

Las cien preguntas más importantes para el futuro de la agricultura global

Jules Pretty^{1*}, William J. Sutherland², Jacqueline Ashby³, Jill Auburn⁴, David Baulcombe⁵, Michael Bell⁶, Jeffrey Bentley^{7,8}, Sam Bickersteth⁹, Katrina Brown¹⁰, Jacob Burke¹¹, Hugh Campbell¹², Kevin Chen¹³, Eve Crowley¹⁴, Ian Crute¹⁵, Dirk Dobbelaere¹⁶, Gareth Edwards-Jones¹⁷, Fernando Funes-Monzote¹⁸, H. Charles J. Godfray¹⁹, Michel Griffon²⁰, Phrek Gypmantisiri²¹, Lawrence Haddad²², Siosia Halavatau²³, Hans Herren²⁴, Mark Holderness²⁵, Anne-Marie Izac²⁶, Monty Jones²⁷, Parviz Koohafkan²⁸, Rattan Lal²⁹, Timothy Lang³⁰, Jeffrey McNeely³¹, Alexander Mueller¹¹, Nicholas Nisbett³², Andrew Noble³³, Prabhu Pingali³⁴, Yvonne Pinto^{35,36}, Rudy Rabbinge³⁷, N. H. Ravindranath³⁸, Agnes Rola³⁹, Niels Roling³⁷, Colin Sage⁴⁰, William Settle¹¹, J. M. Sha⁴¹, Luo Shiming⁴², Tony Simons⁴³, Pete Smith⁴⁴, Kenneth Strzepeck⁴⁵, Harry Swaine⁴⁶, Eugene Terry⁴⁷, Thomas P. Tomich⁴⁸, Camilla Toulmin⁴⁹, Eduardo Trigo⁵⁰, Stephen Twomlow⁵¹, Jan Kees Vis⁵², Jeremy Wilson⁵³ and y Sarah Pilgrim¹

¹ University of Essex, Wivenhoe Park, Colchester, Essex, CO4 3SQ, Reino Unido

² Conservation Science Group, Department of Zoology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge, CB2 3EJ, Reino Unido

³ International Center for Tropical Agriculture (CIAT), Apartado Aéreo, 6713, Cali, Colombia

⁴ Office of the Under Secretary for Research, Education and Economics, US Department of Agriculture, 338A Whitten Building, 1400 Independence Avenue SW, Washington, DC, Estados Unidos

⁵ Department of Plant Sciences, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge, CB2 3EA, Reino Unido

⁶ College of Agricultural and Life Science, University of Wisconsin-Madison, 340C Agricultural Hall, 1450 Linden Drive, Madison, WI 53706, Estados Unidos

⁷ Agricultural Anthropologist, Casilla 2695, Cochabamba, Bolivia

⁸ CABI Associate, CABI, Bakeham Lane, Egham, Surrey, TW20 9TY, Reino Unido

⁹ Department for International Development (DFID), 1 Palace St, London, SW1E 5HE, Reino Unido

¹⁰ School of International Development, University of East Anglia, Norwich, NR4 7TJ, Reino Unido

¹¹ UN FAO, Viale delle Terme di Caracalla, Roma 00153, Italia

¹² Centre for the Study of Agriculture, Food and Environment, University of Otago, Dunedin, Nueva Zelanda

¹³ IFPRI-Beijing, Institute of Agricultural Economics, Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS), Zhongguancun Nandajie, Beijing, China

¹⁴ Gender, Equity and Rural Employment Division, UN FAO, Viale delle Terme di Caracalla, Roma 00153, Italia

¹⁵ Agriculture and Horticulture Development Board, Stoneleigh Park, Kenilworth, Warwickshire, CV8 2TL, Reino Unido

¹⁶ University of Bern, Vetsuisse Faculty, Molecular Pathobiology, Laenggassstrasse 122, CH-3012 Bern, Switzerland
School of the Environment and Natural Resources, Bangor University, Deiniol Road, Bangor, Gwynedd, Wales, LL57 2UW, Reino Unido

¹⁷ School of the Environment and Natural Resources, Bangor University, Deiniol Road, Bangor, Gwynedd, Wales, LL57 2UW, Reino Unido

¹⁸ Estación Experimental Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, Perico, Matanzas, Cuba

¹⁹ University of Oxford, Department of Zoology, South Parks Road, Oxford, OX1 3PS, Reino Unido

²⁰ National Research Agency, 212, rue de Bercy, 75012 Paris, Francia

²¹ Multiple Cropping Centre, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai, Tailandia

²² Institute of Development Studies, University of Sussex, Brighton, BN1 9RE, Reino Unido

²³ Secretariat of the Pacific Community, South Pacific Campus, Nabua, Islas Fiji

²⁴ Millennium Institute, 2111 Wilson Boulevard, Suite 700 Arlington, VA 22201, Estados Unidos

²⁵ Global Forum on Agricultural Research (GFAR) Secretariat, UN FAO, Viale delle Terme di Caracalla, Roma 00153, Italia

²⁶ Consortium Office, Consortium of the CGIAR Centres, c/o UN FAO, Viale delle Terme di Caracalla, Roma 00153, Italia

²⁷ FARA Secretariat, PMB CT 173 Cantonments, Accra, Ghana

²⁸ UN-FAO Land and Water Division, Natural Resources Management and Environment Department, Viale delle Terme di Caracalla, Roma 00153, Italia

²⁹ School of Environment and Natural Resources, Ohio State University, 422B Kottman Hall, 2021 Coffey Road, Columbus, OH 43210, Estados Unidos

³⁰ City University London, Northampton Square, London, EC1V 0HB, Reino Unido

³¹ International Union for the Conservation of Nature, Rue Mauverney 28, Gland 1196, Suiza

*Corresponding author. Email: jpretty@essex.ac.uk

- ³² UK Government Department for Business Innovation and Skills, 1 Victoria Street, London SW1H 0ET, Reino Unido
- ³³ International Water Management Institute SE and Central Asia, National Agriculture and Forestry Research Institute, Vientiane, Laos
- ³⁴ Gates Foundation, Seattle, WA 98102, Estados Unidos
- ³⁵ Agricultural Learning and Impacts Network (ALINE), Institute for Development Studies, University of Sussex, Brighton BN1 9RE, Reino Unido
- ³⁶ Acting Deputy Investigator, Africa and Europe: Partnerships for Food and Farming, Centre for Environmental Policy, Imperial College, 15 Princes Gardens, London SW7 1NA, Reino Unido
- ³⁷ Wageningen University, 6700 HB Wageningen, Holanda
- ³⁸ Indian Institute of Science, Bangalore 560 012, India
- ³⁹ College of Public Affairs, University of the Philippines, Los Baños, Laguna 4031, Filipinas
- ⁴⁰ Department of Geography, University College Cork, College Road, Cork, República de Irlanda
- ⁴¹ Fujian Normal University, Fuzhou, Fujian, China
- ⁴² South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China
- ⁴³ World Agroforestry Centre (ICRAF), CGIAR Consortium, UN Avenue, Nairobi, Kenya
- ⁴⁴ Institute of Biological and Environmental Sciences, School of Biological Sciences, University of Aberdeen, 23 St Machar Drive, Aberdeen, Scotland, AB24 3UU, Reino Unido
- ⁴⁵ University of Colorado, Boulder, CO 80309-0260, Estados Unidos
- ⁴⁶ Centre for Global Studies, University of Victoria, PO Box 1700, STN CSC, Victoria, BC, V8W 2Y2, Canadá
- ⁴⁷ Agricultural Technology Clearing House and Consulting (ATECHO), 4109 17th Street, NW Washington DC 20011, USA
- ⁴⁸ Agricultural Sustainability Institute, University of California, Davis 95616-8523, Estados Unidos
- ⁴⁹ International Institute for Environment and Development (IIED), 4 Endsleigh Street, London, WC1H 0DD, Reino Unido
- ⁵⁰ Grupo CEO, Hipólito Yrigoyen 785, Piso 5M, Buenos Aires, Argentina
- ⁵¹ United Nations Environmental Program (UNEP), PO Box 30552 (00100), Nairobi, Kenya
- ⁵² Unilever, Olivier van Noortlaan 120, 3133 AT Vlaardingen, Holanda
- ⁵³ RSPB Scotland, Dunedin House, 25 Ravelston Terrace, Edinburgh EH4 3TP, Reino Unido

A pesar del aumento significativo registrado en la producción de alimentos durante los últimos cincuenta años, uno de los mayores retos que enfrenta la sociedad actual es cómo alimentar una población que a mediados del siglo XXI debe alcanzar alrededor de nueve mil millones de personas. Para satisfacer esta demanda sin que los precios se eleven considerablemente, se estima que será necesario incrementar la producción de alimentos entre 70 y 100%, a la luz de los crecientes impactos del cambio climático, las preocupaciones en torno a la seguridad energética, los cambios en los patrones de consumo de algunas regiones y los Objetivos de Desarrollo del Milenio para reducir a la mitad la pobreza y el hambre en el mundo antes de 2015. El sector agrícola ya no solo tiene la meta de maximizar la productividad, sino de optimizarla en un panorama más complejo desde el punto de vista productivo, de desarrollo rural, medioambiental, justicia social y satisfacción del consumo de alimentos. Sin embargo, aún quedan importantes desafíos para el desarrollo de políticas nacionales e internacionales que apoyen la diseminación de formas de uso de la tierra más sostenibles y la producción agrícola eficiente. El insuficiente intercambio de información entre científicos, productores y decisores agudiza las dificultades, a pesar de que se ha insistido en la necesidad de definir políticas basadas en evidencias. Con este artículo pretendemos mejorar el diálogo y el entendimiento entre investigadores y políticos al identificar las 100 preguntas más importantes para la agricultura global. Estas han sido compiladas mediante el enfoque de exploración de horizontes, con la participación de expertos y representantes de organizaciones agrícolas relevantes a nivel mundial. El propósito es ofrecer sólidas evidencias científicas para apoyar la toma de decisiones y guiar a los políticos en cuanto a las prioridades futuras de la investigación y las políticas agrícolas. Podemos anticipar que si estas preguntas fueran consideradas, tendrían un impacto significativo en las prácticas agrícolas en todo el mundo, al tiempo que mejorarían las sinergias entre política, práctica e investigación dentro del sector. Este estudio forma parte del proyecto 'Foresight Global Food and Farming Futures' financiado por el gobierno británico.

Palabras clave: Agricultura; seguridad alimentaria; agricultura global; exploración de horizontes; políticas; preguntas de investigación

Translation Disclaimer:

This translation has been made with the permission of, but independently of, the Publisher, Earthscan. Any discrepancies or deficiencies in the translation are not the responsibility of the Publisher. If any questions arise concerning the accuracy of this paper, please refer to the original, English version of this paper which can be found at: Pretty, J *et al.*, 2010. The top 100 questions of importance to the future of global agriculture, *International Journal of Agricultural Sustainability*, 8(4). 219–236. doi: 10.3763/ijas.2010.0534

Introducción

A pesar del aumento significativo registrado en la producción de alimentos durante los últimos cincuenta años, uno de los mayores retos que enfrenta la sociedad actual es cómo alimentar una población que a mediados del siglo XXI debe alcanzar alrededor de nueve mil millones de personas. Para satisfacer esta demanda sin que los precios se eleven considerablemente, se estima que será necesario incrementar la producción de alimentos entre 70 y 100%, a la luz de los crecientes impactos del cambio climático y las preocupaciones en torno a la seguridad energética (FAO, 2009a; Godfray *et al.*, 2010). También será preciso encontrar nuevas vías para proporcionar un acceso equitativo a los alimentos. Hoy el mundo produce suficientes alimentos para cubrir la demanda de su población, sin embargo, aún más de un billón de personas padece inseguridad alimentaria y malnutrición (IAASTD, 2009). El reto es aún mayor con el incremento del poder adquisitivo y los cambios en los patrones de consumo en muchas partes del mundo, las dificultades en el acceso y distribución de los alimentos, particularmente en las regiones más pobres, y las presiones por alcanzar los Objetivos de Desarrollo del Milenio para reducir a la mitad la pobreza y el hambre en el mundo antes de 2015 (World Bank, 2007; Pretty, 2008; IAASTD, 2009; Royal Society, 2009). A pesar de que en las últimas décadas se han producido muchas innovaciones y avances tecnológicos, esta combinación de factores impone retos nuevos y complejos a la agricultura mundial, que tiene el imperativo de garantizar seguridad alimentaria y energética de manera ambiental y socialmente sostenible (National Research Council, 2010a). Esta situación se ha agravado aún más durante los últimos cinco años (en especial en los picos entre 2007 y 2008), debido al incremento en la volatilidad de los precios de los alimentos, que ha tenido impactos severos en la población más pobre del mundo (von Braun, 2010), y el debate político y científico sobre el papel que desempeñan los biocombustibles en el secuestro y emisión de carbono (FAO, 2008; Fargione *et al.*, 2008; Searchinger *et al.*, 2008). De hecho, ya se ha comprobado que el cambio en el uso de la tierra, para cualquier propósito, es una de las principales causas del cambio climático (Tilman *et al.*, 2001; InterAcademy Council, 2004; Rockstrom *et al.*, 2009; Harvey y Pilgrim, 2010). Se estima que la agricultura y los sistemas alimentarios emiten la tercera parte de los gases de efecto invernadero a

nivel mundial, más del doble que el sector del transporte (IPCC, 2007; Harvey y Pilgrim, 2010). Por lo tanto, el objetivo de la agricultura ya no es solo maximizar la productividad, sino optimizarla en un panorama más complejo desde el punto de vista productivo, de desarrollo rural, medioambiental y de justicia social (IAASTD, 2009; Godfray *et al.*, 2010; Sachs *et al.*, 2010).

En los últimos años se ha prestado mayor atención al complejo panorama que enfrenta la agricultura global (World Bank, 2007; Royal Society, 2009; National Research Council, 2010a). Sin embargo, aún quedan importantes desafíos para el desarrollo de políticas nacionales e internacionales que apoyen la diseminación de formas de uso de la tierra más sostenibles y la producción agrícola eficiente, tanto en países industrializados como en desarrollo (Pretty, 2008). El complejo y a menudo insuficiente intercambio de información entre científicos, productores y decisores agudiza las dificultades, a pesar de que se ha insistido en la necesidad de definir políticas basadas en evidencias (Defra, 2003; Sutherland *et al.*, 2004, 2010b; Haddad *et al.*, 2009). Con este artículo pretendemos mejorar el diálogo y el entendimiento entre investigadores y políticos al identificar 100 de las preguntas más importantes para la agricultura global. Estas han sido compiladas por expertos reconocidos y representantes de organizaciones agrícolas relevantes a nivel mundial, y el propósito es ofrecer sólidas evidencias científicas para apoyar la toma de decisiones y guiar a los políticos en cuanto a las prioridades futuras de la investigación y las políticas agrícolas. Debido a que resulta indispensable asegurar que las decisiones políticas consideren los conocimientos científicos y las prioridades, también es vital que la investigación se oriente a temas que influyan en los escenarios políticos actuales y futuros, y sea relevante a las necesidades de los productores en diferentes partes del mundo. Esto permitiría que las instituciones públicas dedicadas a la ciencia y la política sean proactivas en lugar de reactivas (Pretty, 2009). También es importante destacar que las soluciones a los problemas agrícolas deben ser específicas al contexto y la cultura, mientras que las 100 preguntas propuestas son genéricas y descontextualizadas.

El enfoque de exploración de horizontes empleado en este estudio, ya ha sido utilizado con el fin de identificar preguntas de gran relevancia para decisores, productores e investigadores académicos en el campo de la ecología y la conservación (Sutherland

et al., 2006, 2009). El estudio de 2009 se basó en la consulta a representantes de importantes organizaciones, sociedades científicas profesionales y universidades dedicadas al tema de la conservación en el mundo. Se dirigió a investigadores interesados en mejorar la aplicabilidad de su trabajo a las prácticas de conservación, así como a organizaciones que deseaban revisar y redirigir sus programas de investigación y financiamiento. En el estudio de 2006 se consultó a representantes de 37 organizaciones británicas, incluyendo organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas. En este caso, las preguntas fueron seleccionadas por decisores y productores, y los destinatarios fueron los miembros de la comunidad académica. Desde entonces se han realizado ejercicios similares de colaboración en el Reino Unido, Estados Unidos y Canadá para identificar las preguntas de investigación prioritarias, oportunidades de desarrollo de nuevas políticas y temas emergentes relacionados con la conservación (Sutherland *et al.*, 2008, 2009, 2010a).

Nuestro objetivo fue compilar una lista con las 100 preguntas prioritarias que, de ser consideradas, tendrían un impacto significativo en las prácticas agrícolas en todo el mundo, al tiempo que mejorarían las sinergias entre política, práctica e investigación en la agricultura. Con tal propósito empleamos un enfoque de exploración de horizontes, colaborativo e inclusivo, diseñado para maximizar la flexibilidad ante diferentes perspectivas, la democracia en la consolidación de tales puntos de vista y el rigor científico (Sutherland *et al.*, 2010b). Convocamos a un equipo de representantes y expertos de alto nivel de todo el mundo, pertenecientes a importantes organizaciones, sociedades científicas profesionales, instituciones no gubernamentales y académicas, dedicadas a la agricultura y relacionadas de diversas formas con los beneficiarios potenciales de esta investigación, entre quienes se incluyen productores y decisores. La finalidad es que la lista de preguntas sirva de apoyo a las políticas y prioridades de los programas de investigación agrícola en los próximos años. Por lo tanto, el público a que nos dirigimos comprende decisores encargados de guiar las investigaciones y políticas futuras del sector agrícola, así como investigadores interesados en dirigir y priorizar sus propios esfuerzos y agendas de trabajo. Las preguntas abarcan un número de áreas o temas identificados como prioritarios para la investigación agrícola. Este artículo presenta la lista final de preguntas y discute cada grupo de ellas, ubicándolas en el contexto de los problemas agrícolas actuales. El estudio forma parte del proyecto

‘Foresight Global Food and Farming Futures’ financiado por el gobierno británico.

Métodos

Se seleccionó un equipo multidisciplinario de representantes y expertos de primer nivel de importantes organizaciones, sociedades científicas profesionales e instituciones académicas para identificar las 100 preguntas principales de la agricultura global. En total se contactaron 45 instituciones de diferentes países alrededor del mundo. A pesar de que las oficinas centrales de muchas instituciones internacionales radican en Europa occidental y Norteamérica, la mayoría de sus representantes posee amplia experiencia fuera de tales regiones debido a que estas entidades tienen proyección internacional o global. Se enviaron invitaciones que contenían los procedimientos y responsabilidades de los miembros del grupo principal, finalmente integrado por 55 representantes de 21 países (ver relación de autores y su afiliación).

La lista de 100 preguntas fue el resultado de un proceso en tres etapas. En primer lugar se solicitó a los miembros del grupo principal que pidieran opiniones dentro de sus redes profesionales y consultaran con sus colegas para formular una lista de preguntas priorizadas. Se les instó a meditar sobre el tema y recurrir a personas con experiencia en otros temas (Sutherland *et al.*, 2010b). Las preguntas se solicitaron a través talleres, seminarios, grupos de discusión y correo electrónico, de manera que otros miembros de las respectivas instituciones pudieran proponer preguntas de investigación que no han sido suficientemente abordadas. Las preguntas debían cumplir una serie de requisitos: (i) tenían que ser posibles de responder y capaces de generar un diseño de investigación realista; (ii) tenían que tener una respuesta concreta y no depender de juicios abstractos; (iii) no podían haber sido respondidas con anterioridad; (iv) aquellas relacionadas con impactos e intervenciones debían tener un tema, una intervención y un resultado medible; (v) no se consideraban apropiadas las que tenían un sí o un no por respuesta; y (vi) debían tener una escala que, en teoría, estimulara a un equipo de investigación a buscar su respuesta. Una pregunta ideal sugiere el diseño de investigación necesario para ser respondida o puede traducirse en una hipótesis de investigación discreta y más directamente comprobable (Pullin *et al.*, 2009). Se envió un total de 618 preguntas normalizadas, junto con el nombre y la organización de quien sugirió cada una.

Estas preguntas se clasificaron en 14 temas vinculados a las prioridades de la agricultura: (a) clima, cuencas hidrográficas, recursos hídricos y ecosistemas acuáticos; (b) nutrición del suelo, erosión y uso de fertilizantes; (c) biodiversidad, servicios ecosistémicos y conservación; (d) energía, cambio climático y resiliencia; (e) sistemas y tecnologías de producción agrícola; (f) mejoramiento genético de los cultivos; (g) manejo de plagas y enfermedades; (h) ganadería; (i) capital social, género y extensionismo; (j) desarrollo y medios de subsistencia; (k) gobiernos, inversiones económicas, poder y formulación de políticas; (l) cadenas de suministro de alimentos; (m) precios, mercados y comercio; (n) patrones de consumo y salud. El grupo principal fue entonces dividido en 14 grupos de expertos de entre tres y cinco miembros, cada uno con un coordinador, responsable de introducir y desarrollar el tema designado. Se invitó a los miembros del grupo principal a que se unieran a tantos grupos de expertos como desearan; y no se puso límites al tamaño de los grupos. La misión de los grupos de expertos fue revisar las preguntas de cada tema (ya en este punto se habían eliminado los nombres de los autores y sus afiliaciones para reducir potenciales prejuicios o favoritismos) y volver a redactarlas en caso necesario a fin de ganar claridad y evitar repeticiones. Además, debían añadir nuevas preguntas donde existieran lagunas y seleccionar cinco preguntas 'esenciales' y alrededor de 10 'posibles' (este último paso fue flexible y se dejó a la discreción de cada grupo). Se definió como preguntas esenciales aquellas que, de ser respondidas, tendrían mayor impacto en la agricultura global y en los sistemas alimentarios del mundo. Las preguntas restantes fueron rechazadas. Se evitó otorgar un orden de prioridad a las preguntas ya que ello podría incitar la elaboración de preguntas más generales (Sutherland *et al.*, 2010b). A fin de promover la participación y transparencia, los 14 grupos de preguntas se circularon por vía electrónica entre todos los miembros del grupo principal. Esto dio a cada participante la oportunidad de refinar y formular preguntas en cualquier tema de su dominio. Así se llegó a una lista de 70 preguntas esenciales y 146 posibles, dentro de los 14 temas.

En la última etapa, las 70 preguntas esenciales que identificó el grupo principal, calificaron automáticamente para integrar la lista final. De las 146 preguntas posibles, se seleccionaron las otras 30 mediante un proceso de votación por vía electrónica, mediado por una secretaria. Cada miembro del grupo principal contó con un máximo de 30 votos, que podía otorgar

a cualquiera de las 146 preguntas posibles, según su elección e independientemente de su grupo de expertos. En total se contabilizaron 1385 votos. En todas las etapas se instó a los miembros del grupo principal a revisar y reelaborar las preguntas si lo consideraban pertinente. El siguiente paso fue compilar los datos, contar la cantidad de votos y seleccionar las 30 preguntas que recibieron mayor número de votos para completar la relación de 100. La lista final de 100 preguntas se circuló entre los miembros del grupo principal para una última ronda de edición.

Resultados

Las 100 preguntas fueron agrupadas en cuatro secciones generales que se corresponden con las diversas etapas de los sistemas de producción agrícola: (i) recursos naturales; (ii) práctica agronómica; (iii) desarrollo agrícola; y (iv) mercados y consumo. Existe algún solapamiento entre los diferentes temas, por ejemplo, las preocupaciones en torno al mejoramiento genético a menudo se relacionan con la conservación de la diversidad, o las preguntas sobre ganadería se refieren al cambio climático, pero en la lista final no hay repeticiones. Las 100 preguntas no tienen un orden de prioridad.

Sección 1: Recursos naturales

Clima, cuencas hidrográficas, recursos hídricos y ecosistemas acuáticos

Los pronósticos sobre el cambio climático señalan que en los próximos 50 años la temperatura mundial continuará aumentando, sin embargo, aún es muy incierto el impacto de este fenómeno en los patrones de distribución de las precipitaciones en casi todo el mundo (IPCC, 2007). La situación de los océanos también es seria, puesto que se conoce que las temperaturas de las costas oceánicas se incrementarán entre tres y cinco veces más rápido de lo que había previsto el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, a la vez que se está afectando la capacidad de los ecosistemas marinos para secuestrar la mitad del carbono global (Henson, 2008). Desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, resulta preocupante que muchas especies de peces con valor comercial se están extinguiendo; y estudios recientes muestran que, debido a la sobreexplotación, el 63% de la reserva mundial de peces necesita un manejo intensivo para recuperar su biomasa y diversidad (FAO, 2005).

Es necesario tomar medidas a todas las escalas, desde las pequeñas parcelas hasta las comunidades, cuencas hidrográficas, sistemas de colecta de agua y cauces de ríos, a fin de elevar la productividad del uso del agua 'verde' y 'azul' (Humphreys *et al.*, 2008). En algunos países, el 85% de los recursos hídricos disponibles se emplea actualmente en la agricultura, con incrementos en la competencia para usos urbanos e industriales. Esta es la causa por la cual aumenta la necesidad de mejorar las prácticas de manejo de los cultivos, el suelo y el agua, particularmente a la luz del cambio climático.

1. ¿Qué impactos críticos del cambio climático (cambios en la temperatura, velocidad del viento, humedad y disponibilidad de agua, intensidad de las tormentas, requerimiento de agua de los cultivos, deshielo y escorrentía estacional, plagas, inundaciones, cambios en los agroecosistemas, migraciones humanas) se pronostica que afecten los rendimientos agrícolas, las prácticas agrícolas, la diseminación de enfermedades de los cultivos, la resistencia a enfermedades y la irrigación?
2. ¿Cuál sería el costo global de detener la extracción de aguas con fines agrícolas si fuese necesario mantener las reservas ambientales?
3. ¿Qué efecto tiene incrementar la cosecha de agua de lluvia en los flujos hidrológicos, y cómo los cambios locales se combinan e influyen en la disponibilidad de recursos hídricos a mayores escalas geográficas?
4. ¿Cómo pueden desarrollarse la acuicultura y la captura en aguas costeras de manera que se minimicen sus impactos en las reservas naturales de peces y en los hábitats costeros y acuáticos?
5. ¿Qué enfoques (operacionales, agronómicos, genéticos, esquemas de irrigación suplementaria, manejo de fertilidad, almacenamiento de agua en época de lluvia) pueden desarrollarse para elevar la eficiencia del uso del agua en la agricultura, y cuál es la factibilidad económica de tales enfoques?
6. ¿Qué combinaciones de forestería, agroforestería, cobertura de pastos, sistemas de colecta de agua e instalaciones para su almacenamiento, cultivos resistentes a sequía y tecnologías de ahorro de agua se necesitan en áreas áridas y semiáridas para incrementar la producción de alimentos, y hasta qué punto estas pueden ser económicamente efectivas?
7. ¿Cómo puede optimizarse el uso del agua destinada a la irrigación agrícola y a funciones

ambientales, y qué políticas y tecnologías innovadoras pueden minimizar los daños al decidir entre la irrigación de cultivos y las funciones de los ecosistemas naturales?

Nutrición del suelo, erosión y uso de fertilizantes

El manejo de la fertilidad del suelo es esencial para mejorar y sostener la productividad agronómica y de la biomasa. Los nutrientes extraídos por los cultivos (granos, raíces y tubérculos, residuos de cosecha, frutas, madera) deben reemplazarse para asegurar que no se erosione el capital de nutrientes natural del suelo. Los agroecosistemas manejados intensivamente solo son sostenibles a largo plazo si las salidas de todos los componentes producidos son balanceadas con insumos apropiados. Cuestiones de logística, disponibilidad, precios, impactos ambientales, así como la escala en que se valoran las fuentes y reservas de nutrientes, determinan la cantidad requerida para obtener el rendimiento deseado y si se suministran por medios orgánicos (biofertilizantes) o inorgánicos (químicos sintéticos). Las plantas no distinguen si los nutrientes son de origen orgánico o inorgánico. Es importante que los nutrientes se encuentren en suficiente cantidad, de forma apropiada y en la etapa fenológica en que la disponibilidad de nutrientes es crítica para que el crecimiento y los rendimientos sean óptimos. Para una cantidad equivalente de nutrientes requeridos, la aplicación de estiércol, compost y otros biofertilizantes tiene impactos positivos en la calidad física, química y biológica del suelo. Sin embargo, el total necesario para 1,5 billones de hectáreas de tierra agrícola (5–10Mg/ha/año), supone problemas logísticos de disponibilidad, transporte y aplicación.

La remoción excesiva de la superficie fértil del suelo por la erosión del agua y el viento, es un factor importante de degradación que conduce a la desertificación. Debido a que la materia orgánica del suelo y los nutrientes de las plantas se concentran en la capa superficial, estos materiales y la fracción arcillosa tienden a ser eliminados. Entre los factores que impactan negativamente en el crecimiento y rendimiento de los cultivos se encuentran la pérdida de las reservas de nutrientes, la reducción de la efectividad del sistema radicular, la pérdida de agua por escorrentía, y la disminución a largo plazo de la disponibilidad y capacidad de retención de agua. La degradación de los suelos por el agotamiento de nutrientes y de las reservas de carbono orgánico,

exacerbados por el empleo permanente de prácticas agrícolas extractivas, es un tema prioritario en los países en desarrollo del África subsahariana, las regiones del sur y sureste asiático, y el Caribe.

8. ¿Qué beneficios puede ofrecer el manejo sostenible del suelo tanto a la producción agrícola como a otros servicios ecosistémicos?
9. ¿Cuáles son los mejores usos de las enmiendas orgánicas empleadas por los agricultores de subsistencia en los sistemas de cultivo para mejorar los nutrientes del suelo y su capacidad de retención de agua, a fin de restaurar los agroecosistemas?
10. ¿Cuáles son los métodos más prácticos y económicos para manejar la fertilidad de los sistemas de producción en suelos anegados y en tierras altas de los trópicos?
11. ¿Qué medidas pueden establecerse para asegurar que los agricultores pobres a pequeña escala manejen la fertilización nitrogenada de manera que resulte en una fijación neta del carbono orgánico del suelo y no en su mineralización neta?
12. ¿Cómo puede prevenirse y remediarse la salinización?
13. ¿Cómo pueden aprovecharse los organismos propios del suelo para maximizar la productividad agrícola y minimizar los impactos ambientales?
14. ¿Cuáles son las reservas mundiales de fosfato, y serán suficientes para alcanzar niveles adecuados en la producción de alimentos a nivel global en el próximo siglo?

Biodiversidad, servicios ecosistémicos y conservación

La agricultura ha sido una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad debido a la conversión de hábitats naturales como bosques y humedales en tierras de cultivo (Green *et al.*, 2005). Además, el incremento de la eficiencia de la agricultura ha provocado la dramática reducción de muchas especies por el uso agrícola de sus hábitats. Entre los factores relacionados con esta situación se encuentran el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes sintéticos; la creciente homogeneidad del paisaje por la especialización a nivel regional y de finca; el drenaje de campos anegados; la pérdida de hábitats específicos en zonas marginales y no cultivadas; y la reducción de períodos de barbecho en sistemas de rotación de cultivos (Robinson y Sutherland, 2002; Benton *et al.*, 2003; Wilson *et al.*, 2009). Pero además, la intensificación de la agricultura ha

sido clave en la degradación de los servicios ecosistémicos, ha incrementado la producción de gases de efecto invernadero y a la vez reducido los niveles de secuestro de carbono (UNEP, 2010).

El mayor reto consiste en comprender cómo lidiar con la necesidad de elevar la producción de alimentos y paralelamente minimizar los impactos negativos sobre la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la sociedad. El incremento de la producción de alimentos a nivel global debe combinar el aumento de la producción en tierras ya cultivadas y el incremento del área agrícola. Las nuevas tecnologías brindarán los medios para elevar tanto la intensidad agrícola como las áreas apropiadas para desarrollarla, por ejemplo, mediante cultivos resistentes a la sequía. Para determinar cuáles son las mejores alternativas es necesario entender mejor cómo emplear las nuevas tecnologías, los esquemas agroambientales y el balance entre intensificación y extensificación para asegurar la producción sostenible de alimentos, los servicios ecosistémicos, la biodiversidad y los impactos socioeconómicos.

15. ¿Qué relación existe entre productividad y biodiversidad (y/o otros servicios ecosistémicos), y cómo esta varía entre sistemas agrícolas o en función de la escala espacial de tierra dedicada principalmente a la producción de alimentos?
16. ¿Cómo pueden seleccionarse las opciones de intensificación, extensificación, restauración del hábitat o el status quo, y qué cómo podrían combinarse medidas económicas, ambientales y de beneficio social para hacer la mejor elección?
17. ¿Cuáles son las consecuencias ambientales de los cultivos resistentes a la sequía en distintos lugares?
18. ¿Cuáles serían las consecuencias para la conservación de la biodiversidad y el suministro de otros servicios ecosistémicos si el manejo agrícola y ganadero estuviera determinado por los objetivos orientados a reducir la emisión de gases de efecto invernadero?
19. ¿Son las medidas agroambientales de los sistemas intensivos de producción más útiles para amortiguar el impacto de la agricultura en áreas protegidas y de hábitats vírgenes o seminaturales, o para 'suavizar la matriz' entre zonas de estos hábitats?
20. ¿Dónde la restauración del hábitat natural podría ofrecer los mayores beneficios alimentarios y ambientales a la sociedad?
21. ¿Qué tipos y combinaciones específicas de tecnologías, prácticas, instituciones y políticas

agrícolas permitirán mantener los servicios ecosistémicos, incluyendo la fertilidad del suelo, en los sistemas agrícolas intensivos de países en desarrollo, en particular del África subsahariana?

22. ¿Pueden los pagos por servicios ecosistémicos (secuestro de carbono, créditos de agua 'verde', incremento de la biodiversidad) conducir a la adopción de prácticas de uso y manejo del suelo recomendadas por productores de bajos recursos de países en desarrollo?

Energía, cambio climático y resiliencia

Teniendo en cuenta que la demanda energética aumentará en las próximas décadas, es necesario identificar las fuentes alternativas de energía para sustentar a la creciente población mundial. La agricultura utiliza una cantidad considerable de energía, tanto de manera directa en la maquinaria como a través de los productos que emplea (Schneider y Smith, 2009). Los efectos de los altos precios del petróleo en los hogares rurales de bajos ingresos, y de manera más global en los insumos agrícolas (pesticidas y fertilizantes nitrogenados), transporte, labranza y sistemas de riego, pueden reducir la productividad agrícola, agravando así las presiones por expandir el área de tierra cultivada a menores niveles de productividad (Harvey y Pilgrim, 2010).

El cambio climático es uno de los mayores retos que enfrenta la humanidad en la actualidad, y su impacto se hará sentir en la agricultura, de forma positiva o negativa. Al gran desafío de producir más alimentos con menos insumos se añade la necesidad de la agricultura de adaptarse al cambio climático y mitigarlo reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero (Smith y Olesen, 2010). En las próximas décadas, la resiliencia al cambio climático deberá ser una propiedad clave de los sistemas agrícolas sostenibles, particularmente en aquellas regiones que se espera sufran transformaciones ecológicas severas provocadas por este fenómeno.

23. ¿Cuáles son las mejores opciones para que la agricultura incremente la producción de alimentos y a la vez reduzca su contribución a la emisión de gases de efecto invernadero?
24. ¿Cuáles serían los riesgos de la migración masiva provocada por la adversidad del cambio climático, y qué impactos tendría este fenómeno en los sistemas agrícolas?
25. Considerando el alto uso actual de insumos energéticos directos e indirectos en la

agricultura, ¿cómo puede la producción de alimentos ser neutra en carbono para cumplir con las metas de emisiones en los próximos 40 años?

26. ¿Cómo podrían afectar a la agricultura los diferentes mecanismos de mercado para el pago por la reducción de gases de efecto invernadero y el secuestro de carbono, y de qué manera esto podría implementarse mejor?
27. ¿De qué manera podría lograrse un mejor balance entre la demanda de tierra para producir alimentos y energía, y el suministro de servicios ecosistémicos, mientras se mantienen niveles adecuados de rendimientos y precios?
28. ¿Cómo puede mejorarse la resiliencia de los sistemas agrícolas, tanto al cambio gradual del clima, como a su creciente variabilidad e intensidad?
29. ¿Cuál es la proporción adecuada de intensificación y extensificación que se requiere para aumentar la producción, reducir los gases de efecto invernadero e incrementar los servicios ecosistémicos?
30. ¿Cómo pueden combinarse el mejoramiento genético de cultivos, las nuevas tecnologías, el uso de cultivos tradicionales y las prácticas agronómicas novedosas para incrementar la producción de alimentos y la resiliencia a cambios climáticos futuros?
31. ¿Cuál es la mejor manera de realizar la transición de una economía basada en los hidrocarburos a una basada en los carbohidratos utilizando biorefinerías para procesar los productos agrícolas y elaborar productos de alto valor, biomateriales, energía y mejoradores del suelo, además de la producción actual de alimentarios?
32. ¿Cuál es la mejor manera de crear reservas de carbono a largo plazo en los sistemas agrícolas (por ejemplo, prácticas de manejo del suelo, cultivos perennes, árboles, estanques, biotierras)?
33. ¿Qué beneficios significativos puede ofrecer a los productores la inclusión de la agricultura en los mercados de carbono?

Sección 2: Práctica agronómica

Sistemas y tecnologías de producción agrícola

La producción agrícola tendrá que incrementarse entre 70 y 100% para satisfacer la creciente

demanda de alimento humano y animal dada por el aumento de la población mundial y el probable incremento de la generación de ingresos durante el siglo XXI (FAO, 2009a; Godfray *et al.*, 2010). Además, debido a los límites de los recursos terrestres e hídricos, debe producirse un aumento significativo en la producción con la aceleración del cambio tecnológico que impulse la intensificación sostenible de los sistemas de producción agrícola y ganaderos (World Bank, 2007; FAO, 2009b; Royal Society, 2009; Godfray *et al.*, 2010; National Research Council, 2010a).

Los paradigmas contrapuestos que han tendido a dividir las estrategias basadas en la biotecnología agrícola y los sistemas orgánicos, apenas han comenzado a recibir la atención científica que merecen (Royal Society, 2009; National Research Council, 2010b). Por ejemplo, frecuentemente falta consenso en cuanto a la coexistencia entre la agricultura orgánica y las tecnologías de modificación genética. Una tendencia emergente sugiere que se necesita no solo un camino, sino muchas vías de intensificación sostenible basadas en una amplia variedad de sistemas (rotación, agroforestería, integración agrícola-ganadera, sistemas de acuicultura, labranza mínima y agricultura de precisión) que son apropiados para un gran número de contextos agroecológicos y socioeconómicos específicos. Será cada vez más importante comprender cómo los esfuerzos científicos pueden responder a retos reales y producir resultados útiles para la intensificación sostenible, apropiados a circunstancias diversas.

34. ¿Cuáles son los beneficios y riesgos de adoptar los diferentes tipos de biotecnología agrícola (impactos ambientales; sensibilidad/resistencia a factores de estrés ambiental como calor, sequía, salinidad; dependencia/no dependencia de insumos; riesgos de resistencia acelerada; seguridad de los alimentos, salud y nutrición humana; impactos económicos, sociales y culturales)?
35. ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de los sistemas de producción orgánica en cuanto a biodiversidad, servicios ecosistémicos, rendimientos y salud humana, particularmente en países en desarrollo, pobres en recursos?
36. ¿Qué medidas prácticas serían necesarias para reducir las barreras ideológicas entre la agricultura orgánica y la modificación genética a fin de combinar el potencial de los cultivos transgénicos y los modos orgánicos de producción para lograr prácticas de manejo agroecológico compatibles

con la intensificación sostenible de la producción de alimentos?

37. ¿Qué capacidad tienen los combustibles fósiles y las reservas de fertilizantes nitrogenados, fosfatados y potásicos para sostener a largo plazo los sistemas de producción intensiva a escala global?
38. ¿Cómo pueden diseñarse sistemas de producción de alimentos que reduzcan la dependencia de recursos externos derivados de nitrógeno, fósforo y potasio?
39. ¿Cómo podemos desarrollar indicadores consensuados que permitan monitorear los avances hacia la sostenibilidad en diferentes sistemas agrícolas, que sean apropiados y adaptables a diversos contextos agroecológicos, sociales, económicos y políticos?
40. ¿Qué papel pueden desempeñar la recuperación, la restauración y la rehabilitación de tierra degradada en el incremento de la producción global de alimentos?
41. ¿Cuáles son las mejores opciones de sistemas integrados y mixtos (incluyendo rotaciones y otros sistemas agrícolas indígenas de cereales, tubérculos y otros productos básicos; agroforestería; sistemas agricultura-ganadería y agricultura-acuicultura) para diferentes condiciones agroecológicas y socioeconómicas, tomando en consideración los riesgos climáticos y de mercado, ingresos familiares y recursos de cada agricultor?

Mejoramiento genético de los cultivos

Desde los primeros cultivos domesticados para producir alimentos, fibra y forrajes, hace unos 10 000 años, los humanos han explotado para su beneficio mediante selección la amplia diversidad genética que se encuentra en la mayoría de las especies de plantas de cultivo y sus parientes cercanos (Hancock, 2005). Sin embargo, no fue hasta el siglo XX que se inició el mejoramiento de los cultivos con bases científicas (Biffin, 1905). Durante el siglo pasado se obtuvieron logros significativos en el rendimiento y calidad de unas pocas especies de las cuales depende actualmente la alimentación humana. Por ejemplo, en China los rendimientos de maíz, arroz y trigo se han incrementado en 36, 25 y 60%, respectivamente, en los últimos 20 años (FAO, 2009c). Durante las primeras cinco décadas del siglo pasado, los avances estuvieron relacionados casi exclusivamente con la hibridación

(incluyendo la hibridación inter-específica), seguida por la selección. Diversas tecnologías, entre las que se incluyen el cultivo de tejidos, la mutagénesis, la transformación genética y varias metodologías de selección mediante marcadores, han permitido la exploración, creación y explotación de una mayor diversidad genética de forma más eficiente (Allard, 1999). La revolución verde de los años sesenta se basó en la selección de variedades de trigo y arroz de porte bajo que permitieron duplicar los rendimientos (Ruttan, 1977; Khush, 1999). En otros cultivos como el maíz y muchos vegetales, la tecnología genética posibilitó explotar el vigor híbrido y la uniformidad de los cultivos, con un gran impacto en la productividad (Allard, 1999; George, 2009).

No obstante, a pesar de que el mejoramiento de los cultivos ha contribuido enormemente a elevar sus rendimientos y calidad, hay algunos cultivos y regiones geográficas o ambientes agrícolas en los que se le ha prestado menos atención. También existen límites biofísicos al potencial de rendimiento (Gressel, 2010). Al mismo tiempo, el énfasis en la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos (agua, energía, nutrientes) en los sistemas de producción agrícola y a la vez reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, ha comenzado a modificar las prioridades y objetivos (rasgos deseados) de los programas de mejoramiento genético (Khush, 1999; Tilman *et al.*, 2002). También se considera de alta prioridad la calidad nutricional de los cultivos para alimento animal y humano (Bouis, 1996). Además, durante las dos últimas décadas, las inversiones públicas, privadas y filantrópicas en el mejoramiento genético de los cultivos han sido tanto estimuladas como restringidas por asuntos relativos a la protección de la propiedad intelectual (Blakeney, 2009) y la regulación de la tecnología (Gressel, 2008). Esto se refiere en particular a la emisión de patentes y licencias que limitan el uso de las tecnologías genéticas y de avanzada para la identificación de genes, la transferencia de genes y la mutagénesis, así como a los marcos regulatorios que han sido desarrollados para evaluar y resolver los riesgos percibidos.

42. ¿Cuáles son las ventajas que aportaría al uso eficiente de recursos el mejoramiento genético de los cultivos para hacerlos resistentes al estrés biótico y abiótico?
43. ¿Cómo pueden mejorarse las variedades de cultivos agrícolas y hortícolas para reducir

significativamente sus emisiones de gases de efecto invernadero?

44. ¿Cuál es la efectividad comparativa de los diferentes enfoques genéticos para el desarrollo de cultivos con tolerancia a factores de estrés abiótico como heladas, calor, sequía, inundaciones, infertilidad por acidez y salinidad?
45. ¿Cuál es la eficiencia de las diferentes vías de mejoramiento genético para incrementar los rendimientos de los cultivos y su eficiencia en el uso de nutrientes?
46. ¿Qué impacto puede tener el mejoramiento genético de los cultivos en los niveles de micronutrientes disponibles para humanos, ganado y peces?

Manejo de plagas y enfermedades

Nuevas plagas y enfermedades continúan tomando desprevenidos a campesinos y agricultores, y ocasionan daños en el rendimiento de los cultivos. La historia de las investigaciones sobre plagas ha estado guiada por los efectos destructivos de estas, lo que ha exigido estudios urgentes. En el futuro surgirán nuevos problemas y tal vez aún más apremiantes, ya que el cambio climático altera las relaciones plagas-cultivos de formas impredecibles.

Desde la década de 1960 se han logrado sustanciales avances en el manejo integrado de plagas (MIP). El MIP tiene un enfoque básicamente agroecológico, desde el control biológico clásico y la resistencia planta-hospedero, hasta las iniciativas más recientes para la diversificación de especies de plantas, tales como las técnicas empujar-sacar (push-pull) (Hassanali *et al.*, 2008) y otros métodos de manejo del paisaje que mejoran el control biológico. No obstante, a pesar de sus éxitos y los múltiples beneficios que reportan a los agricultores y la sociedad, es preciso profundizar la investigación sobre los métodos del MIP y su aplicación (National Research Council, 2010a).

Sin embargo, en la investigación sobre plagas han tenido prioridad los daños provocados por insectos, seguidos por las enfermedades y las malezas. Aún se precisan más estudios que amplíen el conocimiento sobre los organismos casuales, en proporción con el daño que provocan. Investigaciones recientes, financiadas por intereses privados y universidades, han centrado su atención en las técnicas del MIP como alternativa al control químico. Mientras, la industria ha contribuido a la investigación en nuevas tecnologías, por ejemplo, los organismos transgénicos

resistentes a plagas y los pesticidas letales a insectos pero menos tóxicos para vertebrados (por ejemplo, inhibidores del crecimiento de la quitina). En el futuro será necesaria una mayor colaboración entre estos sectores. El manejo de plagas y enfermedades puede contribuir a elevar la producción de alimentos y a reducir la pobreza y el hambre. Esto únicamente será posible si se desarrolla una nueva generación de tecnologías que controlen las pérdidas pre y postcosecha provocadas por insectos, aves, malezas y microorganismos. La amenaza del cambio climático global hace aún más urgente la necesidad de adaptación y rápida innovación para enfrentar los retos futuros del desarrollo agrícola.

47. ¿Qué evidencias existen para afirmar que el cambio climático modificará la incidencia de plagas y enfermedades?
48. ¿Cómo puede modificarse la aplicación de insecticidas en la agricultura para reducir el desarrollo de resistencia a pesticidas en mosquitos y otros vectores que transmiten enfermedades a los seres humanos?
49. ¿De qué manera las intervenciones a nivel de paisaje pueden contribuir al manejo de plagas y cuáles enfoques son los más sostenibles desde el punto de vista económico y social?
50. ¿Cómo los sistemas agrícolas basados en plantas perennes pueden incluir los cultivos de cobertura como método de manejo de plagas y cuáles son sus costos y beneficios económicos o de otro tipo?
51. ¿De qué forma pueden diseñarse los sistemas de ganadería intensiva para que minimicen la propagación de enfermedades infecciosas entre los animales y el riesgo de aparición de nuevas enfermedades que afecten a los humanos?
52. ¿Cómo puede contribuir el incremento de la biodiversidad de cultivos y otras especies al manejo de plagas y enfermedades?

Ganadería

La ganadería ofrece una valiosa fuente de alimentos (CAST, 2001) y desempeña un papel importante en la agricultura y la cultura de todas las sociedades (Sansoucy, 1995; Schiere *et al.*, 2002; FAO, 2009d). El sector ganadero, generalmente en combinación con la agricultura, brinda sustento a casi un billón de las personas más pobres del mundo. La ganadería constituye la actividad que emplea la mayor cantidad de suelos agrícolas (el 80% de ellos se destina a pastos y forrajes) y el 8% del agua que se utiliza en el

mundo, por lo que la sostenibilidad de los sistemas ganaderos es cada vez más preocupante (Steinfeld *et al.*, 2006).

El sector ganadero enfrenta nuevos retos, tales como la necesidad de adaptarse a los cambios del clima, que crearán ambientes más favorables u hostiles a ciertas especies y razas. Por otra parte, la ganadería genera el 37% del metano antropogénico, el 9% del dióxido de carbono y el 65% del óxido nitroso (Steinfeld *et al.*, 2006). Dada la gran diversidad que existe entre regiones y especies, las opciones para los distintos sistemas de producción ganadera deberán ser definidas y sus conflictos, evaluados. Asimismo, se precisan enfoques a la medida que eviten soluciones simplistas a los diversos y complejos sistemas vivientes para satisfacer la demanda de productos ganaderos de forma ambiental y económicamente sostenible.

53. ¿Qué puede hacerse para que la producción animal a pequeña y mediana escala sea apropiada para los países en desarrollo en cuanto a su impacto ambiental, beneficio económico y suministro de alimento humano, y qué políticas gubernamentales podrían asegurar un balance en tal sentido?
54. ¿Cuáles son las metas de eficiencia prioritarias para los sistemas de producción ganadera (por ejemplo, la combinación apropiada de actividades en diferentes sistemas, el número óptimo y los tipos de animales) que les permitan cubrir la demanda de productos de origen animal de forma ambiental y económicamente sostenible, y de manera socialmente responsable?
55. ¿Cuáles son las políticas efectivas y eficientes y otras medidas encaminadas a reducir la demanda de productos ganaderos en sociedades con altos niveles de consumo, y cómo pueden afectar el comercio mundial de estos productos así como la competitividad de los sistemas ganaderos de pequeños productores en países pobres?
56. ¿Cómo pueden la acuicultura y la pesca costera contribuir a un modo más sostenible de producción de proteína animal en países en desarrollo, además de la producción ganadera?
57. ¿Cuáles son los mejores medios para impulsar el crecimiento económico de los mercados ganaderos regionales y a la vez limitar los efectos del cambio climático global, y qué pueden hacer los países industrializados para mejorar la huella de carbono de su sector ganadero?

58. ¿Cuáles son los impactos ambientales de los diversos tipos de sistemas de manejo ganadero y acuícola?

Sección 3: Desarrollo agrícola

Capital social, género y extensión

El capital social está asociado a la importancia de las relaciones sociales en la vida cultural y económica, e incluye conceptos como la confianza y la solidaridad existente entre personas que trabajan en grupos y redes, así como la reciprocidad y el intercambio para crear relaciones a fin de obtener logros colectivos y mutuamente beneficiosos. Las normas de conducta, junto a la imposición de sanciones, contribuyen a modelar el comportamiento de los individuos, y de esta forma promueven la acción y cooperación colectivas en aras de alcanzar el bien común. Así, el capital social se percibe como un prerrequisito importante para adoptar formas de actuar y tecnologías sostenibles en grandes áreas, así como una precondition para el manejo sostenible de determinados recursos y tecnologías. La participación de los agricultores en el desarrollo tecnológico y los enfoques participativos de extensionismo responden a esta nueva forma de pensamiento, y permiten el aprendizaje directo de nuevas prácticas y tecnologías, así como su posterior adaptación a circunstancias agroecológicas, sociales y económicas específicas (Godfray *et al.*, 2010). Es preciso que las instituciones de investigación, extensionismo y desarrollo apliquen cada vez más los métodos de investigación participativa con agricultores, las pruebas a nivel de finca y la selección de variedades considerando criterios de los productores. Los servicios de asesoría y extensión agrícola son elementos clave de la investigación para el desarrollo; diversas entidades y agentes comerciales y no comerciales ofrecen sus servicios para mejorar el bienestar de los agricultores y otros habitantes del medio rural (World Bank, 2007; Anderson, 2008).

Cambiar el curso actual de la investigación y el desarrollo agrícola, que actualmente favorece al sexo masculino, hacia la equidad de género no es solo una cuestión ideológica o de ética política, sino una estrategia de desarrollo que puede resultar beneficiosa para toda la sociedad. La instauración de un sistema de investigación y desarrollo agrícola con enfoque de género supone acciones transformadoras que crearían oportunidades, bienes, relaciones y servicios capaces de hacer cambiar la forma de pensar de

las personas. Comprender las limitaciones y oportunidades que tienen las mujeres en la agricultura, permitirá desarrollar nuevas formas de satisfacer sus necesidades y de elevar su contribución al sector para mejorar la productividad agrícola, proporcionar la seguridad alimentaria y reducir la pobreza (Meinzen-Dick *et al.*, 2010). También se necesitarán nuevos indicadores de cambio social y aprendizaje institucional.

59. ¿Cuál es la efectividad de las nuevas estrategias de extensión y cómo pueden organizarse para facilitar el cambio institucional y la innovación técnica a fin de alcanzar y comprometer al mayor número posible de productores, teniendo en cuenta que la agricultura es altamente intensiva en conocimientos y que posee una estructura institucional?
60. ¿Cómo pueden aprovecharse las nuevas oportunidades que crean la tecnología móvil e Internet para la educación agrícola, los servicios de extensión, y la movilización y empoderamiento de los agricultores?
61. ¿Qué modelos y mecanismos de financiamiento o cofinanciamiento del sector privado para establecer sistemas de asesoría y extensión han tenido más éxito entre los productores, que de otra manera quedarían excluidos de los servicios de extensión del sector público?
62. ¿Cuáles son los enfoques más efectivos para que las mujeres se mantengan vinculadas a la investigación y los sistemas de extensión, asegurar que se involucren directamente en el diseño de estos sistemas y así satisfagan tanto sus necesidades específicas de género como otras de mayor alcance?
63. ¿Cuáles son los mejores modelos de aprendizaje social y multiactorales (por ejemplo, escuelas de agricultores) para involucrar a productores, investigadores, asesores, empresas comerciales, decisores y otros actores claves, en el desarrollo de tecnologías e instituciones que posibiliten una agricultura más equitativa, sostenible e innovadora?

Desarrollo y medios de vida

Asegurar los medios de vida (en especial en zonas rurales), en lugar del mero incremento de los ingresos, es un principio básico del apoyo al desarrollo, si además se conjuga con una mayor atención a la diversificación de las vías de sustento para reducir la

pobreza (Ellis, 2000; InterAcademy Council, 2004; Barrett y Swallow, 2006) y al papel de la intensificación agrícola, los ingresos dentro y fuera de la finca, y los insumos agropecuarios. Particularmente en los países BRIC (Brasil, Rusia, India, China), pero también en las naciones del África subsahariana, ha tenido lugar un fuerte proceso de ‘desagrarización’ (Bryceson, 2002). La creciente inseguridad alimentaria también se ha relacionado con la reducción de las inversiones agrícolas a nivel mundial y ha renovado el interés en la agricultura. Evidencia de ello es el lanzamiento en abril de 2010 del Programa Global de Seguridad Alimentaria y Agrícola del Banco Mundial y otros contribuyentes, así como el llamamiento a una ‘nueva revolución verde’ que impulse el desarrollo en África (UNCTAD, 2010).

Los impactos del cambio ambiental y climático son fundamentales para analizar la agricultura, la pobreza, el desarrollo y los medios de vida, así como para evaluar hasta qué punto pueden ser efectivas las medidas en curso. Ha habido especial interés en las implicaciones del cambio climático sobre la seguridad alimentaria, lo que se refleja en la nueva iniciativa del Grupo Consultor en Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) (www.ccafs.cgiar.org/). El énfasis en los servicios ecosistémicos está presente en varios reportes del Instituto Mundial de Recursos y la FAO, ambos promotores de los pagos por servicios ecosistémicos como medio potencial para eliminar la pobreza de las comunidades rurales (FAO, 2007; World Resources Institute, 2008). Pero para cada una de estas medidas técnicas y de mercado, persiste un grupo de preguntas importantes relacionadas con sus impactos sobre la desigualdad, el medio ambiente y la resiliencia a largo plazo de hogares, comunidades y zonas de vida.

64. ¿Qué impacto tienen los subsidios agrícolas en los países pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico en el bienestar de los agricultores de naciones en desarrollo?
65. ¿Qué enfoques sistemáticos pueden emplearse para identificar y adaptar opciones técnicas que permitan incrementar la productividad del suelo y el agua en los sistemas agrícolas y ganaderos de secano, a fin de que contribuyan a reducir la pobreza en diferentes escenarios agroecológicos y socioeconómicos?
66. ¿Cuáles son los dilemas a nivel de toda la sociedad relacionados con la eficiencia, la equidad social y los impactos ambientales para el desarrollo agrícola en países donde predomina la población rural y de pequeños productores?
67. ¿Cuáles son las opciones más apropiadas para mejorar la intensificación sostenible de la agricultura?
68. ¿De qué manera puede efectuarse la transición de la agricultura que hoy realizan los pequeños agricultores hacia la intensificación agrícola sostenible para que estos mantengan sus medios de subsistencia?
69. ¿Qué impactos a largo plazo tienen las ayudas de los donantes internacionales y las empresas de colaboración sobre los beneficiarios meta en cuanto a seguridad alimentaria, sostenibilidad ambiental, economías locales e inclusión social?
70. ¿Cómo pueden diseñarse y aplicarse de forma efectiva en los sistemas agrícolas de países en desarrollo los marcos interdisciplinarios que integran la innovación científica y las perspectivas multiactorales?
71. ¿Bajo qué condiciones ambientales e institucionales una mayor agrobiodiversidad a nivel de finca y paisaje incrementaría los ingresos y medios de vida?
72. ¿Quiénes se dedicarán a la agricultura en 2050 y cuáles serán sus relaciones con la tierra (propiedad, alquiler o gestión)?

Gobierno, inversión económica, poder y formulación de políticas

Promover la agricultura para el desarrollo presenta el gran desafío de manejar múltiples agendas e intereses colectivos de instituciones formales e informales (el estado, el sector privado y la sociedad civil), así como sus interrelaciones, obligaciones, procesos, mecanismos y diferencias. Es precisamente en esta interface donde convergen y desempeñan sus respectivos roles la gobernabilidad, la inversión económica, el poder y la formulación de políticas.

En relación con la gobernabilidad, es importante establecer garantías ante riesgos y asegurar el bienestar, así como beneficios sociales y económicos para los pequeños propietarios, donde la influencia del estado en la promoción de opciones tecnológicas y de políticas desempeña un importante papel. Por lo tanto, la ayuda externa y los modelos de ayuda y asistencia, así como las direcciones políticas del estado, son temas primordiales (World Bank, 2007; Royal Society, 2009). Para alcanzar un rápido crecimiento agrícola y rural se necesitan inversiones complementarias en el amplio espectro de sistemas de producción de alimentos, desde los grandes sistemas intensivos mecanizados, hasta las

pequeñas fincas. De ahí la gran importancia que reviste mejorar la combinación de inversiones públicas y privadas en sistemas de riego y gestión del agua, construcción de carreteras en áreas rurales, servicios de financiamiento agrícola y extensión, entre otros (Lele *et al.*, 2010). Debido a la severidad de los efectos adversos del cambio climático sobre la productividad agrícola en varios agroecosistemas, resulta imperativo que, además de las inversiones en infraestructuras, se considere seriamente los asuntos relacionados con la adaptación a través del diseño de sistemas agrícolas y ganaderos más resilientes (Pretty, 2003).

73. ¿Qué consecuencias tendrá para las naciones de bajos ingresos el incremento del papel político de países como Brasil, China, India e Indonesia, que tienen cada vez más poder adquisitivo y de compra en los sistemas mundiales de alimentación?
74. ¿Qué efectividad tienen los diversos modelos de colaboración multilateral y bilateral en el incremento del bienestar y la productividad de los pequeños agricultores en los países más pobres?
75. ¿Bajo qué condiciones las inversiones en la agricultura a pequeña escala alcanzan mayor beneficio social y ambiental, si se les compara con los sistemas mecanizados a mayor escala?
76. ¿Cuáles son los resultados de las diferentes combinaciones de inversiones públicas y privadas en la infraestructura de riego?
77. ¿Cuáles son las consecuencias de las diversas opciones de inversión en la resiliencia de los sistemas agrícolas para combatir los múltiples efectos adversos del cambio climático?
78. ¿Qué pasos deben seguirse para motivar a los jóvenes a estudiar ciencias agrícolas?

Sección 4: Mercados y consumo

Cadenas alimentarias

Las cadenas alimentarias abarcan todas las actividades que median entre la producción agropecuaria y el consumo. Estas cadenas han experimentado un cambio fundamental desde 1950, tornándose cada vez más globales en extensión y marcadas por las tendencias a una mayor escala de producción, cantidad de líneas de productos manufacturados y niveles de concentración económica por sector. La gobernabilidad de las cadenas alimentarias se ha ido complejizando se manifiesta a múltiples escalas,

involucrando a muchos actores públicos, privados y de la sociedad civil (Lang *et al.*, 2009).

Durante las dos últimas décadas se ha hecho cada vez más evidente que el eslabón principal de poder dentro de las cadenas alimentarias se ha ido desplazando hacia los espacios de venta dominados por las grandes corporaciones de distribución de alimentos (UK Food Group, 2003). Actualmente, tres cuartas partes de las ventas de alimentos en los países más industrializados pasa por las cajas contadoras de los supermercados. Esta situación ha generado críticas en torno a las implicaciones ambientales que tienen las cadenas de suministro de alimentos, diseñadas para trabajar todo el año al menor costo posible. Sin embargo, este formato de venta minorista prevalece cada vez más en el mundo y crece rápidamente en muchos países en desarrollo (Reardon y Gulati, 2008), con las consiguientes preocupaciones en cuanto a sus implicaciones en los hábitos alimentarios (Hawkes, 2008).

Será necesario dedicar esfuerzos a fin de determinar con precisión qué representa 'alimentación sostenible', y para identificar normas de buenas prácticas a través de las numerosas actividades relacionadas con las cadenas alimentarias. Tan importante será la evaluación del ciclo de vida y otras medidas para determinar la huella energética, de carbono y de agua, como que al calcular apropiadamente los puntos de equilibrio se tengan en cuenta otros impactos ambientales, criterios sociales, económicos y éticos (van Hauwermeiren *et al.*, 2007; Edwards-Jones *et al.*, 2008). Finalmente, el propósito es demostrar el vínculo entre dieta e impacto ambiental (Frey y Barrett, 2007) e impacto social, lo que permitirá promover una mayor responsabilidad personal y un cambio de actitud (Jackson *et al.*, 2008) en el desarrollo de cadenas alimentarias más sostenibles.

79. ¿Cómo puede desarrollarse e implementarse en bloques comerciales como la Unión Europea y el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica un estándar unificado de alimentación sostenible que contribuya a los valores ambientales, nutritivos, de calidad de los alimentos y sociales, y cuál sería la manera más efectiva de comunicarlo para lograr un cambio de actitud en los consumidores?
80. ¿En qué eslabón de las cadenas alimentarias de los países industrializados y en desarrollo se desperdician más alimentos, y qué medidas pueden tomarse para reducir significativamente ese derroche?
81. ¿Cuál es la mejor manera de incrementar la resiliencia de las cadenas alimentarias a tendencias

exógenas (por ejemplo, el precio creciente de los hidrocarburos) y *shocks* (como la alteración del flete aéreo)?

82. ¿Cuál es la contribución potencial de la producción local de alimentos para la sostenibilidad general de los sistemas alimentarios?
83. Teniendo en cuenta el impacto agregado del número de animales a escala global, particularmente en cuanto a necesidades de alimentación animal y manejo de desechos, ¿cómo pudieran establecerse límites al consumo de carne per cápita a nivel nacional, que reconozcan el crecimiento demográfico y económico proyectado?
84. ¿Cuáles son los mejores indicadores que pudieran usarse para definir los umbrales de la sostenibilidad agrícola (por ejemplo, condiciones del suelo, biodiversidad, ciclo de nutrientes, uso de la energía, procesos biológicos fundamentales como la polinización), y cómo pueden comunicarse a lo largo de la cadena alimentaria?
85. ¿Cuáles son los mejores mecanismos institucionales para gestionar los sistemas de reserva, almacenamiento, distribución y ayuda alimentaria que aseguren un suministro constante y sostenible?
86. ¿Cómo podemos elevar la diversidad y desarrollo comercial de los cultivos alimenticios (dada la actual dependencia calórica de siete cultivos clave: trigo, arroz, maíz, papa, soya, caña de azúcar y remolacha azucarera) en aras de ampliar la resiliencia de las cadenas alimentarias y a la vez preservar la diversidad genética de los cultivos y sus parientes silvestres?
87. ¿Cuánta tierra de las regiones agrícolas debe dejarse como hábitat natural para asegurar los servicios ecosistémicos y mitigar las amenazas del cambio climático?

Precios, mercados y comercio

En las últimas décadas los mercados globales han interconectado los patrones nacionales de producción de alimentos y consumo, por lo que hoy dependemos tanto de los mercados nacionales como de los internacionales para ubicar los alimentos al alcance de los consumidores y distribuir los insumos empleados en la producción de alimentos. En 2008 el costo de las importaciones globales de alimentos fue superior al trillón de dólares estadounidenses, con un crecimiento considerable en los dos años anteriores (Popp, 2009). Esto significa que, según las nuevas relaciones económicas, pequeños cambios en la producción pueden derivar en grandes fluctuaciones de precios.

En la actualidad, la mayoría de los países depende de los mercados globales abiertos para comprar sus alimentos; no obstante, cuando los gobiernos intentan proteger sus propios suministros, las cadenas de mercado pueden colapsar (Royal Society, 2009).

En 2007/2008 los mercados mundiales de alimentos presenciaron precios extremos en varios productos agrícolas básicos como el trigo, el maíz y el arroz. Hoy se sabe que entre los factores que provocaron este fenómeno se encuentran las caídas de la productividad agrícola en algunas regiones, la reducción de las reservas globales de granos, la especulación en el comercio y el establecimiento de barreras comerciales (Defra, 2008, 2009; Wiggins, 2008). El alza de los precios provocó disturbios en Marruecos, México, Indonesia y otros países. La inestabilidad política fue resultado de presiones a corto plazo, pero reflejó un problema a más largo plazo relacionado con la seguridad alimentaria y su impacto en el bienestar humano (Royal Society, 2009), en particular para las familias de bajos ingresos que invierten hasta el 75% de estos en alimentos (Naylor *et al.*, 2007). Por lo tanto, en los próximos años las políticas de investigación tienen que desempeñar un papel clave en el diseño de mecanismos e instrumentos que minimicen o alivien los efectos de tales fracasos en los mercados.

88. ¿Qué inversiones prioritarias se necesitan para desarrollar mercados efectivos de insumos y productos en los países más pobres, especialmente del África subsahariana?
89. Mientras aumentan los precios de la energía, ¿cómo puede la agricultura incrementar su eficiencia y utilizar menos insumos y fertilizantes para hacerse económicamente sostenible, ambientalmente sensible, además de alimentar a una población creciente?
90. ¿Qué mecanismos pueden crearse para amortiguar los efectos de la creciente volatilidad del mercado y sus consecuentes riesgos para los productores, y bajo qué condiciones funcionan mejor tales mecanismos?
91. ¿Cómo pueden desarrollarse mecanismos de mercado para los sistemas de suministro de alimentos que brinden niveles de estímulo financiero económicamente sostenibles a todos los participantes en la cadena alimentaria (agricultores, procesadores y comercializadores), y que simultáneamente ofrezcan a los consumidores alimentos sanos, nutritivos, asequibles y que contribuyan a proteger el medio ambiente?

92. ¿Qué mecanismos incentivarán las inversiones futuras en la agricultura sostenible y de altos rendimientos, que no afecte los servicios ecosistémicos?
93. ¿Qué mecanismos relacionados con la capacidad institucional pueden usarse para crear un sistema de mercadeo global eficiente y equitativo, de forma tal que los alimentos sean producidos de manera económica y ecológicamente eficiente, y además se comercialicen apropiadamente en pro de la seguridad alimentaria?
94. ¿Cómo pueden diseñarse políticas nacionales de seguridad alimentaria que sean más compatibles con las políticas mundiales de los mercados alimentarios abiertos y a la vez asegurar los intereses de los productores locales, así como el acceso equitativo a los alimentos?

Patrones de consumo y salud

El incremento del poder adquisitivo, los cambios en las preferencias alimentarias, el acceso a los mercados globales y el crecimiento de la población han provocado transformaciones significativas en los patrones de consumo durante los últimos años que se pronostica continuarán en las décadas venideras. El consumo per cápita diario de calorías ha aumentado de 2280kcal en los años sesenta a 2800kcal a inicios del presente siglo. El consumo anual per cápita de carne también se ha incrementado, de 11kg en 1967 a 24kg en 1997 (Lobley y Winter, 2010). Con el aumento de los ingresos en los países en desarrollo, se espera que la demanda de carne tienda a niveles per cápita de 115kg al año en Estados Unidos y a 80kg en el Reino Unido (Royal Society, 2009). Solamente en China, el consumo actual de carne es más del doble que 20 años atrás y se proyecta que para 2030 vuelva a duplicarse (Scherr y Sthapit, 2009). Con el incremento de la demanda, se estima que la producción cárnica aumente, de 229 millones de toneladas en 1990 a 465 millones de toneladas en 2050; en tanto la producción lechera deberá crecer de 580 a 1043 millones de toneladas (Steinfeld *et al.*, 2006). Debido al efecto combinado de los cambios en los patrones de consumo y el incremento de la población, se estima que la producción de alimentos deberá crecer significativamente para satisfacer el aumento de la demanda en el futuro (Lobley y Winter, 2010).

Es poco probable que los nuevos patrones de alimentación brinden los mismos beneficios a la salud que las dietas bien balanceadas, ricas en granos y otros productos vegetales. Se espera que el incremento en el consumo de carnes (especialmente las

rojas) y lácteos, así como la ingestión creciente de alimentos ricos en azúcares y grasas, propios de los productos modernos, altamente procesados, conducirá a deficiencias nutricionales y a un número cada vez mayor de casos de obesidad y sus enfermedades asociadas como la diabetes de tipo II y los padecimientos cardiovasculares crónicos. Esto incrementará la demanda de servicios médicos y, consecuentemente, los gastos en el sector de la salud serán mayores (Royal Society, 2009).

95. ¿Cómo pueden afectar la demanda de productos agrícolas los cambios predichos en el consumo de carne en diferentes países?
96. ¿Qué información resulta más útil para los consumidores que desean tomar sus decisiones de compra de alimentos considerando los impactos ambientales y sociales, y qué medidas pueden tomarse para promover e incentivar el consumo de dietas saludables?
97. ¿Bajo qué condiciones las políticas gubernamentales de salud pueden afectar de manera exitosa la alimentación de los consumidores con la promoción de una dieta sana como medicina preventiva?
98. ¿Qué programas o combinación de programas son más efectivos para promover el amplio acceso a alimentos sanos en diferentes grupos socioeconómicos?
99. ¿Cuál es la efectividad de los programas experimentales de aprendizaje (por ejemplo, aprendizaje en huertos, terapia en áreas silvestres, escuelas en el bosque, entrenamiento en espacios abiertos) en la promoción de la nutrición infantil, el desarrollo infantil saludable, y la prevención de la obesidad y la diabetes?
100. ¿Cuál es la efectividad de los diferentes sistemas que un consumidor informado elija la opción de compra que recompense directamente al productor y, por lo tanto, contribuya a difundir atributos ambientales positivos en la producción de alimentos (por ejemplo, redes de distribución directa organizadas por productores, esquemas de etiquetado de los alimentos, información de las en Internet)?

Discusión

El enfoque de exploración de horizontes descrito generó 100 preguntas que consideradas de importancia primordial para la agricultura global y la seguridad

alimentaria. Podemos anticipar que estas preguntas, de ser contestadas, tendrán un impacto significativo en las prácticas agrícolas en todo el mundo, al tiempo que mejorarán las sinergias entre la política, la práctica y la investigación del sector. Estas preguntas son de amplio espectro, están diseñadas para que puedan contestarse y capaces de generar un diseño de investigación realista, y cubren 14 temas identificados como prioritarios para la agricultura mundial. Compiladas a través de consultas a representantes y expertos de importantes organizaciones, sociedades científicas profesionales e instituciones académicas vinculadas al sector agrícola en el mundo, esperamos que las preguntas guíen a los decisores encargados de dirigir las investigaciones y políticas futuras del sector agrícola, así como a investigadores que buscan dirigir y priorizar sus propios esfuerzos y programas de trabajo, además de promover un diálogo constructivo entre estos grupos. No obstante, este enfoque tiene algunas limitaciones. En primer lugar, la lista final de preguntas fue, inevitablemente, un producto de las 618 preguntas enviadas, luego sujetas a un proceso de selección, redacción y votación por los miembros del grupo principal. Al consultar a un grupo grande de expertos de un amplio rango de organizaciones con experiencias disímiles, procuramos minimizar el efecto de las preferencias individuales y las elecciones manipuladas.

Uno de los mayores retos del proceso fue formular preguntas que pudieran ser respondidas mediante un diseño de investigación y lo suficientemente genéricas como para abarcar el amplio espectro de temas, a diversas escalas, relacionados con los sistemas agrícolas del mundo (Sutherland *et al.*, 2006, 2009). Obviamente, la lista final de preguntas no podría reflejar toda la complejidad de algunos de los temas en discusión, ya que fueron redactadas con la intención de asegurar su brevedad y claridad. Sin embargo, consideramos que la mayoría de ellas puede desglosarse en sus componentes cuando se pretenda darles respuesta mediante estrategias de investigación o proyectos adaptados a condiciones sociales, ecológicas y económicas específicas. Lo que se

necesitarían son procesos que prioricen esas acciones en diferentes regiones del mundo y mecanismos e indicadores efectivos para evaluar su impacto.

Con esta lista de preguntas pretendemos contribuir al diálogo y al debate futuro entre científicos, productores y decisores sobre la investigación agrícola. Asimismo, al guiar a los investigadores en la búsqueda de prioridades a sus propios esfuerzos y delinear programas de investigación, esperamos que estas preguntas ayuden a los decisores a apoyar y dirigir las necesidades de investigación agrícola en los próximos años, así como que orienten a las organizaciones de financiamiento en sus esfuerzos en pro de la ciencia agrícola. Resulta vital mejorar el diálogo e intercambio de información entre decisores y científicos para que la agricultura pueda enfrentar el reto que plantea el crecimiento poblacional, los cambios en los patrones alimentarios, la inseguridad energética y el cambio climático. El sector agrícola está en el centro de esta combinación de factores sin precedentes, por lo que la política basada en la evidencia será esencial para vencer la falta de entendimiento entre la investigación y la formulación de políticas agrícolas, así como para mejorar la colaboración dentro de todo el sector.

Agradecimientos

Agradecemos al proyecto del gobierno británico 'Foresight Global Food and Farming Futures' por financiar esta investigación. Este programa es parte de la Oficina de Gobernación Británica para la Ciencia y contribuye a que el gobierno piense sistemáticamente en el futuro y oriente a los decisores para enfrentar los retos futuros mediante la evidencia científica actual. Los puntos de vista expresados en este trabajo pertenecen a los autores y no representan los de la Oficina de Gobierno para la Ciencia o del Gobierno de Su Majestad. También agradecemos a la FAO por su apoyo, particularmente en la organización de un taller en Roma durante las primeras etapas de esta investigación. Arcadia financió la participación de W. A. Sutherland.

Referencias

- Allard, R. W., 1999, *Principles of Plant Breeding* (2nd edn), Wiley, New York.
- Anderson, J. R., 2008, *Aligning Global Agricultural Research Investments with National Development Activities: The CGIAR Experience*, CGIAR Secretariat, Washington, DC.
- Barrett, C. B., Swallow, B. M., 2006, 'Fractal poverty traps', *World Development* 34.1, 1–15.
- Benton, T. G., Vickery, J. A., Wilson, J. D., 2003, 'Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?', *Trends in Ecology & Evolution* 18, 182–188.
- Biffin, R. H., 1905, 'Mendel's laws of inheritance and wheat breeding', *Journal of Agricultural Science* 1, 4–48.
- Blakeney, M., 2009, *Intellectual Property Rights and Food Security*, CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Bouis, H., 1996, 'Enrichment of food staples through plant breeding: a new strategy for fighting micronutrient malnutrition', *Nutrition Reviews* 54, 131–137.

- Bryceson, D. F., 2002, 'The scramble in Africa: reorienting rural livelihoods', *World Development* 30.5, 725–739.
- CAST (Council for Agricultural Science and Technology), 2001, *Role of Animal Agriculture in the Human Food Supply*. Ames, IA.
- Defra, 2003, *Delivering the Evidence: Defra's Science and Innovation Strategy, 2003–2006*, Department for the Environment, Food and Rural Affairs, London.
- Defra, 2008, *The Impact of Biofuels on Commodity Prices*, HMSO, London.
- Defra, 2009, *The 2007/08 Agricultural Price Spikes: Causes and Policy Implications*, HMSO, London.
- Edwards-Jones, G., Plassmann, K., York, E. H., Hounsome, B., Jones, D. L., Milá I Canals, L., 2008, 'Vulnerability of exporting nations to the development of a carbon label in the United Kingdom', *Environmental Science & Policy* 12, 479–490.
- Ellis, F., 2000, *Rural Livelihoods and Diversity in Developing Countries*, Oxford University Press, Oxford.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2005, *Review of the State of World Marine Fisheries Resources*, FAO Fisheries Technical Paper, No. 457, FAO, Rome.
- FAO, 2007, *The State of Food and Agriculture: Paying Farmers for Environmental Services*, FAO, Rome.
- FAO, 2008, *High-Level Conference on World Food Security: the Challenges of Climate Change and Bioenergy*. FAO, Rome [available at www.fao.org/foodclimate/hlc-home/en/].
- FAO, 2009a, *World Summit on Food Security*, FAO, Rome [available at www.fao.org/wsfs/world-summit/en/].
- FAO, 2009b, *The State of Food Insecurity in the World*, FAO, Rome.
- FAO, 2009c, *FAOStat*. FAO, Rome [available at <http://faostat.fao.org/>].
- FAO, 2009d, *The State of Food and Agriculture: Livestock in Balance*, FAO, Rome [available at www.fao.org/docrep/012/i0680e/i0680e00.htm].
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., Hawthorne, P., 2008, 'Land clearing and the biofuel carbon debt', *Science* 319, 1235–1238.
- Frey, S., Barrett, J., 2007, 'Our health, our environment: the ecological footprint of what we eat', *Paper prepared for the International Ecological Footprint Conference*, Cardiff, 8–10 May [available at www.brass.cf.ac.uk/uploads/Frey_A33.pdf], accessed 16 July 2010.
- George, R. A. T., 2009, *Vegetable Seed Production* (3rd edn), CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Godfray, C., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., Pretty, J., Robinson, S., Thomas, S. M., Toulmin, C., 2010, 'Food security: the challenge of feeding 9 billion people', *Science* 327, 812–818.
- Green, R. E., Cornell, S. J., Scharlemann, J. P. W., Balmford, A., 2005, 'Farming and the fate of wild nature', *Science* 307, 550–555.
- Gressel, J., 2008, *Genetic Glass Ceilings: Transgenics for Crop Biodiversity*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Haddad, L., Lindstrom, L., Pinto, Y., 2009, 'The sorry state of M&E in agriculture: can people-centred approaches help?', *Paper prepared for Bill Gates, World Food Prize speech*, October [available at www.gatesfoundation.org/speeches-commentary/Pages/bill-gates-2009-world-food-prize-speech.aspx].
- Hancock, J. F., 2005, *Plant Evolution and the Origin of Crop Species* (2nd edn), CABI publishing, Wallingford, UK.
- Harvey, M., Pilgrim, S., 2010, 'Competition for land: food and energy', *Paper prepared for UK Government Foresight Project on Global Food and Farming Futures*, UK Government, London.
- Hassanali, A., Herren, H., Khan, Z.R., Pickett, J.A., Woodcock, C. M., 2008, 'Integrated pest management: the push–pull approach for controlling insect pests and weeds of cereals, and its potential for other agricultural systems including animal husbandry', *Philosophical Transactions of the Royal Society London B* 363, 611–621.
- Hawkes, C., 2008, 'Dietary implications of supermarket development: a global perspective', *Development Policy Review* 26 (6), 657–692.
- Henson, R., 2008, *A Rough Guide to Climate Change* (2nd edn), Rough Guides Ltd, London.
- Humphreys, E., Peden, D., Twomlow, S., Rockström, J., Oweis, T., Huber-Lee, A., Harrington, L., 2008, *Improving Rainwater Productivity: Topic 1 Synthesis Paper*, CGIAR Challenge Program on Water and Food, Colombo.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development), 2009, 'Agriculture at a crossroads', in *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development: Global Report*, Island Press, Washington, DC.
- InterAcademy Council, 2004, *Realizing the Promise and Potential of African Agriculture*, Amsterdam, The Netherlands.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007, in: Solomon, S., D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (eds), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Chapter 11, Regional Climate Projections, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Jackson, P., Ward, N., Russell, P., 2008, 'Moral economies of food and geographies of responsibility', *Transactions of Institute of British Geographers* 34 (1), 12–24.
- Khush, G. S., 1999, 'Green revolution: preparing for the 21st century', *Genome* 42, 646–655.
- Lang, T., Barling, D., Caraher, M., 2009, *Food Policy: Integrating Health, Environment and Society*, Oxford University Press, Oxford.
- Lele, U., Pretty, J., Terry, E., Trigo, E., 2010, 'Transforming agricultural research for development', *Global Conference on Agricultural Research for Development*, Montpellier, France, March 2010.
- Lobley, M., Winter, M. (eds), 2010, *What is Land for? The Food, Fuel and Climate Change Debate*, Earthscan, London.
- Meinzen-Dick, R., Quisumbing, A., Behrman, J., Biermayr-Jenzano, P., Wilde, V., Noordeloos, M., Ragasa, C., Beintema, N., 2010, 'Engendering agricultural research', *Paper prepared for Global Conference on Agriculture and Rural Development (GCARD)*, Montpellier, France, 28–31 March.
- National Research Council, 2010a, *Toward Sustainable Agricultural Systems in the 21st Century*, National Research Council Report. The National Academies Press, Washington, DC.
- National Research Council, 2010b, *Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States*, National Research Council Report, The National Academies Press, Washington, DC.
- Naylor, R. L., Liska, A. J., Burke, M. B., Falcon, W. P., Gaskell, J. C., Rozelle, S.D., Cassman, K.G., 2007, 'The ripple effect: biofuels, food security, and the environment', *Environment Magazine*, November.
- Popp, J., 2009, 'Economic balance on competition for arable land between food and bioindustry', *Paper for OECD Conference on Challenges for Agricultural Research*, Prague, Czech Republic, 6–8 April.
- Pretty, J., 2003, 'Social capital and the collective management of resources', *Science* 302, 1912–1915.

- Pretty, J., 2008, 'Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence', *Philosophical Transactions of the Royal Society* 363, 447–465.
- Pretty, J., 2009, 'Speaking truth to power: foot and mouth and the future of agriculture and its communities', in: M. Döring, B. Nerlich (eds), *The Social and Cultural Impact of Foot-and-Mouth Disease in the UK in 2001*, Manchester University Press, Manchester, UK.
- Pullin, A. S., Knight, T. M., Watkinson, A. R., 2009, 'Linking reductionist science and holistic policy using systematic reviews: unpacking environmental policy questions to construct an evidence-based framework', *Journal of Applied Ecology* 46, 970–975.
- Reardon, T., Gulati, A., 2008, 'The supermarket revolution in developing countries: policies for 'competitiveness and inclusiveness'', *IFPRI Policy Brief 2*, June, International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- Robinson, R. A., Sutherland, W. J., 2002, 'Changes in arable farming and biodiversity in Great Britain', *Journal of Applied Ecology* 39, 157–176.
- Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S. III, Lambin, E. F., 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., Foley, J. A., 2009, 'A safe operating space for humanity', *Nature* 461 (24), 472–475.
- Royal Society, 2009, *Reaping the Benefits: Science and the Sustainable Intensification of Global Agriculture*, RS Policy Document 11/09, The Royal Society, London.
- Ruttan, V., 1977, 'The green revolution: seven generalisations', *International Development Review* 19, 16–23.
- Sachs, J. D., Remans, R., Smukler, S., Winowiecki, L., Andelman, S. J., Cassman, K. G., Castle, D., DeFries, R., Denning, G., Fanzo, J., Jackson, L. E., Leemans, R., Lehmann, J., Milder, J. C., Naeem, S., Nziguheba, G., Palm, C. A., Pingali, P. L., Reganold, J. P., Richter, D. D., Scherr, S. J., Sircely, J., Sullivan, C., Tomich, T. P., Sanchez, P. A., 2010, 'Monitoring the World's agriculture', *Nature* 466, 558–560.
- Sansoucy, R., 1995, 'Livestock – a driving force for food security and sustainable development', *World Animal Review* 84/85 [available at www.fao.org/docrep/V8180T/v8180T07.htm#livestock%20%20a%20driving%20force%20for%20food%20security%20and%20sustainable%20development].
- Seachinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T., 2008, 'Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change', *Science* 319, 1238–1240.
- Scherr, S. J., Sthapit, S., 2009, 'Farming and land use to cool the planet', in: *Wordwatch Institute. State of the World 2009: Into a Warming World*. Worldwatch Institute, MA, USA.
- Schiere, J.B., Ibrahim, M.N.M., van Keulen, H., 2002, 'The role of livestock for sustainability in mixed farming: criteria and scenario studies under varying resource allocation', *Agriculture, Ecosystems and Environment* 90, 139–153.
- Schneider, U., Smith, P., 2009, 'Energy intensities and greenhouse gas emission mitigation in global agriculture', *Energy Efficiency* 2, 195–206.
- Smith, P., Olesen, J. E., 2010, 'Synergies between mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture', *Journal of Agricultural Science* 148 (5). Special issues on 'Climate change in agriculture' [available at <http://journals.cambridge.org/action/displaySpecialArticle?jid=AGS#>], accessed 18 August 2010.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C., 2006, *Livestock's Long Shadow: Environmental Issues and Options*, FAO, Rome.
- Sutherland, W. J., Adams, W. M., Aronson, R. B., Aveling, R., Blackburn, T. M., Broad, S., Ceballos, G., Côté, M., Cowling, R. M., Da Fonseca, G. A. B., Dinerstein, E., Ferraro, P. J., Fleishman, E., Gascon, C., Hunter, M., Hutton, J., Kareiva, P., Kuria, A., Macdonald, D. W., Mackinnon, K., Madgwick, F. J., Mascia, M. B., McNeely, J., Milner-Gulland, E. J., Moon, S., Morley, C. G., Nelson, S., Osborn, D., Pai, M., Parsons, E. C. M., Peck, L. S., Possingham, H., Prior, S. V., Pullin, A. S., Rands, M. R. W., Ranganathan, J., Redford, K. H., Rodriguez, J. P., Seymour, F., Sobel, J., Sodhi, N. S., Stott, S., Vance-Borland, K., Watkinson, A. R., 2009, 'An assessment of the 100 questions of greatest importance to the conservation of global biological diversity', *Conservation Biology* 23, 557–567.
- Sutherland, W. J., Armstrong-Brown, S., Armsworth, P. R., Brereton, T., Brickland, J., Campbell, C. D., Chamberlain, D. E., Cooke, A. I., Dulvy, N. K., Dusic, N. R., Fitton, M., Freckleton, R. P., Godfray, C. J., Grout, N., Harvey, J., Hedley, C., Hopkins, J. J., Kift, N. B., Kirby, J., Kunin, W. E., Macdonald, D. W., Marker, B., Naura, M., Neale, A. R., Oliver, T., Osborn, D., Pullin, A. S., Shardlow, M. E. A., Showler, D. A., Smith, P. L., Smithers, R. J., Solandt, J. L., Spencer, J., Spray, C. J., Thomas, C. D., Thompson, J., Webb, S. E., Yalden, D. W., Watkinson, A. R., 2006, 'The identification of one hundred ecological questions of high policy relevance in the UK', *Journal of Applied Ecology* 43, 617–627.
- Sutherland, W. J., Bailey, M. J., Bainbridge, I. P., Brereton, T., Dick, J. T. A., Drewitt, J., Dulvy, N. K., Dusic, N. R., Freckleton, R. P., Gaston, K. J., Gilder, P. M., Green, R. E., Heathwaite, L., Johnson, S. M., Macdonald, D. W., Mitchell, R., Osborn, D., Owen, R. P., Pretty, J., Prior, S. V., Prosser, H., Pullin, A. S., Rose, P., Stott, A., Tew, T., Thomas, C. D., Thompson, D. B. A., Vickery, J. A., Walker, M., Walmsley, C., Warrington, S., Watkinson, A. R., Williams, R. J., Woodroffe, R., Woodroof, H. J., 2008, 'Future novel threats and opportunities facing UK biodiversity identified by horizon scanning', *Journal of Applied Ecology* 45, 821–833.
- Sutherland, W. J., Clout, M., Côté, I. M., Daszak, P., Depledge, M. H., Fellman, L., Fleishman, E., Garthwaite, R., Gibbons, D. W., De Lurio, J., Impey, A. J., Lickorish, F., Lindenmayer, D., Madgwick, J., Margerison, C., Maynard, T., Peck, L. S., Pretty, J., Prior, S., Redford, K. H., Scharlemann, J. P., Spalding, M., Watkinson, A. R., 2010a, 'A horizon scan of global conservation issues for 2010', *Trends in Ecology and Evolution* 25, 1–7.
- Sutherland, W. J., Fleishman, E., Mascia, M. B., Pretty, J., Rudd, M. A., 2010b, 'Methods for collaboratively identifying research priorities and emerging issues in science and policy', *Methods in Ecology and Evolution*, in press.
- Sutherland, W. J., Pullin, A. S., Dolman, P. M., Knight, T. M., 2004, 'Mismatches between conservation science and practice', *Trends in Ecology and Evolution* 19, 565–566.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., Polasky, S., 2002, 'Agricultural sustainability and intensive production practices', *Nature* 418, 671–677.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger, W. H., Simberloff, D., Swackhamer, D., 2001, 'Forecasting agriculturally driven global environmental change', *Science* 292 (5515), 281.
- UK Food Group, 2003, *Food, Inc. Corporate Concentration from Farm to Consumer*, International Institute for Environment and Development, London.
- UNCTAD (United Nations Conference on Environment and Development), 2010, *Technology and Innovation Report*

- 2010: *Enhancing Food Security in Africa through Science, Technology and Innovation*, UNCTAD, New York.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2010, in: E. Hertwich, E., van der Voet, S. Suh, A. Tukker, M. Huijbregts, P. Kazmierczyk, M. Lenzen, J. McNeely, Y. Moriguchi, *Assessing the Environmental Impacts of Consumption and Production: Priority Products and Materials*, a report of the Working Group on the Environmental Impacts of Products and Materials to the International Panel for Sustainable Resource Management, UNEP, Paris.
- van Hauwermeiren, A., Coene, H., Engelen, G., Mathijs, E., 2007, 'Energy lifecycle inputs in food systems: a comparison of local versus mainstream cases', *Journal of Environmental Policy and Planning* 9 (1), 31–51.
- von Braun, J., 2010, 'Time to regulate volatile food markets', *The Financial Times*, 9 August.
- Wiggins, S., 2008, *Is the Food System Broken?* Opinion 113, Overseas Development Institute, London [available at www.odi.org.uk/resources/download/2460.pdf].
- Wilson, J. D., Evans, A. D., Grice, P. V., 2009, *Bird Conservation and Agriculture*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- World Bank, 2007, *World Development Report 2008: Agriculture for Development*, World Bank, Washington, DC.
- World Resources Institute, 2008, *Roots of Resilience*, World Resources Institute, New York, NY.