcular los alimentos que se requieren para la nutrición humana. Todos los productos alimenticios que figuran modelizados en el módulo del suministro de alimentos y los requisitos de alimentos que se mencionan en el módulo de la demanda se engloban en el **módulo del balance de alimentos**, donde se cuantifica el superávit o el déficit de alimentos.

El Modelo SGO se basa en gran medida en los datos y en el sistema de clasificación de FAOSTAT, y es coherente con estos. En los casos en que se tropezó con vacíos en los datos (p. ej., en cuanto a la superficie y los rendimientos de varios tipos de pasto, las raciones alimentarias o la estructura del hato), se crearon o usaron otros conjuntos de datos (p. ej., Erb *et al.*, 2009).

El desperdicio de alimentos se introduce en el modelo como una variable del módulo de la demanda de alimentos, que incrementa la cantidad de esta demanda; y como una variable del módulo del suministro de alimentos, que reduce la cantidad de los alimentos suministrados que entran en el balance de alimentos. En el **módulo del impacto ambiental**, los impactos ambientales se evalúan de acuerdo con los métodos que se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Visión general de los indicadores ambientales utilizados en el Modelo SGO

Impacto ambiental	Indicador	Descripción
Ocupación de la tierra	Ocupación de la tierra, según los cultivos arables y permanentes y los pastizales.	Datos sobre el uso de la tierra basados en datos de FAOSTAT. Este indicador se vincula a los indicadores de «presión de deforestación» (véase más abajo).

Degradación de la tierra	Factor específico de los cultivos referido a la propensión a la erosión de los cultivos.	La propensión a la erosión fue modelizada como función de diferentes tipos de cultivo. En consecuencia, fue tomado como indicador la duración del período de crecimiento del cultivo. Los datos provienen de la literatura científica y de consultas de expertos.
Uso de recursos de energía fósil	Uso de energía acumulada (CED) 1.05-1.08.	Basado en datos de la evaluación del ciclo de vida (Ecoinvent, <u>Schader</u> (2009) y otra literatura científica).
Potencial de calentamiento mundial	GWP IPCC100a	Metodología e inventarios basados en el enfoque de nivel 1 y nivel 2 de las Directrices del IPCC (2006). Otros datos han sido tomados de estudios de evaluación del ciclo de vida.
Eutrofización de nitrógeno	Excedentes y pérdidas de nitrógeno	Los insumos (p. ej., cantidades de fertilizante), producción (p. ej., rendimientos, residuos de cosecha, contenido en nutrientes) y pérdidas (p. ej., NH_3 , N_2O y NO_3) se calculan por tipo de actividad del uso de la tierra y por país.
Eutrofización de fósforo	Excedentes de P_2O_5	Los excedentes de P_2O_5 sirven como indicadores de pérdidas de P, como en los casos de pérdidas de suelo. Los insumos (p. ej., cantidades de fertilizante) y los productos (p. ej., rendimientos, residuos de cultivos, contenido en nutrientes) se calculan por cultivo y por país.
Toxicidad	Cantidad media y peligrosidad de los plaguicidas aplicados por hectárea.	El cálculo de los factores de toxicidad se ha basado en evaluaciones técnicas de aplicaciones de plaguicidas, específicas para los cultivos. Se tomaron en consideración tres factores: a) la intensidad de la aplicación, b) la legislación sobre plaguicidas del país y c) el acceso económico y físico a los plaguicidas por los agricultores.
Presión de deforestación	Tierras cultivables adicionales requeridas.	Vinculado al factor de uso de la tierra. Hipótesis: las tierras cultivables adicionales son causa del aumento de la presión sobre los bosques y pueden determinar el aumento de la deforestación.
Explotación de pastizales	Densidad de pastoreo del ganado en los pastizales.	Número promedio de cabezas de ganado por hectárea de pastizal.
Biodiversidad	Se abarcaron cuatro de los cinco principales factores que ocasionan pérdida de biodiversidad (todos los factores a excepción de las especies invasivas; véanse más informaciones en el texto).	Basado en los cinco principales factores que determinan la pérdida de biodiversidad propuestos en la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). La biodiversidad es función de la integración de los siguientes factores: potencial de calentamiento mundial, eutrofización de nitrógeno, eutrofización de fósforo, toxicidad, presión de deforestación y explotación de los pastizales.

El modelo SGO ha sido diseñado como un modelo de programación lineal adoptando la perspectiva del encargado de las políticas. Esto significa que permite optimizar la producción con respecto a diferentes metas de política (p. ej., aumentar al máximo la producción de alimentos, reducir al mínimo las emisiones de gases de efecto invernadero) atendiendo a ciertas condiciones restrictivas (p. ej., no permitir el uso de tierras cultivables para la producción de piensos concentrados). El modelo fue programado con el auxilio del sistema general de modelización algebraica. La utilización de alimentos y los árboles de productos básicos, que forman parte del sistema de trabajo FAOSTAT, fueron calculados con arreglo al programa estadístico R. En su versión actual, las situaciones hipotéticas se han incorporado manualmente en el modelo debido a la limitación de los datos.

El modelo funciona principalmente a nivel del país. Esto quiere decir que para arrojar resultados comprensibles la mayor parte de los datos (p. ej., uso de la tierra, número de cabezas de ganado, rendimientos) debe especificarse para cada uno de los países y ser agregado posteriormente al nivel regional o mundial. Para este informe preliminar solo presentamos resultados a nivel mundial porque algunos de los datos solo existen a ese nivel. Se parte aquí del postulado de que los mercados de piensos concentrados están completamente globalizados. Más adelante se dará al modelo mayor especificidad con el añadido de más detalles. Por ejemplo, si para un país se pueden identificar datos de alta calidad, esos datos pueden sustituir la hipótesis de tipo mundial anteriormente formulada.

Dado que este proyecto se centra en la producción agropecuaria, otros factores externos tales como los organismos genéticamente modificados, la acuicultura, la pesca, el desperdicio de alimentos, algunos avances tecnológicos (p. ej., la carne cultivada) y los biocombustibles se han considerado como constantes (*ceteris paribus*). Fue posible así tratar de modo específico las repercusiones que derivan de una producción ganadera de bajos insumos.

Para el cálculo del año de referencia, que representa la situación actual, se han tomado datos del período 2005-2009. El año de referencia sirvió para calibrar el modelo y comparar los resultados de las otras hipótesis. Partiendo de él, se construyeron dentro del Modelo SGO cinco hipótesis diferentes, a saber:

- La hipótesis 1 es la hipótesis de referencia de la FAO para el año 2050 (Alexandratos y Bruinsma, 2012), con sus correspondientes tendencias relativas al aumento de la población, a los incrementos del rendimiento, al consumo de carne, etc. Se supuso que las raciones alimentarias específicas para el tipo de ganado considerado (p. ej., la proporción de pastos y piensos concentrados) se mantenían invariables.
- En la hipótesis 2 se supone que la alimentación del ganado con piensos concentrados se reduce en un 50 por ciento (aunque se excluyeron de esta reducción los subproductos no alimentarios derivados de la producción de alimentos tales como el salvado de trigo o los tranquillones). Las razones alimentarias se adaptaron proporcionalmente a la disponibilidad forrajera, y esto ha determinado el número de las cabezas de ganado de esta hipótesis. La condición general común para todas las hipótesis fue que se debía proporcionar al

menos la cantidad de calorías para la alimentación humana correspondiente a la hipótesis 1, de referencia, de la FAO.

- La hipótesis 3 es similar a la hipótesis 2, pero en ella se supone una prohibición completa del uso de piensos concentrados y ya no su reducción al 50 por ciento (pero los subproductos no alimentarios derivados de la producción de alimentos aún siguen incluidos en los piensos).
- En la hipótesis 4 se supone que la adopción de la ganadería orgánica ha sido completa, incluida la producción orgánica de piensos. En esta hipótesis está permitido el uso de piensos concentrados orgánicos en proporciones posiblemente más elevadas. El número de cabezas está determinado por la disponibilidad de piensos y de alimentos, siempre y cuando la ganadería sea en su totalidad de tipo orgánico y el aporte agregado de calorías corresponda a la hipótesis 1. Se da por supuesto que el conjunto de la producción ha de provenir de granjas orgánicas que han llevado a cabo una conversión de todas sus actividades. En consecuencia, no solo es orgánica la producción de piensos, sino que también la proporción de todos los componentes orgánicos de la producción agrícola aumenta.
- La hipótesis 5 combina las hipótesis 3 y 4 porque se supone que ha tenido lugar tanto una conversión que ha desembocado en la producción agropecuaria orgánica como una prohibición completa de la alimentación con piensos concentrados.

Otros detalles relativos a las hipótesis y suposiciones se pueden encontrar en el Cuadro 3 (Anexo).

Resultados

Los cálculos realizados con el Modelo SGO indicaron que, contrariamente a la hipótesis de referencia 1, en el año 2050 resultaría posible producir suficientes calorías sin ocasionar impactos ambientales adversos si la ganadería mundial optase por adoptar prácticas de gestión orgánicas y bajos insumos. Conforme a la hipótesis 2 (es decir, reduciendo el uso de los concentrados alimentarios en un 50 por ciento), y más aún según la hipótesis 3 (es decir, eliminándolos por completo), la disponibilidad de alimentos aumentaría al tiempo que la presión sobre los bosques disminuiría. Más aún, habría numerosos efectos ambientales positivos, por ejemplo una reducción de las emisiones de efecto invernadero y un menor consumo energético, menores excedentes de N y P y niveles de toxicidad potencial más contenidos. Es importante tomar nota sin embargo de que no será posible conservar la calidad del medio ambiente en 2050 si las tendencias del consumo de productos ganaderos se mantienen invariados (Cuadro 2).

La hipótesis 4, de una ganadería de tipo orgánico, promete proporcionar diversos beneficios medioambientales tales como la reducción de los potenciales de toxicidad, menores excedentes de N y P y emisiones contenidas de gases de efecto invernadero. No obstante, la producción ganadera orgánica, tal como se practica hoy en día (como una ganadería que utiliza piensos concentrados producidos orgánicamente) necesitará muy probablemente más tierras para poder satisfacer la demanda de alimentos, especialmente si las tendencias del consumo por persona de carne, leche y huevos continúan hasta 2050.

Según cálculos preliminares hechos de acuerdo con el Modelo SGO, harían falta alrededor de 334 millones de hectáreas adicionales de tierras cultivables en el mundo para satisfacer el suministro de productos orgánicos, incluso si la demanda de productos animales se redujese a la mitad; mientras que de acuerdo con el año de referencia las hectáreas adicionales necesarias solo serían 70 millones. La opción orgánica sería ventajosa para todos si el sector ganadero se abstuviese de hacer uso de piensos concentrados. Aunque en diferente medida, lo cierto es que ninguna de las hipótesis, incluido la del año de referencia, podrá ser sostenible si no se adoptan dietas sostenibles en todas las regiones del mundo (es decir, si el consumo de los productos agropecuarios no se reduce).

En consecuencia, si las partes del consumo de productos agropecuarios bajan a un tercio o a un cuarto respecto a los niveles del año de referencia, la producción ganadera orgánica se podría combinar perfectamente con una producción ganadera de escasos piensos concentrados. De acuerdo con la hipótesis 5, que contempla estos postulados, casi todos los indicadores medioambientales reaccionarían de manera positiva —especialmente la presión de deforestación—, y los niveles de disponibilidad de alimentos llegarían a ser más que suficientes para la población del año 2050, ya que las tierras que se liberarían tras el abandono de la producción de piensos concentrados se utilizarían para el cultivo de alimentos de origen vegetal.

También es importante observar que los esfuerzos tendentes a conseguir aumentos de eficiencia en cuanto a intensificación ecológica —producir más productos con menores insumos— harían disminuir nuevamente la presión sobre las tierras y otros recursos. Sin embargo, si bien los aumentos de eficiencia pueden conducir a una reducción de la demanda de recursos naturales por kilogramo de producto, también puede haber efectos de repunte no deseados (Binswanger, 2001), ya que la menor demanda de esos recursos puede determinar precios más bajos y finalmente causar la intensificación de la demanda.

Cuadro 2: Visión general de las repercusiones del Modelo SGO en la disponibilidad de alimentos y el medio ambiente

Indicator	Base year 2005-2009; current situation	Scenario 1 2050; baseline according to official FAO forecast	Scenario 2 2050; 50% reduction of concentrate use	Scenario 3 2050; 100% reduction of concentrate use	Scenario 4 2050; full conversion of livestock to organic management	Scenario 5 2050; Scenario 3 and 4 combined
Agricultural land	→	↗	↘	↘	↑	↘
Human population	→	↑	↑	↑	↑	↑
Available food energy for human consumption	→	↑	↑	↑	↑	↑
Available food protein for human consumption	→	↑	↑	↑	↑	↑
Share of livestock products	→	↑	↓	↓	↓	↓
Share of plant products	→	↘	↑	↑	↑	↑
Nitrogen surplus	→	↑	↗	↓	↓	↓
Phosphorus surplus	→	↓	↑	↗	↓	↓
Energy use	→	↑	↘	↓	↗	↓
Global Warming Potential (GWP)	→	↑	↑	↓	↓	↓
Land degradation potential	→	↑	↘	↘	↑	↘
Deforestation pressure	→	↑	↓	↓	↑	↓
Toxicity potential	→	↑	↘	↘	↓	↘
Grassland overexploitation	→	↑	↑	↗	↑	↗
Biodiversity	→	↓	↗	↑	↑	↑

- The direction of the arrows specifies whether the parameter will increase in a scenario.
- Green arrows indicate a development that is considered beneficial from a societal perspective.
- Red arrows indicate a development which is considered detrimental (or challenging in the case of „share of livestock products“) from a societal perspective.
- Yellow arrows indicate constant trends or minor changes (less than 5%) according to the preliminary SOL-m calculations.

- La dirección de las flechas indica si el parámetro podrá aumentar dentro de una de las hipótesis.
- Las flechas de color verde indican una evaluación que es considerada positiva desde una perspectiva social.
- Las flechas de color rojo indican una evolución que es considerada perjudicial (o problemática en el caso de la «proporción de los productos ganaderos») desde una perspectiva social.
- Las flechas de color amarillo indican tendencias constantes o cambios leves (menores del 50 por ciento) de acuerdo con los cálculos preliminares hechos con el Modelo SGO.

Conclusiones

Los resultados arrojados por el Modelo SGO sugieren que de continuar las tendencias agropecuarias actuales se registrarán muy probablemente aspectos problemáticos en la mayor parte de los indicadores medioambientales, que socavarán el fundamento mismo de la producción alimentaria. En cambio, si se adopta una producción agropecuaria que hace un uso limitado de piensos concentrados se conseguirá reforzar la sinergia entre disponibilidad de alimentos y salud del ambiente.

Cerca del 60 por ciento de las tierras agrícolas en el mundo está cubierto por pastizales. Dentro del sector agrícola estos desempeñan un papel esencial al mantener la producción de alimentos; los pastizales realizan además funciones ecológicas determinantes tales como la absorción del carbono en el suelo, la conservación de la fertilidad, la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos. Una mejor ordenación de pastizales constituye un instrumento poderoso para acrecentar la producción de alimentos, sin poner en peligro los recursos naturales. Un número siempre mayor de consumidores reconoce la importancia de estas funciones y está dispuesto a pagar precios más altos por alimentos que han sido producidos mediante sistemas agrícolas en los que se hace uso de pastizales. Gracias a esta evolución del consumo es posible robustecer la viabilidad económica de la producción de leche y carne proveniente de esta forma de ganadería, en comparación con una ganadería que recurre a los piensos concentrados.

Si la producción agropecuaria estuviese basada en los pastizales los impactos medioambientales mundiales podrían mitigarse. Ahora bien, las estrategias de extensión agropecuaria tan solo serían factibles si el consumo de carne en la dieta humana de los países desarrollados llegase a ser mucho menor, y si las dietas de los países en desarrollo, que contienen en la actualidad bajas proporciones de carne, no se terminasen siendo dietas con un menor coeficiente de consumo cárnico del previsto por Alexandratos y Bruinsma (2012). La hipótesis de viabilidad de una ganadería orgánica solo adquiere realidad si el uso de piensos concentrados y la demanda de carne se reducen en todo el mundo. En todas las situaciones hipotéticas favorables al medio ambiente, el consumo de carne, leche y huevos debe disminuir, y las fuentes alternas de obtención de proteínas (p. ej., legumbres, pescado) deben ser estudiadas.

Es por eso que en los países industrializados en especial, donde la proporción de carne, leche y huevos consumida es alta, se hace necesario encontrar medidas de política que reorienten la demanda en una dirección más sostenible. Esto sentaría un precedente para lograr unas dietas más sostenibles para la población de ingresos en aumento de los países en desarrollo.

Bibliografía

- Alexandratos, N. y Bruinsma, J.** 2012. World Agriculture Towards 2030/2050. The 2012 Revision. En Division, A.D.E. (ed.), *ESA Working Paper No. 12-03*, Roma, FAO.
- Binswanger, M.** 2001. Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? *Ecological economics* 36: 1, pp. 119-132.
- Erb, K.H., Krausmann, F, Lucht, W y Haberl, H.** 2009. Embodied HANPP: Mapping the spatial disconnect between global biomass production and consumption. *Ecological Economics* 69: 2, pp. 328-334.
- Evaluación de los Ecosistemas del Milenio**, 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. Washington DC, Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Instituto de Recursos Mundiales.
- IPCC.** 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Stuart III Chapin, F., Lambin, E., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., de Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. y Foley, J.** 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*. Disponible en: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Schader, C.** 2009. *Cost-effectiveness of organic farming for achieving environmental policy targets in Switzerland*. Tesis doctoral. Institute of Biological, Environmental and Rural Sciences. Aberystwyth, Universidad de Aberystwyth, Gales. Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica (FiBL), Frick, Suiza.
- Steinfeld, H.** 2009. *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. FAO, Roma.

Anexo

Cuadro 3: Visión general de las hipótesis

PARÁMETRO	Año de referencia	Hipótesis 1	Hipótesis 2	Hipótesis 3	Hipótesis 4	Hipótesis 5
Nombre de la hipótesis	Hoy.	Datos de referencia.	50 por ciento de piensos concentrados.	Sin aporte de alimentos.	Adopción de la ganadería orgánica.	Adopción de la ganadería orgánica prescindiendo del aporte de alimentos.
Año	2009	2050	2050	2050	2050	2050
Población humana	Según datos de FAOSTAT.	Según datos de FAOSTAT.	Según datos de FAOSTAT.	Según datos de FAOSTAT.	Según datos de FAOSTAT.	Según datos de FAOSTAT.
Aumento del rendimiento de los cultivos	No hay aumento.	Datos derivados de proyecciones de la FAO.	Datos derivados de proyecciones de la FAO.	Datos derivados de proyecciones de la FAO.	Datos derivados de proyecciones de la FAO.	Datos derivados de proyecciones de la FAO.
Raciones alimenticias	Las raciones alimenticias se establecen para los principales tipos de ganado de acuerdo con los datos de producción del país.	Las raciones alimenticias se establecen para los principales tipos de ganado de acuerdo con los datos de producción del país.	Basadas en las raciones correspondientes al año de referencia, siempre que el aporte de piensos concentrados disminuya en un 50 por ciento.	Basadas en las raciones correspondientes al año de referencia, siempre que el aporte de piensos concentrados disminuya al 0 por ciento (solo se utilizan como piensos concentrados los subproductos de la producción de alimentos).	Las raciones alimenticias se establecen para los principales tipos de ganado de acuerdo con los datos de producción del país.	Basadas en las raciones correspondientes al año de referencia, siempre que el aporte de piensos concentrados disminuya al 0 por ciento (solo se utilizan como piensos concentrados los subproductos de la producción de alimentos).

Producción de carne y leche de ganado rumiante	Según datos de FAOSTAT.	Según el <i>FAO/OECD Agricultural Outlook 2030/2050</i> (cabezas de ganado vacuno y búfalos: +32 por ciento; cabezas de ganado ovejuno y caprino: +53 por ciento).	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.
Producción de carne y leche de ganado no rumiante	Según datos de FAOSTAT.	Según el <i>FAO/OECD Agricultural Outlook 2030/2050</i> (número de aves de corral: +93 por ciento; número de cerdos: +24 por ciento).	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.	Según la disponibilidad endógena de piensos indicada en el modelo.
Ingesta de calorías y proteínas por persona	Según datos de FAOSTAT.	Según el <i>FAO/OECD Agricultural Outlook 2030/2050</i> .	No debe ser inferior a los valores indicados en la hipótesis 1.	No debe ser inferior a los valores indicados en la hipótesis 1.	No debe ser inferior a los valores indicados en la hipótesis 1.	No debe ser inferior a los valores indicados en la hipótesis 1.
Deforestación	Según datos de FAOSTAT.	Según el <i>FAO/OECD Agricultural Outlook</i>	Si más o menos tierras son necesarias para asegurar la disponibilidad de	Si más o menos tierras son necesarias para asegurar la disponibilidad de	Si más o menos tierras son necesarias para asegurar la disponibilidad de	Si más o menos tierras son necesarias para asegurar la disponibilidad de

		2030/2050.	alimentos, la presión sobre los bosques aumenta o se reduce.	alimentos, la presión sobre los bosques aumenta o se reduce.	alimentos, la presión sobre los bosques aumenta o se reduce.	alimentos, la presión sobre los bosques aumenta o se reduce.
Relación proporcional entre las tierras cultivables y los pastizales	Según datos de FAOSTAT.	La superficie neta de pastizales se mantiene constante, y la de tierras cultivables aumenta.	La superficie neta de pastizales se mantiene constante, y la de tierras cultivables aumenta.	La superficie neta de pastizales se mantiene constante, y la de tierras cultivables aumenta.	La superficie neta de pastizales se mantiene constante, y la de tierras cultivables aumenta.	La superficie neta de pastizales se mantiene constante, y la de tierras cultivables aumenta.
Rendimientos agropecuarios	Según datos de FAOSTAT.	Según el <i>FAO/OECD Agricultural Outlook 2030/2050</i> , se registra un incremento del rendimiento ganadero del 5 por ciento conforme a una hipótesis de intensificación.	De acuerdo con la hipótesis 1, pero los rendimientos disminuyen un 10 por ciento debido a que la composición de los piensos concentrados ha cambiado.	De acuerdo con la hipótesis 1, pero los rendimientos disminuyen un 20 por ciento debido a que la composición de los piensos concentrados ha cambiado.	De acuerdo con la hipótesis 1, pero los rendimientos disminuyen un 20 por ciento debido a que los piensos concentrados ya no son de calidad óptima y a la escasa producción agropecuaria.	De acuerdo con la hipótesis 1, pero los rendimientos disminuyen un 20 por ciento debido a que la composición de los piensos concentrados ha cambiado y a la escasa producción agropecuaria.