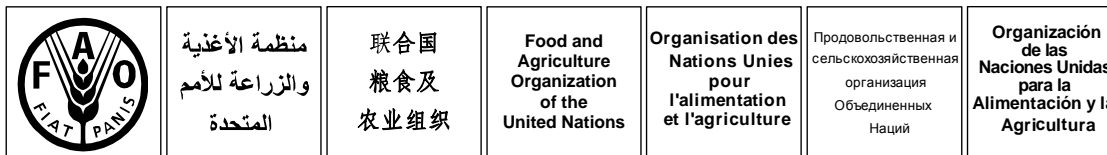


Octubre de 2012



COMISIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA

Tema 6 del programa provisional

GRUPO DE TRABAJO TÉCNICO INTERGUBERNAMENTAL SOBRE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA

Sexta reunión

Roma, 14-16 de noviembre de 2012

SITUACIÓN Y TENDENCIAS RESPECTO DE LA CONSERVACIÓN Y LA UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE MICROORGANISMOS E INVERTEBRADOS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN BASADOS EN EL CULTIVO DE RAÍCES Y ARROZ

Índice

	Páginas
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. ANTECEDENTES.....	2
III. MICROORGANISMOS E INVERTEBRADOS EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS: ESTADO DE LOS CONOCIMIENTOS Y TENDENCIAS.....	3
IV. PRINCIPALES LAGUNAS DE CONOCIMIENTOS Y POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL FUTURO.....	7
V. ORIENTACIÓN QUE SE SOLICITA.....	8

Para minimizar los efectos de los métodos de trabajo de la FAO en el medio ambiente y contribuir a la neutralidad respecto del clima, se ha publicado un número limitado de ejemplares de este documento. Se ruega a los delegados y observadores que lleven a las reuniones los ejemplares que han recibido y se abstengan de pedir copias adicionales. La mayoría de los documentos de reunión de la FAO está disponible en Internet, en la siguiente dirección: www.fao.org.

I. INTRODUCCIÓN

1. En su 12.^a reunión ordinaria, la Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura (en adelante, la Comisión) destacó que era necesario evaluar la situación y las tendencias relativas a los microorganismos de interés para la alimentación y la agricultura. Más en concreto, pidió a la FAO que preparara, junto con las organizaciones internacionales y las instituciones científicas pertinentes, evaluaciones específicas de la situación y las tendencias respecto de la conservación y el uso de microorganismos de los suelos, agentes de lucha biológica y agentes patógenos de las plantas —en particular de cultivos importantes— para presentarlas a la Comisión en su 14.^a reunión ordinaria¹.
2. En su 13.^a reunión ordinaria, la Comisión reiteró la necesidad de seguir avanzando en esta labor y pidió a sus grupos de trabajo técnico intergubernamentales que examinaran las evaluaciones pertinentes dentro de sus respectivos ámbitos de competencia².
3. En este documento se proporciona una breve presentación y una síntesis de los dos estudios que se han preparado en dicho contexto, a saber:
 - i) Un examen de la situación y las tendencias de la diversidad de los invertebrados presentes en los sistemas de producción de arroz. Este estudio se centra en los sistemas de producción de arroz de regadío y de secano, en tierras bajas y en tierras altas. La mayoría de los análisis proporcionados se basan en datos e información recogidos en Asia.
 - ii) Un segundo estudio, que examina el estado de los conocimientos sobre la conservación y el uso de microorganismos e invertebrados en los sistemas de cultivo basados en raíces y tubérculos y las tendencias de los mismos. El alcance de este estudio mundial se limita a los principales cultivos de raíces y tubérculos: yuca, patata, batata, ñame, tiquisque y aroides.

En la medida de lo posible, ambos estudios evalúan la diversidad y la abundancia de los organismos más importantes asociados a los cultivos, centrándose en los organismos del suelo, los agentes de lucha biológica y los agentes patógenos. La versión completa del estudio sobre los invertebrados en los sistemas de producción de arroz está disponible como Estudio informativo n.º 62³. A causa de limitaciones de tiempo, el estudio relativo a los sistemas de producción de raíces y tubérculos aún se encuentra en preparación. Este documento se finalizará para la 14.^a reunión ordinaria de la Comisión, que tendrá lugar en abril de 2013.

II. ANTECEDENTES

4. El arroz, las raíces y los tubérculos se encuentran entre los cultivos alimentarios más importantes del mundo. Se cultivan en todos los continentes habitados y constituyen alimentos básicos para más de la mitad de la población mundial. Asia es a la vez el principal productor de arroz (90 % de la producción total del mundo) y de raíces y tubérculos (40 %). Los niveles de producción y utilización de los distintos cultivos de raíces y tubérculos varían considerablemente entre los diversos países y regiones. En Europa se obtiene aproximadamente el 80 % de la producción mundial de arroz, mientras que China y Nigeria son, respectivamente, los principales productores de batata y ñame. Desde el punto de vista del consumo y la utilización, las raíces y tubérculos principales en las diferentes regiones son: la batata en Asia, la mandioca en el África subsahariana y América Latina y la patata en Cercano Oriente y África del Norte.
5. Con el incremento demográfico y la urbanización creciente de la población mundial se incrementa también la demanda de alimentos básicos. Se prevé que la demanda arroceras de Asia crecerá aproximadamente en un 1 % anual hasta 2025, mientras que en África occidental y central su incremento aumenta actualmente en un 6 % anual. Se registra asimismo un aumento constante de la

¹ CGRFA-12/09/Informe, párr. 60.

² CGRFA-13/11/Informe, párr. 91.

³ CGRFA Estudio informativo n.º 62: *Invertebrates in rice production systems: a status and trends review*.

demanda de raíces y tubérculos como fuentes de alimentos, almidón y pienso y como sustrato para la industria sobre todo en los países en desarrollo, donde las raíces y tubérculos de producción local constituyen a menudo la principal fuente de proteínas a un costo razonable.

6. La Revolución Verde de finales del decenio de 1960 impulsó un enorme avance de la producción de alimentos, que reforzó la seguridad alimentaria. La producción mundial de cereales ascendió de 876 millones de toneladas en 1961 a más de 2 400 millones de toneladas en 2010, un aumento muy superior al incremento demográfico. Por otra parte, la aplicación de las “tecnologías productivas de la Revolución Verde”, tales como fertilizantes químicos y plaguicidas sintéticos, en algunos casos ha provocado un grave agotamiento de la base de recursos de la agricultura y pone en peligro la productividad futura. Además, después de 30 años de empleo de insecticidas en los arrozales no existen pruebas convincentes de que gracias a ellos los agricultores hayan logrado mayores rendimientos.

7. Ante la presión cada vez mayor que experimentan los recursos de tierras, agua y mano de obra, no es tarea fácil satisfacer la demanda creciente de alimentos básicos como el arroz o las raíces y tubérculos y garantizar, al mismo tiempo, la sostenibilidad de los sistemas productivos. El reto con que se enfrentan los responsables de las políticas es el de encontrar maneras eficaces de ampliar las prácticas agrícolas sostenibles y dar prioridad a la intensificación sostenible de la producción de cultivos, cuyo propósito es producir más con la misma superficie de tierra, y al mismo tiempo conservar los recursos, reducir las repercusiones negativas en el medio ambiente y potenciar el capital natural así como el flujo de servicios ecosistémicos.

III. MICROORGANISMOS E INVERTEBRADOS EN LOS PRINCIPALES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CULTIVOS: ESTADO DE LOS CONOCIMIENTOS Y TENDENCIAS

8. Aún es limitado el conocimiento de la complejidad y diversidad de los microorganismos e invertebrados presentes en los principales sistemas de producción de cultivos. Si bien está claro que estos organismos desempeñan diversas funciones útiles, que contribuyen a la prestación de servicios ecosistémicos indispensables, es mucho lo que aún queda por entender: qué organismos están presentes en estos sistemas, cuál es su acción y cómo interactúan entre sí y con el cultivo al que se asocian.

9. En los campos de arroz y en los sistemas de producción de raíces y tubérculos es particularmente importante la contribución de los microorganismos y los invertebrados para regular y sostener la prestación de los servicios ecosistémicos. Mediante procesos tales como la descomposición de la materia orgánica, y a través de las múltiples funciones que desempeñan en el ciclo de los nutrientes, mantienen y fomentan la salud y la fertilidad del suelo. En particular, los invertebrados, como enemigos naturales de las plagas de insectos (o “agentes de lucha biológica”), contribuyen en medida importante a la regulación de las plagas y enfermedades. En ausencia de invertebrados benéficos, los problemas de plagas serían más graves y resultaría sumamente difícil obtener buenos resultados en la producción de cultivos. Sin embargo, existen indicios de que la diversidad de invertebrados benéficos en los sistemas de producción de arroz se está reduciendo a causa del uso excesivo de plaguicidas sintéticos.

Organismos del suelo

10. En general, el uso de materia orgánica, cubierta orgánica, estiércol y abonos verdes, así como la labranza mínima y la menor inundación, la rotación de cultivos, el menor empleo de plaguicidas y una fertilización razonable, tienen una influencia positiva en los organismos del suelo; por otra parte, el monocultivo, el empleo excesivo de plaguicidas, la labranza frecuente y profunda y la quema de los residuos de las cosechas, así como la fumigación, solarización y compactación del suelo, producen efectos negativos en la biota del mismo.

11. Los organismos conocidos como “ingenieros ecosistémicos” desempeñan un papel importante en la creación, el mantenimiento, la modificación y la destrucción de otras especies de las que dependen. Al controlar el flujo de energía y materiales, pueden afectar profundamente la forma en que

funciona un ecosistema. Entre los ingenieros ecosistémicos hay plantas, animales y microorganismos. En los sistemas de producción de arroz, los ingenieros ecosistémicos invertebrados dominantes son los nematodos (ascáridos), los anélidos (por ejemplo, la lombriz de tierra), los artrópodos (hormigas, termitas) y los moluscos. Tienen un efecto positivo en las propiedades del suelo e influyen en la disponibilidad de recursos para otros organismos, tanto microorganismos como plantas. Sin embargo, no se ha dedicado mucha atención a entender de qué manera el efecto que producen en el suelo modifica la presión selectiva natural sobre estos y otros organismos. Tampoco se ha elaborado una clasificación de los ingenieros ecosistémicos por tipos de cultivo de arroz.

12. En los sistemas de producción de raíces y tubérculos aún no se conoce la distribución biogeográfica ni la función exacta de muchos organismos del suelo, aunque parece probable que la gran diversidad y abundancia de la vida microbiana, vegetal y animal influya de varias maneras en la funciones del ecosistema. Los cultivos de raíces se han asociado a una gran diversidad de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) con niveles elevados de colonización. Varios estudios han notificado efectos benéficos tras la inoculación de HMA en cultivos de raíces y tubérculos micropropagados, contándose entre estos efectos la mayor viabilidad de las plantas de patata trasladadas desde una sede in vitro y un aumento del rendimiento y el tamaño de las patatas y la mandioca. El ñame propagado in vitro se utiliza cada vez más para proporcionar material de plantación a los centros de investigación y también, con frecuencia creciente, a sistemas de producción en pequeña y gran escala en Asia occidental. Se cree también que los HMA y los hongos del género *Trichoderma* encierran un enorme potencial de utilización como fertilizantes orgánicos y agentes de lucha biológica. Por otra parte, se sabe que las prácticas agrícolas intensivas determinan una pérdida de HMA.

13. Recientemente se han aislado cepas de *Acidobacteria* y *Verrucomicrobia* en la rizosfera de la patata. El conocimiento de estos dos grupos de microorganismos y de la función que desempeñan en los ciclos biogeoquímicos es limitado y ambos filos se encuentran insuficientemente representados en las colecciones de cultivos microbianos. No obstante, su abundancia y diversidad sugieren que podrían tener una enorme importancia ecológica. La genómica ambiental ha demostrado que *Acidobacteria* constituye un grupo coherente pero muy variado de organismos capaces de utilizar el carbono orgánico. Estas bacterias son difíciles de cultivar y solo se han recuperado en cantidades pequeñas incluso en grandes cantidades de suelo.

Agentes de control biológico

14. En las publicaciones disponibles, apenas pudo encontrarse información sobre la diversidad y abundancia de enemigos naturales en los diferentes sistemas de producción de arroz y de raíces y tubérculos. En el caso del arroz de regadío tropical, la red alimentaria de invertebrados es sumamente compleja. La mayoría de insectos herbívoros se correlaciona con el gran complejo de especies enemigas naturales a través de una rica y densa red de depredadores, parasitoides, parásitos y detritívoros que habitan en la copa de la planta, en la superficie del agua, en el agua de los arrozales y sobre los suelos encharcados o dentro de estos. El control biológico en estos ecosistemas de producción de alimentos implica la participación de muchas especies, abarca múltiples niveles tróficos y actúa a lo largo de gradientes espacio-temporales.

15. En 1996, un estudio de la dinámica de la estructura de la comunidad de artrópodos en los campos de arroz del norte y centro de Java reveló la existencia de una comunidad muy diversa de enemigos naturales en el arroz. Se catalogaron unas 765 especies de arañas e insectos, de las que en torno al 19 % eran detritívoros y planctívoros, el 16,6 % herbívoros y el 64,4 % enemigos naturales, de los que el 40 % eran depredadores y el 24,4 % parasitoides. Se hizo evidente que la diversidad de especies invertebradas es sistemáticamente inferior en los sistemas de producción de arroz sometidos a planes de aplicación intensiva de plaguicidas que en los sistemas tradicionales de cultivo y en los sistemas modernos de producción de arroz en los que el nivel de utilización de insecticidas es bajo.

16. También resultó claro que la presencia de enemigos naturales de las plagas de insectos no se limita a los campos de arroz. Los cultivos distintos del arroz en el entorno arrocerero favorecen el control biológico de las plagas del arroz al proporcionar refugio y alimentos complementarios o alternativos a sus enemigos naturales. La variada flora que se encuentra en los campos de arroz y

alrededor de estos crea un entorno favorable para muchos invertebrados. Depredadores como los grillos y muchos parasitoides viven en hábitats no arroceros y visitan los arrozales en busca de presas o huéspedes, en tanto que muchos artrópodos ocupan hábitats diferentes dentro del ecosistema de los arrozales en diferentes fases de su ciclo de vida. La vegetación distinta del arroz desempeña pues un importante papel en el mantenimiento de la diversidad de especies invertebradas y en el control biológico de las plagas en el ecosistema del arroz.

17. La rotación y los mosaicos de cultivos en el entorno arrocerero también fomentaban la mejora de la biodiversidad. La plantación de varios cultivos al mismo tiempo o en rotación estimula a una multitud de organismos del suelo, que no solo contribuyen a controlar los patógenos presentes en el suelo y las malas hierbas sino que también mejoran la estructura del suelo. Entre los reservorios importantes de enemigos naturales figuran cultivos distintos del arroz tales como el caupi, el frijol mungo, el maíz, el pimiento morrón, el ajo, la cebolla y la soja.

18. Durante miles de años, el control biológico de las plagas del arroz se ha mantenido a través de la conservación de invertebrados en los arrozales. Este sistema tradicional y estable de “control biológico natural”, que se basa en la conservación de los enemigos naturales, se ha sido trastornado en los últimos 50 años por las tecnologías de la Revolución Verde, en particular la aplicación de insecticidas modernos, el paso a monocultivos de arroz y los sistemas de cultivo “limpios” aplicados a zonas enteras. Después de cuatro décadas de brotes de plagas que comenzaron en el decenio de 1970 y tras haberse investigado varios métodos diferentes para combatir las plagas —especialmente la lucha química y la resistencia vegetal—, los investigadores son ahora conscientes de que mantener el equilibrio de la fauna natural en los ecosistemas de arroz mediante la conservación de los enemigos naturales es fundamental para evitar brotes de plagas graves.

19. En el caso de cultivos extensivos de duración breve, como el arroz, la conservación de los enemigos naturales nativos constituye, sin duda, la mejor estrategia. Se conocen solo dos casos bastante poco significativos en los que la introducción de parasitoides exóticos ha dado resultados relativamente buenos en la lucha contra una plaga del arroz. En 1928, las poblaciones de dobladores de la hoja de arroz (*Marasmia exigua*) en las Islas Fiji se redujeron aparentemente gracias a la introducción de *Trathala flavoorbitalis* (Cameron) (icneumonídeo) de Hawai. En el decenio de 1930, tres parasitoides introducidos desde Asia ayudaron a reducir las infestaciones del barrenador del tallo del arroz (*Chilo suppressalis*) en Hawai. Otros intentos de introducir parasitoides exóticos para luchar contra las plagas de insectos autóctonos del arroz en el Asia meridional y sudoriental no lograron su objetivo. Estas intervenciones son costosas, su eficacia no es segura y no parecen constituir una propuesta económica en cultivos anuales como el arroz.

20. En el decenio de 1970, se utilizaron métodos clásicos de control biológico conjuntamente con técnicas de mejoramiento para combatir las principales plagas de la yuca. Se introdujo la avispa depredadora *Anagyrus lopezi*, para luchar contra la cochinilla y se llevaron a cabo investigaciones sobre el control del ácaro verde de la yuca utilizando ácaros predadores (*Typhlodromalus aripo* y *T. manihoti*) y, posteriormente, un hongo patógeno de los ácaros (*Neozygites tanajoae*) del Brasil.

21. La población microbiana en la rizosfera de los cultivos de raíces y tubérculos es diferente de las poblaciones encontradas en otros suelos y también varía con el tipo de planta. Saprofitos como la *Trichoderma* y biotrofos como las micorrizas, que también pueden crecer en los pelos radiculares, proporcionan a las plantas una resistencia inherente contra determinadas enfermedades. La interacción de microorganismos en la rizosfera, como la que existe entre rizobacterias y patógenos, así como las interacciones entre depredador y presa, contribuyen también a la lucha contra las enfermedades. Potenciando la abundancia y diversidad de microorganismos en la rizosfera de los tubérculos también es posible contribuir a la lucha contra la pudrición del tubérculo de la patata.

22. En algunos suelos, las enfermedades naturales también se pueden suprimir mediante antagonistas como las *Pseudomonas*. *Pseudomonas putida*, que es un antagonista del hongo patógeno *Verticillium dahlia* transmitido por el suelo, se ha aislado de la rizosfera de las patatas. En el suelo de la rizosfera, *Pseudomonas* (*P. Chlororaphis*, *P. fluorescens*, *P. putida* y *P. syringae*) y *Serratia* (*S. grimesii*, *S. Plymuthica* and *S. proteamaculans*) actuaban como antagonistas de *Plectobacterium carotovorum* (anteriormente *Erwinia carotovorum*) y *Verticillium dahlia*.

Herbívoros

23. En los sistemas de producción de arroz se encuentra activo un gran complejo de herbívoros invertebrados. Sin embargo, no se dispone de datos sobre su diversidad y abundancia en entornos de producción de arroz específicos, con la excepción del arroz de montaña. Es necesario un examen minucioso de la bibliografía actual que ofrezca más información. Hasta la fecha se ha registrado un total de 527 especies de herbívoros invertebrados, de los cuales un 96 % son insectos y el resto son principalmente cangrejos, caracoles, nematodos y ácaros.

24. La bibliografía indica que la diversidad de herbívoros en Asia duplica la observada en África, América del Sur y Central y el Caribe y es nueve veces mayor que la de los Estados Unidos de América y Europa. Ello podría explicarse por la vasta extensión de las zonas arroceras de Asia, en una diversidad de climas y regiones de flora, así como por el mayor número de tipos de cultivos de arroz que se producen. Otro factor podría ser el hecho de que se hayan llevado a cabo estudios más intensivos en Asia que en las demás.

Efectos de las actividades inducidas por el hombre en la diversidad de organismos asociada a los cultivos

25. Es sabido que el uso excesivo de insecticidas y fertilizantes de nitrógeno provoca la pérdida de diversidad y abundancia de invertebrados beneficios, causando graves brotes de delfácidos y otras plagas y un aumento de la vulnerabilidad a de las plantas de arroz a las enfermedades. Los insecticidas matan a los invertebrados de forma indiscriminada, tanto en el follaje de los cultivos como en el agua de los arrozales. Los agricultores de los principales países productores de arroz utilizan nitrógeno en exceso a un ritmo cada vez mayor⁴ y se sabe que varios países sobrepasan el límite de aplicación de insecticidas⁵. La aplicación media tanto de fertilizantes de nitrógeno como de insecticidas podría utilizarse como indicador de la estabilidad y el estado de salud de los sistemas de producción, así como para determinar zonas con alto riesgo de pérdida de diversidad de los invertebrados y brotes de plagas de delfácidos.

26. La FAO y el Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI) han fomentado prácticas sensatas de manejo de plagas desde la década de 1980, a través de escuelas de campo intensivas para agricultores e “investigaciones con participación de los agricultores”. Estos programas han contribuido a corregir las impresiones erróneas de los agricultores acerca de la necesidad de combatir las plagas con insecticidas. Han alentado también a países como la India, Filipinas e Indonesia a elaborar políticas nacionales para el manejo integrado de plagas. En Indonesia, un cambio de política a mediados de la década de 1980 en favor del manejo integrado de plagas llevó a la prohibición de 57 plaguicidas en el cultivo de arroz y a una reducción de dos tercios de las importaciones de plaguicidas. Sin embargo, a pesar de los diversos planes a gran escala de formación de agricultores en el manejo integrado de plagas llevados a cabo durante más de dos decenios, la utilización indebida de insecticidas y el uso excesivo de fertilizantes de nitrógeno van en aumento. En la mayoría de los países asiáticos, los plaguicidas se venden mediante estrategias de comercialización de productos de consumo de rápido movimiento. La comercialización de plaguicidas viene impulsada por una agresiva publicidad que utiliza elementos emotivos para conquistar a los agricultores de arroz de Asia. El mundo desarrollado cuenta con una reglamentación destinada a poner freno y limitar la utilización indebida de plaguicidas, pero en la mayoría de países de Asia no existe esta normativa.

27. La diversidad de variedades de cultivos desempeña asimismo una importante función para reducir al mínimo el riesgo de plagas de insectos y brotes de enfermedades: si una variedad sucumbe ante el brote de una plaga, de todas formas los agricultores pueden producir alimentos utilizando otras variedades. Sin embargo, los estudios deben investigar todavía los efectos de la diversidad de variedades de cultivos sobre la diversidad y abundancia de invertebrados en el cultivo de arroz.

⁴ Utilización de fertilizantes de nitrógeno >100 kg N/ha.

⁵ Del patrón de utilización de insecticidas y el historial de brotes de plagas de delfácidos parece deducirse que tres o más aplicaciones por temporada reducen la diversidad de invertebrados y los servicios de regulación de plagas en medida suficiente como para que se produzcan brotes de plagas de delfácidos.

IV. PRINCIPALES LAGUNAS DE CONOCIMIENTOS Y POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL FUTURO

28. Se requieren investigaciones considerables para evaluar la importancia de la diversidad y la abundancia de los microorganismos y los invertebrados en la prestación de apoyo a los servicios ecosistémicos y su regulación tanto en los sistemas de cultivo de arroz como de raíces y tubérculos. Así se facilitarán la conservación y la utilización óptima de los microorganismos y los invertebrados, en beneficio de unos sistemas de producción estables, saludables y sostenibles.
29. La abundancia, la diversidad y las funciones de los microorganismos y los invertebrados en entornos tropicales donde se cultiva arroz de regadío se conocen solamente en parte. Faltan aún investigaciones similares acerca de entornos subtropicales donde se cultiva arroz de regadío en Asia y en las principales zonas productoras de arroz de África y América Latina. Es necesario realizar un amplio trabajo de investigación para determinar los organismos del suelo, los agentes de control biológico y los patógenos que están asociados con las diversas raíces y tubérculos. Se requiere, en particular, una plena comprensión de las relaciones simbióticas existentes entre los organismos del suelo y las diferentes variedades de cultivos en vista de la contribución potencial de estos organismos a la lucha contra las plagas y las enfermedades.
30. En toda investigación sobre biodiversidad es fundamental contar con una identificación taxonómica exacta y fiable. La mayoría de los países productores de arroz carecen de conocimientos taxonómicos especializados y de las instalaciones necesarias. En el futuro los taxonomistas podrían realizar una contribución valiosa a las investigaciones sobre biodiversidad por conducto de la microscopía virtual.
31. Entre el 24 % y el 30 % del agua dulce extraída en todo el mundo se destina al arroz de regadío. Dado el calentamiento de la Tierra y la creciente escasez de agua de riego, es probable que aumente tanto el cultivo de arroz aeróbico como la producción en condiciones húmedas y secas alternas. No obstante, los conocimientos acerca de la diversidad, la abundancia y las funciones de los organismos asociados a los cultivos en tales condiciones son reducidos. A fin de prepararse para los desafíos del futuro es necesario reforzar los conocimientos en este ámbito. El análisis de los sistemas de cultivo de arroz en los que este ya se cultiva en condiciones húmedas y secas alternas, como ocurre en el sistema de riego de Zanghe y en la cuenca del río Yangtsé en China, sería un buen punto de partida para incrementar tales conocimientos.
32. La aprobación de una política de manejo integrado de plagas en Indonesia a mediados de la década de 1980 ahorró al Gobierno más de 100 millones de USD al año en importaciones de plaguicidas. En un estudio reciente del programa “Tres reducciones, tres cereales” de Viet Nam, dirigido a motivar a los agricultores a reducir la densidad de siembra, las dosis de fertilizantes y la aplicación de plaguicidas, se calculó un ahorro de 57 USD por hectárea. Unos que cuantifiquen la contribución de la diversidad de los microorganismos y los invertebrados a los medios de vida de los agricultores mediante, entre otras cosas, la reducción de los costos relacionados con la salud podrían contribuir a promover ulteriormente las prácticas acertadas de manejo de los plaguicidas.
33. Las empresas productoras de semillas afirman que el arroz híbrido produce un rendimiento entre el 15 % y el 20 % mayor que las variedades endogámicas. Sin embargo, los productores de arroz híbrido aplican dosis mucho mayores de fertilizante nitrogenado e insecticidas que los productores de variedades endogámicas de alto rendimiento. El análisis de costos-beneficios de la producción de arroz híbrido para los agricultores, los consumidores y el medio ambiente podría demostrar si la sustitución de las variedades endogámicas por variedades híbridas es verdaderamente beneficiosa.
34. Concretamente en los sistemas de producción de raíces y tubérculos, el control de enfermedades transmitidas por el suelo, la disponibilidad de nutrientes de las plantas y la formación de la estructura del suelo podrían mejorar mediante la aplicación de inoculantes. Los marcadores genéticos facilitan el estudio de los inoculantes en el suelo, mientras que las técnicas moleculares resultan útiles para estudiar el potencial genético de las células microbianas para adaptarse a las condiciones reinantes en la rizosfera y en el resto del suelo. No obstante, para que la aplicación de

inoculantes en los sistemas de producción de raíces y tubérculos tenga éxito se requiere un mayor conocimiento de su ecología.

35. El riego a gran escala, la intensificación de los cultivos, la reducción de la diversidad genética y el uso indebido de insumos químicos han contribuido al debilitamiento del servicio “natural” de regulación de plagas presente en los sistemas tradicionales de producción de cultivos, y han dado lugar a la activación de plagas secundarias y a brotes extensos de plagas y enfermedades. Estas condiciones pueden y deben revertirse para hacer que los entornos locales de producción de cultivos sean menos propicios a las plagas y más favorables a los enemigos naturales de estas. Ello puede conseguirse mediante el restablecimiento de vínculos fuertes entre las plagas y sus enemigos naturales por conducto de la “ingeniería ecológica”.

36. La ingeniería ecológica es un nuevo planteamiento que tiene como objetivo potenciar al máximo el control biológico natural y reducir la aplicación innecesaria de plaguicidas. El concepto fundamental de este planteamiento es que toda modificación del entorno debería basarse en principios ecológicos. La ingeniería ecológica es un marco conceptual particularmente útil para el manejo de plagas de artrópodos a través de la manipulación del hábitat, por ejemplo mediante la plantación de plantas con flores ricas en néctar, como el sésamo, en los terraplenes de los arrozales para atraer a los parasitoides. La ingeniería ecológica contribuye a la conservación de los enemigos naturales mediante la provisión de abrigo y alimento suplementario o complementario. Las investigaciones que se realicen en el futuro sobre el manejo de plagas de insectos en el arroz y otros cultivos deberían tener en cuenta tales planteamientos.

37. La FAO respalda actualmente la elaboración de un sistema de concesión de licencias e inspección para el sector de la venta al por menor de plaguicidas en Camboya y la República Democrática Popular Lao. Los resultados de este proyecto podrían ayudar a reforzar sistemas similares en otros países de Asia y en otros continentes. Además, la FAO está elaborando varias especificaciones y directrices para ayudar a los países a poner en práctica el Código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. La Oficina Regional de la FAO para Asia y el Pacífico ha elaborado cinco directrices operacionales para fomentar el manejo reglamentario de plaguicidas entre los Estados miembros de la Asociación de Naciones del Asia Sudoriental. Esto ha dado lugar a la preparación de planes de acción nacionales para mejorar el manejo reglamentario de los plaguicidas en la subregión.

38. En la actualidad se dispone de datos limitados sobre las posibles respuestas de las comunidades de microorganismos e invertebrados al calentamiento global. Sin embargo, los estudios indican que existe una flexibilidad inherente a las especies, incluidas las de las comunidades de microorganismos e invertebrados. Algunos investigadores suponen que el aumento de las temperaturas ocasionará probablemente la reducción del ciclo de vida de las plagas, lo que permitirá el desarrollo de una generación más durante la campaña agrícola y aumentará, por tanto, el riesgo de pérdida de los cultivos. No obstante, el aumento de las temperaturas también podría reducir la duración del crecimiento del cultivo, lo que contrarrestaría su efecto en el ciclo de vida de las plagas. Dado que las especies no se enfrentan al calentamiento global de manera aislada, deberían investigarse las respuestas a los cambios en el ámbito de la comunidad o del ecosistema.

V. ORIENTACIÓN QUE SE SOLICITA

39. El Grupo de Trabajo quizás desee recomendar a la Comisión que:
- a) acoja con agrado los estudios *Invertebrates in rice production systems: a status and trends review* (Los invertebrados en los sistemas de producción de arroz: examen de la situación y las tendencias) y *The conservation and use of micro-organisms and invertebrates in integrated root and tuber production systems: state of knowledge, trends and future prospects* (Conservación y uso de los microorganismos y los invertebrados en sistemas de producción integrados de raíces y tubérculos: conocimientos, tendencias y perspectivas);

- b) reitere la importancia de la diversidad de los microbios y los invertebrados para la producción sostenible de cultivos y para la seguridad alimentaria y nutricional, particularmente en vista de los desafíos ambientales y sanitarios mundiales;
- c) pida a la FAO que:
 - i) realice estudios similares sobre otros cultivos alimentarios importantes, como el trigo y el maíz, prestando especial atención a las buenas prácticas agrícolas que favorecen la prestación de servicios ecosistémicos por parte de los microorganismos e invertebrados beneficiosos, en función de la disponibilidad de fondos;
 - ii) aborde la contribución de los microorganismos y los invertebrados a la prestación de servicios ecosistémicos para la alimentación y la agricultura en *El estado de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura en el mundo*, cuando resulte pertinente.