

SISTEMA DE INTENSIFICACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ (SRI)



*Completo Respuestas a
Preguntas Frecuentes*

Norman Uphoff

SISTEMA DE INTENSIFICACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ (SRI)

*Respuestas completas
a preguntas frecuentes*

Norman Uphoff

SRI-Rice, Universidad Cornell

Publicado por Norman Uphoff, SRI-Rice, B75 Mann Library
Universidad Cornell, Ithaca, Nueva York 14853, EE. UU.
Primera edición: © Norman Uphoff
2015 ISBN: 13: 978-1515022053

Original inglés edición disponible en PDF de SRI-Rice sin costo:
http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/SRI_FAQs_Uphoff_2016.pdf

Diseñado por Carrie Young

Con la asistencia de Devon Jenkins y Prabhat Gautam



Traducido por Laura Moya y Andres Vargas
Corrección de estilo por Olga Vargas

El Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) es el organismo especializado en agricultura del Sistema Interamericano que apoya los esfuerzos de los Estados Miembros para lograr el desarrollo agrícola y el bienestar rural. Desde el 2014, en colaboración con la Universidad Cornell y otros socios, ha estado trabajando en el SRI como un mecanismo efectivo para lidiar con el cambio climático en Latinoamérica y el Caribe.

Patrocinado por *CreateSpace Publishers* y distribuido por *Amazon.com*:
<https://www.amazon.com/System-Rice-Intensification-Responses-Frequently/dp/1515022056> -- además disponible en *Kindle* edition.

Menos costoso inglés edición en blanco y negro disponible de *Amazon.com*:
<https://www.amazon.com/System-Rice-Intensification-Frequently-Questions/dp/1530294878>

PRÓLOGO

En comparación con la década pasada, mucha más gente – al menos diez millones, en su mayoría agricultores - pueden responder ahora a la pregunta “¿qué es el **Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz (SRI)**?”, al menos en términos generales. Sin embargo, es probable que la mayoría no dé respuestas muy detalladas, mientras que muchas otras deseen conocer más sobre esta estrategia, dirigida a aumentar el rendimiento del cultivo del arroz, así como el de otros granos, leguminosas y hortalizas, simplemente cambiando la forma en que estos cultivos son manejados con mínima dependencia de insumos externos.

Asimismo, en la actualidad muchas más personas habrán oído al menos algo acerca del SRI y sus beneficios para los productores, los consumidores y el medio ambiente. Incluso, pueden estar interesadas en una introducción sistemática a esta tecnología, que ha demostrado resultados positivos en más de 50 países alrededor del mundo (<http://sri.cals.cornell.edu/countries/index.html>).

Por lo tanto, este libro está dirigido a ambos grupos de posibles lectores, recopilando en un solo texto gran parte de la experiencia acumulada en el campo y las investigaciones científicas que demuestran que el **SRI** y sus derivados, agrupados bajo la denominación general de **Sistema de Intensificación de Cultivos (SIC)**, representan una oportunidad sin precedentes para que las personas mejoren sus vidas en el siglo XXI.

Dos publicaciones anteriores ya habían reunido tal información, haciendo referencia principalmente a la India (Pandian *et al.* 2011; Thiyagarajan y Gujja 2012). Esta publicación, dirigida a lectores de todo el mundo, complementa dichos libros, pero también puede leerse por separado. Su objetivo es abordar, de manera sencilla y organizada, todos los temas de interés, curiosidades y preocupaciones que las personas puedan tener respecto de este fenómeno, que en la actualidad es ampliamente conocido como “SRI”.

En el siglo XX la denominada “agricultura moderna” resultó muy productiva y relevante, no obstante, en el siglo XXI deberá cambiar considerablemente. Nuestros *recursos hídricos y de tierra cultivable* están disminuyendo en cantidad, calidad y confiabilidad, ciertamente en términos per cápita, pero también de manera absoluta en muchos lugares. Con las complicaciones y exigencias adicionales que supone el *cambio climático* existen aún más razones para repensar y revisar nuestras prácticas agrícolas, incluso aquellas que han sido razonablemente útiles a mucha, sino a toda, la población mundial.

Enfrentamos el triple imperativo de garantizar la *seguridad alimentaria* en todos los hogares en nuestros respectivos países, aumentar la productividad de nuestros cultivos para que las *necesidades de alimentos puedan ser atendidas con menos recursos* y, a la vez, mantener la inocuidad de nuestro suministro de alimentos, así como la potencia y calidad de nuestro medio ambiente.

Sabemos que cumpliendo estos objetivos no se resolverán todos los problemas del mundo; pero también sabemos que, a menos que la necesidad esencial de alimentos para cada quien todos pueda ser satisfecha, el resolver los otros muchos grandes problemas que enfrentamos actualmente se volverá mucho más difícil y seguramente mucho menos probable.

En este prólogo no es necesario ahondar en el tema del SRI, puesto que este libro aborda el tema de manera sistemática, razonable y minuciosa. El libro comienza con una lista de ***preguntas frecuentes*** con respecto a este sistema en las páginas 1 y 2, seguida por ***respuestas resumidas*** de la página 5 a la 23. El resto del libro ofrece ***respuestas más completas*** a cada pregunta, que ofrecen explicaciones más extensas de la página 25 a la 193. Inevitablemente, existirá cierto traslape entre algunas de las respuestas más extensas, puesto que cada una se redactó de manera que pudiese leerse de manera independiente. Sin embargo, el libro en su totalidad ofrece a los lectores una manera eficiente de aprender sobre el SRI. Las respuestas a las preguntas son como cortes transversales en el conjunto creciente de conocimientos y experiencias en torno a este sistema.

Contribuciones de los agricultores y de otros actores

En este prólogo comentaré brevemente dos fotografías que le han dado forma a mi comprensión del SRI. Cada imagen vale más que las proverbiales “mil palabras”, puesto que cada una de ellas transforma este tema en algo vivo y concreto, combinando los aspectos humanos y biológicos de este fenómeno. Este libro contiene muchas fotografías, ya que este sistema es un tema sumamente visual. Las que he tomado y recibido me han instruido sobre el tema casi tanto como los reportes de otras personas y mis propias visitas de campo. En este libro comparto las imágenes más instructivas, tomadas de mis archivos, que constituyen un componente importante de las respuestas a muchas preguntas.

En la siguiente imagen aparece **Mey Som**, del pueblo de Tropaing Raing, ubicado en la provincia de Kandal, Camboya, quien fue el primer agricultor de su país en acceder a utilizar y evaluar los métodos del SRI. Sostiene dos plantas de arroz de una misma variedad: la planta en su mano izquierda fue cultivada utilizando sus prácticas anteriores usuales, mientras que la que está en su mano derecha la cultivó utilizando los nuevos métodos del Sistema.



En 2000 veintiocho productores, entre ellos Mey Som, probaron los nuevos métodos propuestos en sus propias fincas, después de haber aprendido sobre el SRI por medio del Centro para el Estudio y el Desarrollo de la Agricultura (CEDAC) de Camboya, con sede en Phnom Penh. El Dr. Y.S. Koma, director de dicho centro, había probado los métodos en su propia finca el año anterior, antes de recomendarlos. En un lapso de quince años el número de agricultores camboyanos que implementaban los conceptos y los métodos del SRI sobrepasó los 200 000.

Dado que muy pocos de ellos tenían acceso a facilidades para la irrigación, la mayoría de los agricultores desarrollaron versiones sin irrigación del Sistema para la producción de secano. El rendimiento de sus cosechas ha sido, en promedio, de 3.2 t/ha a 3.9 t/ha de arroz con cáscara, es decir, de 25 % a 50 % más alto que el promedio nacional de 2.6 t/ha.

El rendimiento de las cosechas de Mey Som se ha duplicado, incrementándose de 1.75 t/ha a 3.5 t/ha, utilizando una menor cantidad de agroquímicos y a un menor costo de producción. Esto significa que sus ingresos, al igual que los de aquellos otros agricultores que utilizan el SRI, han sobrepasado el valor del grano que producen empleando los métodos alternativos de este sistema.

Como parte de una especie de servicio comunitario, Mey ha visitado decenas de pueblos en su distrito y fuera de él para compartir con otros agricultores sus experiencias con el SRI. Cuando llega a un pueblo, entabla conversaciones con otros productores como él, motivándolos a implementar las ideas y las prácticas del Sistema

en beneficio de sus familias, sus comunidades y su medioambiente, tal y como él lo ha hecho. Consigo siempre lleva plantas contrastantes de arroz, como las que aparecen en la imagen.

Este es un ejemplo de cómo el SRI ha avanzado gracias a la disposición y el esfuerzo de los agricultores. Distintas entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales (ONG) y otras organizaciones han participado en esfuerzos para extender el Sistema; sin embargo, un factor de igual importancia en su difusión ha sido este tipo de iniciativa por parte de los agricultores.

La siguiente imagen dice mucho del SRI. La Dra. Rena Pérez me la envió en 2003, luego de haber iniciado, tres años antes, un voluntariado en Cuba para apoyar la evaluación y la difusión del Sistema en ese país, como promotora de la técnica. Esta imagen me ha ayudado a mí y, posteriormente, a otras miles de personas a entender mejor el fenómeno del SRI, del que oí hablar por primera vez en Madagascar unos diez años antes.

En 2002 Rena convenció a **Luis Romero**, un agricultor cubano de San Antonio de los Baños, de que probara por sí mismo los métodos del SRI. Ella conoció a Luis cuando trabajaba para el Ministerio de Azúcar como consultora de nutrición animal. Él preparó un vivero tradicional y, cuando las plántulas cumplieron nueve días de edad, extrajo algunas y las sembró en una parcela experimental del SRI. En Cuba es común trasplantar las plántulas de cincuenta a 55 días después de la fecha de siembra, mucho más tarde que lo recomendado actualmente.

Cuando Rena visitó a Luis 52 días después de haber realizado la siembra en su vivero, él estaba iniciando el proceso de trasplante al terreno principal. Rena llevaba consigo una cámara, así que tomó una foto para comparar una planta que ya estaba creciendo en un terreno del SRI con una planta típica extraída del vivero de Luis. La planta de la derecha, que había sido trasplantada cuando todavía era una sola plántula de pocos días y había crecido con amplio espacio y en tierra con materia orgánica agregada y aireación, era notablemente más grande y fuerte.



Aunque sea difícil de creer, estas dos plantas de arroz son de la **misma variedad** (VN2084, conocida local-mente como *bollito*) y de la **misma edad**, es decir, 52 días. La

planta de la izquierda, con solo cinco brotes y un sistema radicular escaso, se vio afectada por el exceso de plantas y por las inundaciones, que son comunes en los viveros convencionales.

Su planta “gemela” del SRI, a la derecha, tiene 43 brotes y un sistema radicular grande y saludable, gracias a la estimulación que recibió por medio de un amplio espaciamiento y la aireación del suelo.

El mismo *genotipo* produjo *fenotipos* bastante distintos. Tales diferencias se atribuyeron a las modificaciones que Luis implementó en su gestión de las plantas de arroz.

Durante su primera temporada, Luis, quien aparece en la imagen de la izquierda, logró un rendimiento de 14 t/ha en su parcela del SRI, que presentaba buenas condiciones de cultivo. Durante una temporada posterior, en la que hubo escasez de agua y un atraso en la siembra debido a la llegada tardía de las lluvias, su cosecha fue de solo 4.5 t/ha. No obstante, en ese mismo periodo el rendimiento obtenido por su vecino a través de los métodos convencionales de cultivo fue de solo 3 t/ha.

La fotografía anterior, que muestra las diferencias en los brotes y los sistemas radiculares, rápidamente se volvió icónica para todo el movimiento del SRI. Ha sido reproducida en innumerables ocasiones alrededor del mundo. Tomando en cuenta el hecho de que en la era del Photoshop las personas tienden a sospechar de cualquier fotografía, le envié a Rena una cámara de video digital para que el año siguiente pudiese visitar a Luis cada semana durante la temporada de cultivo y grabar imágenes consecutivas del crecimiento de las plantas. Utilizando la cámara y aprovechando la cooperación de Luis, Rena documentó fotográficamente y con comentarios semanales de Luis, las distintas trayectorias de crecimiento de sus plantas cultivadas utilizando el método SRI, en comparación con plantas de arroz típicas de la misma variedad.

Lo anterior tuvo lugar antes de la llegada de YouTube, que se ha convertido en un medio sumamente útil para difundir el SRI alrededor del mundo. Los videos de Rena fueron publicados en el sitio web del Instituto Internacional Cornell de Alimentación, Agricultura y Desarrollo (CIIFAD), en la página sobre el SRI, y son públicos: el primero, una versión corta de catorce minutos narrada en español, está disponible en <http://sri.cals.cornell.edu/countries/cuba/SICA4web.wmv> (35.2 MB) y el segundo, una versión más larga y completa de 36 minutos, con subtítulos en inglés, se encuentra disponible en <http://cals.cornell.edu/sri/countries/cuba/SICA4web.wmv> (72.6 MB).

El hecho de que estos no sean videos profesionales es en sí algo icónico, ya que refleja la medida en la que distintos voluntarios han asumido la tarea de difundir los conocimientos y las experiencias sobre el SRI. Estos voluntarios han brindado tiempo, energía y recursos personales de manera generosa y efectiva, trabajando fuera de sus disciplinas y profesiones. Sin duda, la mayoría del trabajo relacionado con el Sistema alrededor del mundo se ha realizado gracias a las contribuciones de numerosos actores.

Los principales factores que han permitido que el esfuerzo del SRI avance, aún con pocos profesionales y especialistas involucrados y financiamiento muy modesto, son los

méritos y la productividad de la metodología del Sistema en sí. Sin embargo, los frutos de estos factores se han visto amplificados por la imaginación, la improvisación y el trabajo incesante de decenas, luego cientos y ahora miles de personas de distintas esferas sociales, desde agricultores hasta ministros, incluidos un ministro del Gobierno de Sri Lanka y otro de un culto de Liberia.

La productora que aparece en la portada de este libro, **Miyatty Jannah**, del pueblo de Crawuk en Indonesia, se ha convertido en la cara pública de los agricultores del SRI. Su fotografía apareció en un artículo sobre este sistema en la sección de Ciencias del *New York Times* (Broad 2008) y está también en los paquetes de arroz orgánico del SRI que la empresa Lotus Foods importa desde dicho país, Camboya y Madagascar para su venta en tiendas a lo ancho y largo de los Estados Unidos.

En 2004, cuando Miyatty supo sobre el SRI, invitó a capacitadores del Sistema a su pueblo y ella misma sufragó los gastos de su estadía para que estos brindaran capacitación durante cuatro días. De los veinticinco agricultores que fueron capacitados, solo diez estuvieron dispuestos a probar los métodos. En el inicio hubo mucha resistencia e incluso abuso verbal. En 2008, cuando nos reunimos por primera vez, me contó que: “Al principio, el pueblo entero estaba en contra de nosotros. –¡Qué tontos!– nos decían cuando nos veían trasplantar las diminutas plántulas. –¡No van a lograr nada con eso!”

“Esta situación causó estragos”, recuerda Miyatty. “Fue muy, muy duro. Las personas hablaban mal del SRI”. Tuvo que realizar muchas reuniones con los diez agricultores SRI, para dialogar y lograr continuar con el proceso. “Una pareja de esposos ni siquiera se hablaba; casi se divorcian”.

Luego me dijo: “Pero cuando finalizó la cosecha, muchas personas pasaban y nos decían –Wow, ¿cómo lograron eso con plántulas tan pequeñas?– Todo el mundo estaba sorprendido. Aún con menos agua y menos dinero, logramos entre 40 % a 50 % más arroz con cáscara. Algunas personas de otros pueblos venían y nos preguntaban cómo lo logramos, así que los visitamos para explicarles. Inicialmente hubo mucha tensión y muchos problemas; sin embargo, estos desaparecieron una vez que los agricultores comenzaron a ver resultados”.

Fue gratificante escuchar la perspectiva, para entonces bastante familiar, de Miyatty, a quien el Gobierno de las Islas Salomón invitó en 2010 para que ofreciera una capacitación sobre el SRI a agricultores y funcionarios de extensión en dicha nación. Cuando nos reencontramos en 2011, me mostró una fotografía de su finca orgánica SRI, en la que se comparaba esta con la finca convencional de su vecino (página 18). Los cultivos en ambas fincas habían sufrido los estragos causados por la plaga del saltahojas del arroz y una tormenta tropical. Sin embargo, la cosecha de Miyatty fue de 8 t/ha, mientras que la de su vecino fue prácticamente nula, a pesar de suponer costos más altos de producción.

La Comunidad de Práctica y Conocimiento del SRI

Lo que un grupo diverso y voluntario de colegas de varios países ha compartido es una comprensión de lo que las ideas y los métodos de este sistema pueden hacer para mejorar las vidas de los productores de alimentos, la dieta de los consumidores (es decir, de todos nosotros) y el ambiente natural del que todos dependemos. Esta visión compartida es la que ha motivado tales esfuerzos generalizados alrededor del mundo.

Por lo tanto, dedico este libro a las primeras decenas, posteriormente los cientos y ahora los miles de colegas del SRI que han demostrado una y otra vez la sabiduría de la siguiente observación de Margaret Mead, la reconocida antropóloga estadounidense: “Nunca debe dudarse que un pequeño grupo de ciudadanos conscientes y comprometidos pueda cambiar el mundo. En realidad, son los únicos que lo han logrado”. También lo dedico a los millones de hogares agrícolas que han aprovechado las oportunidades que ofrece el Sistema y lo han convertido en una fuerza para modernizar las prácticas agrícolas del siglo XXI.

El SRI reúne en forma productiva los campos de la biología y la sociología, además de los de la economía, las ciencias políticas y muchas otras disciplinas. Asimismo, conecta el ámbito de las relaciones materiales, por un lado, con el del compromiso mental y moral, por el otro.

La historia del SRI, prácticamente una saga, aún no ha concluido; de hecho, está lejos de estar terminada. Hace 30 años en Madagascar sus elementos fueron reunidos primero por Fr. Henri de Laulanié y fue hace dos decenios que supe por primera vez sobre este sistema a través de sus compañeros malgaches en la organización no gubernamental que juntos fundaron: la *Asociación Tefy Saina* (ATS). Ha pasado solo una década y media desde que recién me sentí a gusto con la conclusión de que el SRI “era real” y empecé a intercambiar el conocimiento del SRI lo más ampliamente posible, a fin de estimular su prueba y evaluación en otros países.

El SRI comenzó a propagarse de manera formal en Asia, África y América Latina hace una docena de años, luego de una conferencia internacional en China en el año 2002. Las memorias están disponibles en: <http://sri.cals.cornell.edu/proc1/index.html>. En la siguiente página aparece una fotografía de los participantes en dicho evento, de carácter verdaderamente internacional, ya que congregó a personas de todo el mundo. La acumulación de conocimientos sobre este sistema y su aplicación se ha acelerado desde entonces, año tras año.

La mejor forma de describir este libro es como un informe preliminar acerca del SRI, que recopila lo que he aprendido de él hasta ahora mediante el trabajo conjunto con mis colegas en muchos países. No se trata de un documento de carácter científico, aunque sí incluye referencias a hallazgos de amplias investigaciones que respaldan la información (páginas 195-208). Su objetivo es brindar información a una amplia variedad

de interesados. Las referencias que contiene proporcionan la bibliografía más inclusiva disponible sobre el SRI. Ciertamente, esta base de conocimiento y su aplicación seguirán extendiéndose considerablemente en los próximos años.

Al leer este libro, recuerde que el SRI no es una **tecnología**, sino una serie de **ideas**. Las cuales, con apropiadas modificaciones y adaptaciones, pueden ayudar a los productores en América Latina y el Caribe, de igual manera que ya han ayudado a unos 20 millones de productores en Asia y África. Como se puede ver en este libro, algunos productores de América Latina y del Caribe han empezado a adaptar y a usar las ideas del SRI, sin embargo, quedan aun muchas oportunidades agroecológicas por aprovechar.

Norman Uphoff
Ithaca, Nueva York



Participantes en la primera y, hasta el momento, la única conferencia internacional sobre el SRI, celebrada en Sanya, China, del 1.º al 4 de abril de 2002. Este evento fue organizado por el CIIFAD, auspiciado por el Centro Nacional de Investigación y Desarrollo del Arroz Híbrido de China (CNHRRDC) y copatrocinado por la ATS y el Instituto Nacional de Investigación sobre el Arroz de China (CNRRI), con apoyo para los viajes proporcionado por la Fundación Rockefeller y el Banco Mundial.

Participaron cincuenta personas provenientes de quince países, así como científicos chinos especializados en el cultivo del arroz, invitados por el anfitrión, el profesor Yuan Long-ping, quien en la fotografía anterior aparece en la primera fila, junto con Sebastien Rafaralahy, el presidente de la ATS a su izquierda y el autor de este libro a su derecha. El doctor Shihua Cheng, director general del CNRRI y copatrocinador de la conferencia, es la cuarta persona de derecha a izquierda en la primera fila. Rena Pérez (Cuba) y Y.S. Koma (Camboya), que se mencionan en el prólogo como protagonistas del inicio del SRI, aparecen en la segunda fila: la tercera persona desde la izquierda y la quinta desde la derecha, respectivamente.



Agricultores ecuatorianos, quienes participaron en una prueba comparativa organizada por la ONG Fundación para el Desarrollo Agrícola del Ecuador (FUNDEC) en 2010, muestran la diferencia entre cosechas.



*En la provincia de Guanacaste, **Costa Rica**, donde la mano de obra agrícola es relativamente escasa y costosa, Óscar Montero adaptó un trasplantador mecánico japonés (Yanmar A400) para trasplantar plántulas jóvenes de manera individual y con un espaciado amplio, creando así una versión del SRI altamente mecanizada. La plantación que se observa en la imagen, donde se combinaron varios métodos de cosecha, produjo un rendimiento de 8 t/ha sin el uso de fertilizantes químicos, es decir, casi dos veces el rendimiento anterior de 4.2 t/ha.*

<http://sri.cals.cornell.edu/countries/costarica/EIPedegralSp.html>



En República Dominicana, el agricultor Fabio Diasa cuenta el número de brotes (66) de una de sus plantas de arroz SRI. El rendimiento que obtuvo en una parcela de ensayo de 0.44 ha fue de 10.4 t/ha. Este y muchos otros ensayos fueron impulsados por Manuel Sánchez, representante del IICA en Santo Domingo.



Unos jóvenes agricultores en Haití elaboran un marcador (rayonneur) de madera para poder marcar sus terrenos y trasplantar las plántulas SRI con un espaciado de 25 cm x 25 cm.

PREGUNTAS FRECUENTES SOBRE EL SRI



*Joven agricultora capacitada por la Fundación Verde de Karnataka, estado de la **India**, cargando en una canasta plántulas cultivadas mediante el SRI, listas para su trasplante.*

Las siguientes preguntas abarcan los temas de interés y preocupación que más a menudo son expresadas con respecto al SRI. De la página 5 a la 23 se encuentran respuestas cortas a cada pregunta y, posteriormente, se proporciona información más detallada en las respuestas más largas.

1. **¿Qué es el SRI?** (5-6, 25-30)
 - 1.1. **¿Cuáles son sus prácticas clave?** (6-7, 30-41)
 - 1.2. **¿Por qué el SRI no es considerado una nueva tecnología?** (7, 41-42)
2. **¿Cuál es el origen del SRI?** (7-8, 43-46)
 - 2.1. **¿Cómo se ha extendido el SRI alrededor del mundo?** (8, 46-51)
 - 2.2. **¿Su extensión requiere condiciones políticas favorables, entre otras?** (9, 51-55)
3. **¿Cómo el SRI puede beneficiar a hogares con recursos limitados?** (9-10, 56-60)
 - 3.1. **¿Puede el SRI favorecer también a los grandes productores?** (10, 60-62)
 - 3.2. **¿Cuáles son los efectos del SRI en el bienestar de la mano de obra y los hogares?** (10, 62-64)
4. **¿Cómo el SRI puede beneficiar el medioambiente?** (11, 65-69)
 - 4.1. **¿Cuál impacto puede tener el SRI en las emisiones de gases de efecto invernadero?** (11, 69-73)

2 Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz (SRI)

- 4.2. ¿El SRI tiene algo que ver con los **cultivos genéticamente modificados**? (11-12, 73-74)
5. ¿Puede el SRI funcionar mejor que las denominadas “**mejores prácticas de gestión**” (**MPG**)? (12, 75-78)
 - 5.1. ¿Por qué se presenta tanta **variabilidad** en los rendimientos del SRI?(12, 79-83)
 - 5.2. ¿Los **superrendimientos** reportados con la aplicación de las prácticas del SRI son creíbles? (12, 83-89)
6. ¿**Cuáles son los requisitos** para aplicar el SRI? (13, 90-95)
 - 6.1. ¿Es verdad que el SRI requiere **más mano de obra**? (13, 95-97)
 - 6.2. ¿Las prácticas del SRI pueden ser aplicadas **sin irrigación**? (14, 98-100)
 - 6.3. ¿Los agricultores deben emplear **variedades de arroz nuevas o especiales** con el SRI? (14, 101-105)
 - 6.4. ¿El SRI constituye un **sistema de producción orgánica**? (14 105-108)
7. ¿**Cuáles limitaciones** existen para utilizar los métodos del SRI? (14-15, 109-112)
 - 7.1. ¿En dónde sería **improbable** que los métodos del SRI **resulten exitosos**? (15, 113-120)
 - 7.2. ¿**Todos los métodos del SRI** deben ser usados de manera total y precisa? (16, 120-124)
 - 7.3. ¿Surgen problemas significativos como resultado del **desistimiento** del SRI? (16, 124-130)
8. ¿**Por qué deben ser cambiadas** las actuales prácticas de cultivo de arroz? (16-17, 131-141)
9. ¿Cuáles son los **principales beneficios económicos, sociales y de otra índole** del SRI? (17-18, 142-153)
 - 9.1 ¿Cuáles son las **implicaciones de género** del uso del SRI? (18-19, 153-156)
10. ¿Los conceptos y las prácticas del SRI pueden ser aplicados a **otros cultivos**? (19, 157-163)
11. ¿Cuál es la importancia de los **filocronos** para el desempeño del SRI? (20, 164-173)
12. ¿Cómo el SRI ha sido **difundido entre los países y dentro de ellos**? (21-22, 174-183)
13. ¿Cuál ha sido la **respuesta de los científicos y los formuladores de políticas**? (22-23, 184-188)
14. En su opinión, ¿cuál es la **dirección del SRI en el futuro**? (23, 189-194)

Referencias (195-208)

Créditos de las imágenes (209-211)

Índices (213-219)

Países mencionados (213-214)

Personas mencionadas (215-216)

Organizaciones mencionadas (217-219)



*Mathilde Nibigira y Isidonie Hiboniyo, agricultoras activistas del SRI en **Burundi**, quienes han difundido el Sistema en sus comunidades, tal como aparecen en un video sobre el movimiento de las ideas y las prácticas del SRI desde Madagascar hasta Ruanda y Burundi, producido por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA) a través de Flooded Cellar Productions, Sussex, Reino Unido: <http://www.ifad.org/english/sri/documents.htm>*

4 Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz (SRI)



*Parcelas de prueba en la Estación de Investigación sobre el Arroz Al-Mishkhab, ubicada cerca de Najaf, en el sur de **Iraq**, en las que se evalúan diferentes variedades en términos de su respuesta a los métodos de gestión del SRI. Las plantas de arroz del lado izquierdo de cada par de parcelas fueron cultivadas con métodos del SRI: plántulas, amplio espaciamiento, etc.; sin embargo, las diferencias en el control del agua (alternancia humectación/secado, AWD) no pudieron ser mantenidas íntegramente. En cada par de parcelas las plantas de la derecha pertenecen a la misma variedad cultivada con los métodos de gestión en estaciones recomendados.*

RESPUESTAS CORTAS



*Moghanraj Yadhav, un joven agricultor en **India**, cuenta los granos de las panojas de arroz de su campo cultivado mediante el SRI, ubicado cerca de Nagipattinam, en el estado de Tamil Nadu. Posteriormente estableció VAANGAI, una ONG local que difunde los métodos de este sistema y otras prácticas agroecológicas.*

1. ¿Qué es el SRI?

El Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz, conocido ampliamente como SRI, por sus siglas en inglés,¹ constituye una **estrategia de manejo para el mejoramiento de los cultivos** (Stoop et al. 2002). Se trata de un conjunto de ideas y percepciones dirigidas a modificar de manera provechosa las prácticas agronómicas con base en conocimientos validados, a fin de aumentar la producción de arroz irrigado y, actualmente, de muchos otros cultivos.

El SRI no requiere o depende del uso de variedades mejoradas o nuevas, de fertilizantes sintéticos ni de la protección de los cultivos mediante agroquímicos para obtener rendimientos más altos. Estos insumos pueden ser utilizados junto con las prácticas agronómicas del SRI; sin embargo, no son necesarios para mejorar la productividad ni el vigor de los cultivos.

El SRI reduce las necesidades de los agricultores en términos de semillas y de agua y, a menudo, incluso de mano de obra, por lo que el SRI proporciona más rendimientos a partir de los recursos disponibles de tierra, mano de obra y capital por lo que puede aumentar los ingresos y beneficiar al medio ambiente.

¹ En español, también se conoce como SICA, pero para evitar confusión con el Sistema de Integración Centroamericana, se usa las siglas en inglés, SRI (*System of Rice Intensification*).

Las plantas obtenidas a través de este sistema resultan menos afectadas por el estrés hídrico, los daños causados por las tormentas, las plagas y las enfermedades, ya que presentan una resiliencia que es cada vez más necesaria ante los *crecientes riesgos del cambio climático*, capacidad que probablemente adquiera más importancia en el futuro. No obstante, lograr la aceptación y el uso del SRI no es una tarea fácil, dado que algunos de sus métodos pueden ir contra el sentido común, como por ejemplo la obtención de mayores rendimientos con un número reducido de plantas.

1.1 ¿Cuáles son sus prácticas clave?

El SRI se basa en ciertos *principios* que justifican la aplicación de prácticas particulares que se espera sean adaptadas empíricamente a las condiciones locales. Mientras que el SRI es explicado de manera más clara y concreta en términos de *ciertos cambios recomendados que alteran las prácticas comunes de cultivo del arroz*, son los *principios* en que se fundamentan estas prácticas los que siempre se deben tener presentes, ya que el SRI es mucho más que solo un conjunto de prácticas recomendadas. Estas prácticas son muy concretas y se presentan a continuación en forma resumida.

A fin de obtener los mejores resultados, cuando cultive arroz irrigado es necesario:

- **Trasplantar las plántulas** preferentemente de **ocho a doce días después de la germinación** y, por regla general, de **menos de quince días**. Estas pequeñas plantas deben ser cultivadas en un *vivero no inundado* y ser *extraídas cuidadosamente*, causando un daño mínimo a sus raíces, para luego trasplantarlas en la parcela principal *de manera cuidadosa, rápida y superficial* (de 1 a 2 cm).
- **Dejar un espacio más amplio entre las plantas**, colocando las plántulas *individualmente*, es decir, una en lugar de tres a seis por punto de trasplante, y en *espacios en forma de cuadrícula*, que suelen ser de 25 x 25 cm mínimo. Las densidades de plantación en el campo son reducidas de 70 a 90 %. Esto brinda a las raíces y al follaje de las plantas más espacio para crecer y extenderse, adquiriendo más nutrientes y luz solar.
- **Mantener el suelo húmedo, en lugar de continuamente inundado, intermitentemente húmedo y seco**, de modo que el suelo esté mayormente aeróbico y nunca hipóxico durante la fase vegetativa del cultivo. Un buen drenaje del suelo puede resultar tan importante como la provisión de agua de riego. La carencia de oxígeno en el suelo asfixia las raíces y los organismos aeróbicos del suelo que pueden brindar muchos servicios benéficos a las plantas.
- **Controlar las malezas mediante el uso frecuente de una desyerbadora mecánica**, a fin de airear el suelo brindando múltiples beneficios al suelo y cultivo comparado con el deshierbado a mano o el uso de herbicidas. La aireación del suelo puede mejorar los rendimientos de los arrozales de una o dos toneladas por hectárea.

- **Aumentar la materia orgánica del suelo tanto como sea posible**, agregando composta u otra biomasa, con el fin de mejorar su estructura y funcionamiento, proporcionar a las plantas una nutrición más completa y equilibrada.



*El SRI inicia con plántulas que son trasplantadas individual y separadamente en espacios en forma de cuadrícula en el suelo, que se encuentra húmedo pero no inundado, como se muestra en esta fotografía de un campo ubicado en **Indonesia** oriental.*

1.2 ¿Por qué el SRI no se considera como una nueva tecnología?

A diferencia de la mayoría de las tecnologías agrícolas utilizadas en la actualidad, *el SRI no se fundamenta en insumos materiales*, ya que supone *principalmente cambios en la mentalidad y una nueva filosofía de pensamiento*. Además, constituye un *trabajo en progreso* y en continua evolución. La promoción de una tecnología hace que la innovación parezca estática, dado que los agricultores se convierten en *adoptantes*, en lugar de *adaptadores*. El SRI pone énfasis en la *adaptación y el mejoramiento continuo* del sistema productivo por parte de los agricultores y otras personas involucradas.

2. ¿Cuál es el origen del SRI?

El SRI fue desarrollado en Madagascar por el **padre Henri de Laulanié, S.J.**, un distinguido sacerdote/agrónomo francés quien trabajó 34 años (de 1961 a 1995) con agricultores en dicho país para ayudarlos a mejorar la productividad de su cultivo de arroz y su nivel de vida, sin tener que depender de la compra de insumos. En la temporada principal de 1983-84, hace aproximadamente 30 años, la mayor parte de sus prácticas fueron formuladas y resumidas en un sistema.

En 1990, con los amigos malgaches, Laulanié estableció la **Asociación Tefy Saina (ATS)**, una ONG local que desde entonces ha promovido los conocimientos del SRI y los ha utilizado como parte de una estrategia integral de desarrollo rural (Laulanié 2003). Al

principio el avance logrado con la difusión del SRI fue muy lento, por ir en contra de las firmes creencias impuestas tradicionalmente al pueblo malgache con el fin de “conservar las costumbres de sus antepasados”. La adopción de las prácticas del SRI constituye una alteración pública y bastante visible de dichas creencias, que expone al adoptador a la ira de sus antepasados. A pesar de ello, su uso se ha extendido en el país y se está acelerando.



Niños malgaches de pie frente a un campo cultivado mediante el SRI en Madagascar.

2.1 ¿Cómo se ha extendido el SRI alrededor del mundo?

En 1994 la ATS y CIIFAD, el Instituto Internacional Cornell de Alimentación, Agricultura y Desarrollo, empezaron a trabajar conjuntamente en un proyecto financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), dirigido a conservar los ecosistemas del bosque lluvioso del Parque Ranomafana. Con la metodología del SRI los productores de arroz ubicados alrededor del Parque, cuyos rendimientos se aproximaban a las 2 t/ha, obtuvieron rendimientos en promedio de 8 t/ha e incluso más altos, logro obtenido con *las mismas variedades en los mismos suelos pobres, utilizando una menor cantidad de agua y sin requerir fertilizantes químicos ni otros insumos*, dependiendo en su lugar de compost para mejorar la fertilidad del suelo y suplir los requerimientos nutricionales del cultivo.

Luego de tres años de la obtención de tales resultados, el CIIFAD procuró que científicos y productores de arroz de otros países probaran la metodología del SRI; sin embargo, tomó dos años lograrlo. La mayor productividad alcanzable mediante las prácticas de gestión del SRI fue validada por vez primera fuera de Madagascar, en China e Indonesia en el periodo 1999-2000. Posteriormente, resultados similares fueron reportados desde Camboya, Filipinas, Cuba, Sri Lanka, India, Birmania, Gambia, Sierra Leona y otros países. En 2002 los métodos ya habían sido validados en quince países y, en la actualidad, en 58.

2.2 ¿Su extensión requiere condiciones políticas favorables, entre otras?

La introducción de los conocimientos y la metodología del SRI puede desarrollarse mejor en un entorno político y social propicio; no obstante, como el SRI depende de los conocimientos y las capacidades en vez de la adquisición de insumos, el SRI ha sido puesto en marcha en condiciones de conflictos armados, como en Afganistán, Indonesia, Iraq, Mali, Nepal, Birmania y Sri Lanka, y en situaciones posconflicto, tales como las de Sierra Leona y Timor Oriental.



*Técnico de la Fundación Aga Khan realizando una visita sobre el terreno, protegido por agricultores, en la provincia de Baghlan, ubicada en el nordeste de **Afganistán**, donde las fuerzas talibanas se oponían a este y otros programas de desarrollo.*

3. ¿Cómo puede el SRI beneficiar a hogares con recursos limitados?

Los hogares pobres suelen tener un acceso muy limitado a la tierra, por lo que aumentar su *rendimiento/ha* es de suma importancia. Al contar con mayor mano de obra familiar, la intensidad inicial del trabajo no presenta un gran problema como si lo es para los agricultores de mayor escala. No obstante, los hogares muy pobres con una vida precaria pueden tener dificultades para adoptar el SRI (Moser y Barrett 2003).



*Agricultor Raju en **India**, quien aprendió los métodos del SRI a través de la Fundación AME, establecida en el estado de Karnataka, mostrando al autor la diferencia que ha observado entre los sistemas de raíces de una planta cultivada mediante el SRI, a la izquierda, y una planta de arroz cultivada de manera convencional, a la derecha.*

Como se plantea más adelante, muchos agricultores se dan cuenta de que este sistema ahorra o puede **ahorrar mano de obra**, lo que es positivo para la mayoría de ellos, aunque puede disminuir las oportunidades de empleo de quienes dependen de un trabajo asalariado para obtener su ingreso familiar. Dos de los beneficios más significativos que los hogares pobres obtendrán con un uso más extenso del SRI son: 1) precios más bajos del arroz, ya que se dispone de un suministro más abundante del grano y, 2) una provisión de alimentos básicos que no se reduce considerablemente en temporadas de malas cosechas.

3.1 ¿El SRI puede favorecer también a los grandes productores?

Sí, ya que aprovecha los procesos y los potenciales biológicos ya disponibles en los genomas del arroz, además de las interacciones planta-suelo- microorganismos. Por consiguiente, su aplicación es **neutral en términos de escala** y sus beneficios están disponibles para los productores que realicen adaptaciones apropiadas en sus prácticas que satisfagan sus propias condiciones. Algunos esfuerzos dirigidos a **mecanizar** varias operaciones de la práctica del SRI ya están en marcha (Sharif 2011).

Esperamos que estas ideas sean utilizadas pronto a todas las escalas, tal como se están aplicando en una amplia variedad de agroecosistemas. Por otro lado, el manejo racional del recurso hídrico les facilita continuar producción en condiciones limitantes de riego, permitiéndoles adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del clima. **Los efectos del SRI en la mano de obra y los hogares de diferentes clases** son diversos, por lo que es mejor abordarlos no en una respuesta breve, sino mediante una explicación más detallada.

4. ¿Cómo puede el SRI beneficiar el medio ambiente?

El SRI libera la presión que ejerce la agricultura sobre los recursos hídricos de los ecosistemas al disminuir el requerimiento hídrico de los cultivos de arroz irrigado. Además, el aumento de los rendimientos del cultivo reduce la necesidad de expandir el área cultivada en detrimento de las áreas naturales. Al reducir o eliminar la dependencia de los agricultores en los fertilizantes químicos y los agroquímicos, la salud del suelo y la calidad del agua pueden ser mejoradas. Revertir la acumulación de nitrógeno reactivo (N) en nuestros suelos y fuentes de agua mejorará la sostenibilidad del medioambiente.

4.1 ¿Cuál es el impacto que puede tener el SRI en las emisiones de gases de efecto invernadero?

El SRI evita la inundación continua de los arrozales, por lo que es de común acuerdo que esto reducirá significativamente la emisión de metano (CH₄) de los campos de arroz, que constituye del 5 al 19 % del total global (Rajkishore et al. 2015). Por otra parte, de acuerdo con el pensamiento actual, cuando no hay inundación las emisiones de óxido nitroso (N₂O), un gas de efecto invernadero más potente, aumentan. No obstante, cuando el suelo es fertilizado con materiales orgánicos, en lugar de fertilizantes nitrogenados, se disminuye el exceso de N disponible para que los microorganismos lo conviertan en N₂O.

De acuerdo con evaluaciones llevadas a cabo en Nepal, India, Indonesia, Vietnam y Corea, el manejo SRI no produjo un aumento significativo de N₂O que compense las reducciones esperadas y medidas en las emisiones de CH₄; en ocasiones hasta lo redujo. Estos estudios deben continuar y ser repetidos. No han sido pocas las evaluaciones realizadas hasta el momento sobre los impactos del SRI en la huella de carbono de la producción de arroz, pero con la producción, el transporte y el uso de fertilizantes inorgánicos en menor escala, la emisión de CO₂ asociada al cultivo de arroz debería ser considerablemente menor.

4.2 ¿El SRI tiene algo que ver con los cultivos genéticamente modificados?

Los logros obtenidos mediante las modificaciones realizadas en el manejo de los cultivos no se derivan de ningún rasgo o potencial genéticos en particular; sin embargo, resulta claro que *algunos genotipos presentan un mejor desempeño que otros* en el manejo SRI. Los genes constituyen factores esenciales en la productividad del cultivo, pero no son determinantes, mientras que el entorno de cultivo sí puede ejercer tanta o mayor influencia en ella.

El desempeño de las variedades genéticamente modificadas probablemente mejoraría si estas fueran cultivadas adaptando la metodología del SRI. El mejoramiento en los rendimientos y otros beneficios del sistema han resultado mayores que los obtenidos a través de la alteración de los potenciales genéticos de las plantas de arroz mediante técnicas de modificación genética. En todo caso, los beneficios del SRI se encuentran

disponibles sin necesidad de llevar a cabo ninguna investigación adicional, suponen un costo reducido y no plantean problemas medioambientales evidentes. Además, las oportunidades que brinda actualmente el SRI vuelven menos urgente el desarrollo y el uso de organismos genéticamente modificados de lo que suele decirse que es necesario para satisfacer las necesidades alimentarias del mundo.

5. ¿Puede el SRI funcionar mejor que las denominadas “buenas prácticas agrícolas” (BPA)?

Sí. Algunas personas han sostenido que el SRI solo puede mejorar las prácticas “tradicionales”, pero no las “buenas prácticas agrícolas” que los científicos especializados en el tema proponen. De acuerdo con un meta-análisis de evaluaciones comparativas realizadas por investigadores chinos, una ventaja de rendimiento de 20 % sobre las BPA fue generada no del uso completo de los métodos del SRI, sino solamente de un “buen” uso de ellos (Wu y Uphoff 2015). La idea de que este sistema no ofrece “nada nuevo” ya no es defendible, ya que cada vez se le comprende mejor como una BPA.

5.1 ¿Por qué se presenta tanta variabilidad en los rendimientos del SRI?

Mediante la aplicación de las prácticas básicas del SRI, se pueden esperar rendimientos de 6 a 8 t/ha, es decir, de 50 a 100 % por encima del promedio mundial. Sin embargo, en ocasiones se presentan rendimientos de 10, 15 e incluso 20 t/ha, muy superiores a lo que algunos científicos consideran un “máximo biológico”. Debido a que los aumentos en los rendimientos del SRI no provienen de cierto juego de genes o de la aplicación de insumos externos, los resultados no son fijos ni proporcionales. Sus prácticas influyen en los organismos benéficos del suelo (Anas *et al.* 2011) y pueden variar órdenes de magnitud, por lo que esperamos que haya variabilidad en sus resultados.

5.2 ¿Los súper rendimientos reportados con la aplicación de las prácticas del SRI son creíbles?

El SRI ha sido calificado como no digno de consideración o de evaluación (Sinclair 2004), debido a que los altos rendimientos reportados ocasionalmente como resultado de su aplicación se encuentran más allá de lo que los científicos han sido capaces de producir en sus ensayos en estaciones experimentales. Se pasaron por alto los efectos que sus prácticas agrícolas y de los insumos agroquímicos habrán tenido en la biota del suelo y se desvió la atención de los grandes incrementos promedio. En realidad, los súper rendimientos reportados han demostrado el potencial de los genomas del arroz si se dan las condiciones óptimas de cultivo, pero siempre mostramos más interés en los aumentos en los rendimientos promedio que en los valores atípicos, ya que son los promedios los que alimentan a las personas y mejoran su vida. No obstante, tengo confianza en los altos rendimientos reportados, que son medidos con métodos estándar.

6. ¿Cuáles son los requisitos para aplicar el SRI?

Como ya se indicó, el SRI no requiere cambiar las variedades del arroz o adquirir fertilizantes o agroquímicos; lo que sí necesita es un **control del agua** suficiente para que *cantidades más pequeñas* puedan ser proporcionadas *de manera fiable* durante la etapa vegetativa de cultivo. Además, debe haber **suficiente mano de obra motivada** para llevar a cabo un buen manejo de los cultivos y **acceso a la biomasa**, empezando por paja de arroz para elaborar abono orgánico (tipo compost), o un mantillo o cobertura tipo “mulch” para mantener la materia orgánica del suelo. Se pueden utilizar fertilizantes si no se cuenta con suficiente biomasa para elaborar el compost.

Aunque las plantas producidas mediante el SRI suelen ser más resistentes a las plagas y las enfermedades, es posible que se deban tomar algunas medidas de **protección de los cultivos**, de preferencia de manejo integrado de plagas (MIP) o la aplicación de pesticidas orgánicos. El acceso a **herramientas de escarda** que airean el suelo, a la vez que controlan las malezas, mejorará el rendimiento de los cultivos; sin embargo, no son totalmente necesarias. En este sentido, el requisito más importante es **la motivación y la aptitud** para llevar a cabo un **cuidadoso manejo de los cultivos**, dado que *el SRI constituye una innovación mental más que una material*.

6.1 ¿Es verdad que el SRI requiere más mano de obra?

No necesariamente. Se requiere más tiempo para completar las operaciones mientras las nuevas prácticas agrícolas son aprendidas, por lo que a menudo se considera que la aplicación del SRI supone más mano de obra. No obstante, a medida que se adquiere confianza y experiencia, la necesidad de mano de obra/ha tiende a reducirse. La longitud y el ángulo de inclinación de la curva de aprendizaje varían. En países donde los productores de arroz están acostumbrados a realizar adaptaciones en las prácticas, tales como la India y China, o donde la producción de arroz ya exige relativamente una gran cantidad de mano de obra, los agricultores reportan *reducciones* en el número de días de mano de obra/ha requerido para utilizar el SRI desde la primera temporada de producción.



Utilizando una simple desyerbadora mecánica como esta se logra airear el suelo, a la vez que las malezas son desenraizadas y incorporadas al suelo donde se descomponen. Ya que puede incrementar los rendimientos en una o más t/ha, este tipo de limpieza de malezas se convierte en un beneficio para los agricultores, en lugar de representar solo un costo.

6.2 ¿Las prácticas del SRI se pueden aplicar sin irrigación?

Sí. Aunque el SRI fue desarrollado para mejorar la producción de arroz irrigado, las ONG y los productores también han adaptado estos métodos a los cultivos de montaña o de secano en el sur de Filipinas, el norte de Birmania, el este de la India y el sur de Mali. En algunos lugares los rendimientos de los cultivos de secano del sistema alcanzan las 7 t/ha. Desde luego, el manejo del agua, la periodicidad y el espaciado deben ser ajustados, pero los conceptos y los métodos del SRI son adaptables a la producción de arroz sin irrigación.

6.3 ¿Los agricultores deben emplear variedades de arroz nuevas o especiales con el SRI?

No. Se ha demostrado que los métodos del SRI aumentan los rendimientos de prácticamente todas las variedades de arroz –de alto rendimiento o tradicionales, mejoradas o no, híbridas o autóctonas. Algunas variedades responden mejor que otras a las modificaciones realizadas con el manejo de cultivos con SRI. Aunque los mejores resultados se han obtenido con las variedades de alto rendimiento o las híbridas, la mayoría de las variedades locales también funcionan bien con dicho manejo.

6.4 ¿El SRI constituye un sistema de producción orgánica?

No necesariamente. El SRI fue desarrollado inicialmente con fertilizante químico; sin embargo, cuando los subsidios para fertilizantes fueron retirados y los agricultores pobres ya no podían costearlo, Fr. Laulanié cambió de idea y recomendó el uso de abono orgánico. Ensayos factoriales demostraron que la fertilización orgánica empleada con las otras prácticas del SRI puede funcionar mejor que el uso de fertilizante inorgánico (Uphoff y Randriamiharisoa 2002).

No obstante, los rendimientos más altos suelen resultar de una combinación que mejora *ambas fuentes* de nutrientes para el suelo, denominada *manejo integrada de nutrientes* (MIN). Los agricultores pueden decidir si cultivan su arroz orgánicamente o no, dependiendo de la disponibilidad de mano de obra y de las relaciones de costos, cómo por ejemplo, los costos prevaecientes de los fertilizantes y el precio de mercado del arroz orgánico. El SRI tiene como objetivo ampliar la variedad de opciones de los agricultores, en lugar de imponer ciertas prácticas.

7. ¿Cuáles son las limitaciones existentes para utilizar los métodos del SRI?

No se dispone de **suficiente agua ni de un control adecuado de ella** para mantener la humedad pero por las condiciones aeróbicas del suelo, no se obtendrán los mejores resultados del SRI, aunque dicho control no tiene que ser perfecto. **Insuficiente disponibilidad y calidad de mano de obra** también representa una limitación. Ciertas

plagas de los cultivos pueden restringir la utilidad del SRI; por ejemplo, los rendimientos se ven reducidos si los nematodos que se alimentan de las raíces son endémicos y se desarrollan en suelos no inundados.

Las **temperaturas** deben mantenerse dentro de un rango apropiado para el cultivo de arroz. Parte de la metodología del SRI consiste en realizar ajustes adecuados en las prácticas para resolver limitaciones, como elaborar camas elevadas en los arrozales donde el control del agua es reducido o modificar los ciclos de riego para hacer frente a los nematodos y eliminarlos.

7.1 ¿En dónde sería improbable que los métodos del SRI resulten exitosos?

Donde las **temperaturas** son demasiado bajas para cultivar arroz (o excesivamente altas), el SRI no es ejecutable; no obstante, una vez establecidas, las plantas cultivadas a través de él presentan una tolerancia mayor al frío y al calor que las plantas producidas convencionalmente, ya que los sistemas de raíces resultantes por las prácticas del SRI son más vigorosas.

Se debe disponer de forma confiable de un **mínimo de agua** y con un **control suficiente del agua** para prevenir que quede estancada y la inundación de las plantas asfixie las raíces. El arroz puede *sobrevivir* en condiciones de inundación, pero no *prospera*. A menudo se han obtenido mejores resultados en **suelos ácidos o neutros** que en los alcalinos; sin embargo, de acuerdo con un meta-análisis, los métodos del SRI aumentan la producción en todo el rango de pH del suelo (Jagannath et al. 2013). Los **suelos salinos** resultan problemáticos en todos los cultivos de arroz, pero el abono orgánico suele neutralizar los efectos de la salinidad.

Donde se presentan significativas **restricciones de mano de obra**, de modo que los agricultores no son capaces de invertir suficiente tiempo (mano de obra familiar o contratada) en el proceso de aprendizaje para dominar los métodos del SRI, estos difícilmente tendrán éxito.

Alcanzar el éxito es muy difícil cuando los agricultores o los científicos, el personal de extensión y los administradores que trabajan con ellos tienen una **actitud negativa** hacia la aplicación de nuevos métodos o prácticas. Dado que el SRI constituye una innovación mental, más que material, su adopción requiere mentes abiertas y buena disposición para experimentar con nuevas ideas y evaluarlas.

Un promedio de rendimientos del SRI de 9 t/ha es reportado desde las zonas frías y elevadas del noreste de Afganistán y en el borde del desierto del Sahara, en la región de Tombuctú, Mali. Por consiguiente, los métodos de este sistema son adaptables a una amplia gama de entornos de cultivo, aunque no a todas las circunstancias.

7.2 ¿Se deben usar todos los métodos del SRI de manera total y precisa?

Los mejores resultados son obtenidos aplicando todas las prácticas a la vez, lo más estrechamente posible a lo que estas recomiendan. Estas prácticas recomendadas representan un “tipo ideal” de SRI; cuanto más precisa es la manera en que son adoptadas, mejor. Cada una de ellas hace una contribución al mejoramiento del entorno de cultivo de las plantas de arroz.

Si realmente se utilizan plantas jóvenes, debe haber un control suficiente del agua, de modo que estas no queden sumergidas ni se asfixien. Este sistema debe ser comprendido y practicado como una cuestión de grados –que le proporciona en forma acumulativa a las plantas las mejores condiciones de crecimiento posibles en las circunstancias en las que se encuentre el agricultor.

7.3 ¿Existen problemas significativos con el abandono de la metodología SRI?

En un artículo escrito en 2003 por Moser y Barrett se identificó el abandono, la renuncia, o el desentendimiento de la metodología entre hogares muy pobres de Madagascar como una limitante para la difusión del SRI. Algunos de ellos dependían tanto de los ingresos inmediatos que no fueron capaces de invertir más mano de obra en el SRI, aunque sabían que este podría brindarles más rendimientos al final de la temporada. No obstante, esta limitación se deriva más de los mercados de crédito usureros de las zonas rurales de Madagascar que intrínsecamente del SRI.

Se ha reportado el abandono en ciertos estados de la India, donde el agua de riego o la lluvia no son lo suficientemente fiables para correr el riesgo de iniciar un cultivo con plántulas. En el sudeste de Asia, los caracoles han sido un impedimento para continuar con las prácticas del SRI; sin embargo, algunos productores han hallado soluciones de gestión del agua para controlar esta plaga, mientras que otros no han tenido éxito. En la mayoría de los casos en los que datos sobre el abandono han sido reunidos sistemáticamente ello ha representado como máximo un pequeño porcentaje, a menudo atribuible a factores fuera del control del agricultor.

8. ¿Por qué deben ser cambiadas las actuales prácticas de cultivo de arroz?

Existen buenas justificaciones agronómicas para la aplicación de cada práctica recomendada del SRI. Los agricultores deben aprender y entender los principios que justifican las prácticas, en lugar de solo conocerlas; por ejemplo, agrupar las plantas de arroz impide que las hojas que quedan a la sombra reciban suficiente luz solar como para mantener la fotosíntesis. Además, son las hojas inferiores las que proporcionan la

mayor parte de los carbohidratos (energía) a las raíces para que lleven a cabo sus procesos metabólicos, y son las que reciben más sombra por el estrecho espacio que se deja entre las plantas. El agrupamiento de las plantas reduce la producción de energía requerida para apoyar el crecimiento y producir granos. Particularmente priva a las raíces de la energía que necesitan para funcionar con eficacia. Esto es simple agronomía. Numerosas razones científicamente fundamentadas para aplicar las prácticas del SRI pueden ser proporcionadas.

9. ¿Cuáles son los principales beneficios económicos, sociales y de otra índole, del SRI?

El beneficio más simple y evidente es el *aumento en los rendimientos/ha*; no obstante, reviste mayor importancia para impulsar el desarrollo la *mayor productividad* que los métodos del SRI obtienen de la tierra, la mano de obra, el agua y el capital invertido en el cultivo de arroz.

- Para los agricultores el *ahorro de agua* y los *costos de producción más bajos* están entre los beneficios más importantes del SRI.
- Asimismo, *no hay necesidad de adquirir nuevas semillas o fertilizantes químicos* si los productores son capaces de elaborar y aplicar suficiente abono orgánico, lo que puede ser una consideración importante en particular para los hogares más pobres.
- Además, *los mayores beneficios* obtenidos en términos de *mano de obra por hora o por día* son significativos, como la *reducción en los requerimientos de mano de obra*, incluidos los de las mujeres, una vez aprendidos los métodos del SRI.
- *Los mayores ingresos netos del agricultor* y una *mayor rentabilidad de la producción de arroz* son beneficios económicos cuantificables, como por ejemplo, un *riesgo reducido de pérdidas económicas* (Anthofer 2004; Namara et al. 2003).

Debido a que las plantas de arroz son más robustas, se produce una *reducción en las pérdidas producidas por las plagas y las enfermedades* y se *confiere una mayor resistencia a riesgos climáticos*, tales como los daños causados por las sequías y las tormentas, que se vuelven más frecuentes y *graves* con el *cambio climático*.

Una mayor resistencia al *encamado*, es decir, a ser abatido por el viento y/o la lluvia, constituye un aspecto importante para los productores de arroz, ya que los fenómenos meteorológicos extremos son cada vez más frecuentes. Las reducciones en las *emisiones de gases de efecto invernadero* ya fueron analizadas antes.

Otros beneficios medioambientales incluyen *bajos requerimientos de agua*, lo que reduce la competencia del sector agropecuario con los ecosistemas naturales por dicho líquido, y el *mejoramiento del suelo y de la calidad del agua* como resultado de un uso reducido de insumos agroquímicos. Estos efectos mejoran la calidad del entorno y contribuyen a la conservación de alguna biodiversidad.



*Dos arrozales contiguos en el pueblo de Cawak, ubicado en **Indonesia**, luego de que dicho pueblo fuese atacado por el saltahoja marrón del arroz (*Nilaparvata lugens*) en el verano de 2011 y luego golpeado por una tormenta tropical. En el campo de la izquierda fue plantada una variedad moderna (*Ciherang*) y fueron aplicados fertilizantes sintéticos; en el campo de la derecha fue cultivada una variedad aromática tradicional (*Sinantur*) mediante métodos del SRI orgánicos. El primero produjo pocos rendimientos debido a la “quemadura del saltahoja” y al encamado, mientras que el segundo produjo 800 kg/1000 m², es decir, 8 t/ha.*

Otras ventajas que los agricultores pueden recibir de la gestión del SRI:

Reduce el ciclo de cultivo de una a dos semanas, a la vez que brinda mayores rendimientos. Ello libera mano de obra para otros usos y disminuye la exposición de los cultivos de arroz al estrés biótico y abiótico al finalizar la temporada de cultivo.

Cuando el arroz con cáscara (granza) es molido, suele obtenerse una *cantidad más alta de arroz pulido (comestible)*, de entre 10 % y 10% de incremento, ya que la cantidad de granos que resultan vacíos y rotos durante la molienda es menor. Esto contribuye a la producción de alimentos, más allá de aumentar los rendimientos de los campos de arroz. Por lo general la *calidad del grano* es mejorada por medio de la gestión del SRI, ya que esta reduce la cantidad de granos yesosos del arroz, que son de baja calidad.

El hecho de que el SRI ofrezca tantos beneficios hace que algunas personas lleguen a la conclusión de que el sistema es “demasiado bueno para ser cierto”; sin embargo, tal inferencia es falsa, ya que todas las ventajas aquí enumeradas están documentadas y son demostrables.

9.1 ¿Cuáles son las implicancias de género en el uso del SRI?

Ello dependerá de la división del trabajo predominante en función del género para la producción de arroz en la situación local. De acuerdo con la mayoría de los informes, la carga laboral de la mujer se reduce con la introducción del SRI, ya que el trasplante del arroz se vuelve más rápido una vez aprendidos los nuevos métodos, las poblaciones de plantas son reducidas entre el 70 y el 90 % y las plántulas son más pequeñas y ligeras.

Asimismo, cuando se utiliza la escarda mecánica, el deshierbe, una tarea que en muchos lugares es considerada culturalmente como trabajo de mujeres, es asumida por los hombres con frecuencia, dado que se espera que ellos lleven a cabo cualquier operación con máquinas. Además, de India y Filipinas se han reportado beneficios para la salud de las personas, particularmente de las mujeres.



En un video producido por Flooded Cellar Productions, Abeline Razanamamy, una viuda anciana de **Madagascar**, describe con gran viveza cómo su vida ha mejorado a través de la adopción de los métodos del SRI: <https://www.youtube.com/watch?v=uSaKgaQMdzc>

10. ¿Se puede aplicar los conceptos y las prácticas del SRI a otros cultivos?

Uno de los avances más prometedores es la extensión o la extrapolación de los conceptos y los métodos del SRI a una amplia variedad de cultivos, como por ejemplo el trigo, el mijo africano, el *tef* (trigo de Etiopía, *Eragrostis tef*), la caña de azúcar, la mostaza, legumbres (varios tipos de garbanzos y la soja), hortalizas (tomate, chile, berenjena) e incluso cultivos de rizomas como la cúrcuma, mandioca y el jengibre, mediante modificaciones apropiadas en las prácticas, de conformidad con los principios del sistema.

Un rendimiento de más de 100 t/ha, obtenido de un cultivo de papa realizado en el estado de Bihar, en la India, fue “inspirado” por la experiencia del SRI en un pueblo de agricultores (NDTV 2013). Los agricultores de Camboya y del estado de Jharkhand, en India, han adaptado los conceptos del SRI para mejorar su producción de pollos y de laca (SRI-Rice 2014). La laca, una secreción resinosa de color escarlata provisto por cierto número de especies de insectos, demuestra lo que sucede cuando los agricultores y otros individuos piensan creativamente, procurando aumentar la productividad realizando modificaciones en la gestión.



*Comparación de los sistemas de raíces de las plantas de mijo africano en el estado de Jharkhand, en la **India**. La planta de la izquierda fue cultivada mediante prácticas del SRI adaptadas (trasplante de plántulas, espacio amplio entre ellas, materia orgánica del suelo mejorada y aireación activa de éste) y probadas por agricultores, bajo la dirección de la ONG PRADAN. La de la derecha es una típica planta de mijo africano establecida a través de la práctica denominada siembra al voleo. Esta comparación muestra los mismos efectos distintivos de las prácticas del SRI utilizadas en la producción de arroz.*

11. ¿Cuál es la importancia de los filocronos para el desempeño del SRI?

El ahijamiento abundante de las plantas de arroz cultivadas por medio del SRI puede ser explicado, en parte, comprendiendo el *patrón de siembra* y el alcance de la emergencia de raíz e hijuelos de las plantas de arroz, que es similar a lo que se puede observar en otros cultivos de la familia de las gramíneas (trigo, cebada). El concepto de *filocrono*, desarrollado en Japón antes de la Segunda Guerra Mundial, ha sido escasamente explicado por lo que ha recibido poca atención por parte de científicos no japoneses.

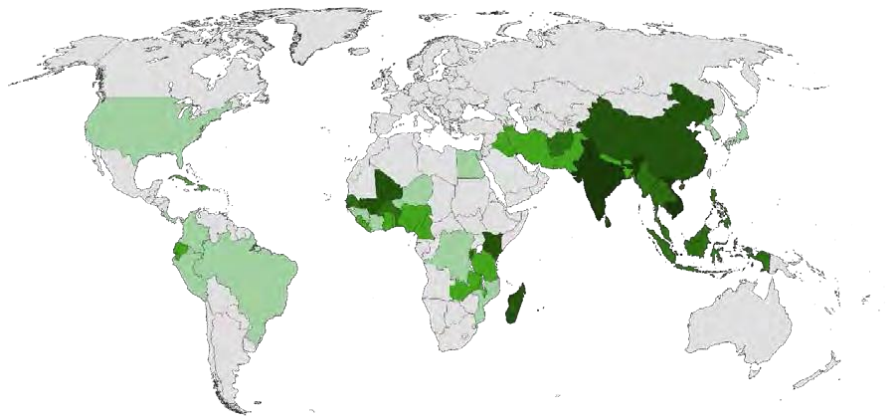
Los filocronos representan una forma de comprender los ciclos de crecimiento de la planta de arroz, sus raíces y sus hojas. Un filocron no es un objeto, sino un periodo de tiempo biológico. El tiempo, días, para lograr un filocron depende de: la temperatura, las horas-luz, la humedad relativa y del suelo, la compactación, el aire, los nutrientes, entre otros factores. Un filocron “bueno” puede requerir solo 5 días, mientras el mismo crecimiento pudiera necesitar 10 días y entonces como categoría de filocron se llamaría “malo”.

La periodicidad del surgimiento de hijuelos ayuda a explicar por qué el trasplante de plántulas conduce al desarrollo de un ahijamiento y de unas raíces mucho más profusas. Otras prácticas del SRI también contribuyen a acortar la duración de los filocronos y, por consiguiente, a promover la obtención de más ahijamiento (y crecimiento de las raíces) antes de que las plantas inicien la floración y la formación y el llenado del grano.

12. ¿Cómo ha sido difundido el SRI entre los países y dentro de ellos?

En su mayor parte, el SRI ha sido difundido por medio de una red creciente de personas e instituciones interesadas provenientes de ONG, universidades, instituciones de investigación, en ocasiones de oficinas gubernamentales o el sector privado y, principalmente, de la población rural, que incluye a los mismos agricultores.

El sitio web del SRI, el SRI International Network and Resources Center (<http://sri.cals.cornell.edu>), mantenido por **SRI-Rice** de la Universidad Cornell, ha apoyado la amplia distribución de la información sobre el SRI –experiencias, problemas, soluciones, innovaciones, etc. – aumentada por una significativa comunicación vía correo electrónico entre los miembros de una red internacional informal del SRI. SRI-Rice fue establecido en 2010 a través de una donación de la *Better U Foundation* (<http://www.betterufoundation.org/>), a fin de catalizar la difusión en todo el mundo de las ideas y las prácticas del SRI. Se han hallado otras fuentes de respaldo; sin embargo, aún se requieren más. En muchos países se han formado redes de usuarios y proponentes, que cuentan con sus propias listas de correo electrónico, sitios web o blogs. Toda la información del SRI se encuentra disponible de manera gratuita, sin derechos de propiedad intelectual, patentes u otras restricciones.



En este mapa se muestra la difusión del uso del SRI, cuya extensión dentro de los países se indica con lo oscuro de los colores. Según lo que sabemos en Cornell, las siguientes fechas señalan cuándo fue validada la eficacia de los métodos del SRI en cada país. Dada la naturaleza del SRI, resulta difícil determinar fechas y números precisos, por lo que los que presentamos son indicativos, no definitivos.

- *Antes de 1999 – Madagascar*
- *1999-2000 – China e Indonesia*
- *2000-01 – Bangladés, Camboya, Cuba, Laos, Gambia, India, Birmania, Nepal, Filipinas, Sierra Leona, Sri Lanka y Tailandia*
- *2002-03 – Benín, Guinea, Mozambique y Perú*
- *2004-05 – Senegal, Pakistán y Vietnam*
- *2006-07 – Bután, Burkina Faso, Irán, Iraq, Zambia, Afganistán, Brasil y Mali*

- 2008 –Costa Rica, Ecuador, Egipto, Ghana, Japón y Ruanda
- 2009-10 – Malasia, Timor Oriental, República Popular Democrática de Corea, Haití, Kenia y Panamá
- 2011-12 – Colombia, Corea, Taiwán, Tanzania, Burundi, República Dominicana, Níger, Nigeria y Togo
- 2013-14 – Camerún, Liberia, Malawi, Congo, Costa de Marfil y Estados Unidos
- 2016 – Venezuela

En 2005 la “prueba de concepto” de los efectos beneficiosos del SRI en la producción de arroz fue mostrada en 22 países que producían cerca del 88 % del cultivo en el mundo. Para 2015 este porcentaje había alcanzado aproximadamente el 98 %.

13. ¿Cuál ha sido la respuesta de los científicos y los formuladores de políticas?

Inicialmente hubo escepticismo con respecto a los mayores rendimientos reportados con una reducción en los insumos y la no utilización de variedades nuevas o mejoradas.

Varios artículos críticos fueron publicados a mediados de los 2000; sin embargo, la presión contra el SRI se ha reducido desde entonces, en vista de que cada vez son más los científicos agrícolas interesados en el SRI, particularmente en China (Zhu et al. 2006) e India (Pandian et al. 2011; Thiyagarajan y Gujja 2012) que documentan los efectos del manejo SRI y los méritos de sus prácticas. Más de 600 artículos científicos publicados sobre el SRI están disponibles en el sitio web de SRI-Rice: <http://sri.cals.cornell.edu/research/index.html>

El SRI ha sido elogiado por los presidentes del Banco Mundial y el FIDA y por el administrador de la USAID, entre otros. El Instituto del Banco Mundial desarrolló una herramienta del SRI, disponible en: <http://info.worldbank.org/etools/docs/library/245848/overview.html>



Los gobiernos de China, la India, Indonesia, Vietnam y Camboya, donde se producen dos tercios del arroz en el mundo, están apoyando la difusión del SRI, motivados por los buenos resultados obtenidos por los agricultores de sus países. Ya no debería existir ninguna controversia significativa en torno a este sistema, aunque aún se deben realizar investigaciones para comprender mejor su potencial y limitaciones.

14. ¿Cuál es la dirección del SRI en el futuro?

Las ideas que impulsaron la creación del SRI y sus aplicaciones continuarán evolucionando, habiendo sido aplicadas a numerosos cultivos además del arroz. Prevemos que una convergencia tendrá lugar entre la práctica del SRI y la *agricultura de conservación* (Sharif 2011; Lu et al. 2013).

Las iniciativas y las innovaciones dirigidas a modificar las prácticas agrícolas de los agricultores deben continuar y aumentar a través de una cooperación productiva entre agricultores, investigadores, extensionistas, oficinas gubernamentales y el sector privado. Ello podría transformar el actual modelo lineal de una sola vía de investigación y desarrollo agrícolas, que va de la investigación a la extensión y, luego, a la adopción, a fin de establecer relaciones más interactivas y correspondientes, descritas por el Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional (ISNAR) como “eje triangular”, en las que los investigadores, los agricultores y el personal de extensión interactúan y emprenden de manera conjunta la solución de problemas para mejorar la agricultura.

Se prevé que el impacto del SRI contribuirá a la “*rehabilitación biológica*” de la *agricultura* como biología y ecología del suelo y que la fisiología vegetal revista mayor importancia en la investigación, relacionada al énfasis actual en la química de los suelos y varias clases de ingeniería mecánica y genética. El actual enfoque determinista, más que de ADN, de la genética está siendo modificado y sustituido, prestando mayor atención a la epigenética y los factores que influyen en la expresión génica, en lugar de hacerlo simplemente en los genes. El sistema deja claro cuánta plasticidad y cuánto potencial presenta el genoma del arroz. Aprender cómo producir “más con menos” resultará esencial para lograr un sector agrícola sostenible en el siglo XXI (ver FAO 2015 y su sección sobre el SRI, páginas 44-47).



Mecanización de métodos SRI en una granja en la provincia de Punjab, Pakistán, trasplantando plántulas de 10 días con espaciamentos de 9 pulgadas en suelo seco sobre lechos elevados en una parcela experimental de 17,5 hectáreas, nivelada por láser. El rendimiento de arroz fue de 12 toneladas por hectárea, con un 70% menos de agua de lo habitual para la producción de arroz de regadío y un 70% menos de mano de obra debido a la maquinaria especialmente diseñada para el trasplante y deshierbe. Esta versión de alto costo de SRI refleja la versatilidad de los conceptos y métodos de SRI. Estas máquinas y métodos han sido adaptados para otros cultivos como trigo, maíz y hortalizas, utilizando principios de Agricultura de Conservación y gestión orgánica combinados con las ideas y prácticas de la SRI (Sharif, 2011) - ver páginas 61-62.

RESPUESTAS MÁS COMPLETAS



*Agricultores en la provincia de Baghlan, al norte de **Afganistán**, aprenden sobre los conceptos y los métodos del SRI, como parte de un programa iniciado por la Fundación Aga Khan en 2007.*

1. ¿Qué es el SRI?

El SRI se desarrolló a partir de un conjunto de conocimientos y prácticas que modifican de manera provechosa la gestión de las plantas, el suelo, el agua y los nutrientes que se utilizan para cultivar arroz irrigado. Estos conceptos y prácticas también se han adaptado para producir arroz no irrigado y otros cultivos. Por lo tanto, este sistema ya no es relevante únicamente para cultivar arroz irrigado. Como ya se explicó, el SRI no es simplemente una tecnología más.

Los métodos del SRI, que promueven el crecimiento de plantas más productivas y resistentes, brindan *rendimientos más altos* a los agricultores (más kilogramos o toneladas de arroz por hectárea) *utilizando menos semillas y agua*, ya que el número de plantas de arroz por metro cuadrado se reduce significativamente, mientras que los arrozales no permanecen constantemente inundados. Cada planta individual se vuelve mucho más productiva. Es importante mencionar que estos métodos *no requieren la compra de semillas nuevas ni insumos químicos*, ya que los fertilizantes inorgánicos y la protección agroquímica no son tan necesarios como en la agricultura convencional, aunque sí se pueden utilizar junto con otras prácticas del SRI.

Prácticamente todas las variedades de arroz producen rendimientos más altos cuando se aplican los métodos del Sistema, aunque algunas responden mejor que otras. Las variedades “mejoradas” usualmente producen los rendimientos más altos; sin embargo, los de las llamadas “variedades no-mejoradas” también pueden aumentar significativamente utilizando estas prácticas, alcanzando con frecuencia rendimientos de 5 t/ha o superiores.

A continuación se ofrece más información sobre cada uno de los elementos de la práctica del SRI para complementar la respuesta resumida a la muy amplia pregunta de “¿qué es el SRI?” Asimismo, se ofrecen respuestas a otras preguntas relacionadas.

- Los métodos del SRI son particularmente accesibles y beneficiosos para los hogares pobres, que deben sacar el máximo provecho de sus fincas, mano de obra, semilla, agua y capital, que son limitados. No obstante, los conceptos y las prácticas del SRI se pueden adaptar y utilizar en la *producción a cualquier escala*, sea pequeña o gran escala, y también permiten cierto grado de mecanización. Por lo tanto, los métodos tienen un amplio grado de aplicabilidad.
- De una forma sin precedentes, estos métodos incrementan simultáneamente la *productividad de la tierra, la mano de obra, el agua, la semilla y el capital*. Debido a que aumentan la fertilidad de los sistemas de suelos a través de la biodiversidad y la actividad biológica, no existe el mismo requisito de compensación entre los distintos factores de producción (terreno, mano de obra, capital, etc.) que es característico en la tecnología agrícola convencional.
- Como resultado de su mayor productividad, el SRI incrementará la cantidad de arroz disponible en los mercados, por lo que se espera que, a través del tiempo, sus métodos reduzcan los precios de los alimentos y tengan beneficios muy bien distribuidos. Cuando un país es capaz de suplir sus necesidades de alimentos básicos utilizando *menos* terreno, mano de obra, agua y capital, todo el mundo se ve beneficiado. Así, los países pueden dedicar más de los recursos sobrantes (terreno, mano de obra, capital, agua) a satisfacer las necesidades de su población.



*Juárez y su esposa, los primeros agricultores del estado de Rio Grande do Sul, **Brasil**, en utilizar los métodos del SRI en su país. En su primer intento lograron duplicar sus rendimientos.*

Con el SRI no existen secretos ni magia. Todos sus resultados deben y pueden fundamentarse en *conocimientos* sólidos, científicamente validados y verificables. Según lo que sabemos hasta ahora, las prácticas de gestión que promueve son exitosas en gran parte porque promueven dos aspectos cruciales:

- **Un mejor y más saludable crecimiento de las raíces de las plantas de arroz.** Con las prácticas del SRI las raíces crecen más, son más profundas y no se deterioran por la falta de oxígeno en la tierra, como ocurre cuando las plantaciones se mantienen continuamente inundadas (Barison y Uphoff 2011); y
- **La abundancia, la diversidad y la actividad de los organismos beneficiosos del suelo** –bacterias, hongos, lombrices y demás biota del suelo, que pueden mejorar su estructura, funcionamiento y fertilidad y, de esta forma, contribuir al crecimiento y la salud de las plantas de arroz (Anas *et al.* 2011; Zhao *et al.* 2010). Por debajo se explica más a fondo cómo las raíces y los organismos del suelo interactúan de manera positiva. En la práctica, el SRI involucra una combinación de cambios sencillos en los métodos de cultivo del arroz, que se analizan en la siguiente sección. En las páginas 131-141 se presentan las razones por las cuales estos se recomiendan.
- Si el cultivo es establecido por medio del trasplante, este debe realizarse *a una edad muy temprana*, es decir, de ocho a doce días luego de la germinación de las plántulas o quince días como máximo, y no cuando tienen tres, cuatro o más semanas de edad.
- Las plántulas deben ser cultivadas en *viveros no inundados*, dejando amplio espacio entre ellas y supliendo el suelo con materia orgánica. Es posible establecer un cultivo SRI por medio de la siembra directa, pero el proceso de trasplante sigue el método más común para hacerlo, lo que seguramente cambiará en el futuro.
- Las plántulas deben ser trasplantadas *de manera rápida, cuidadosa y superficial*, evitando dañar las raíces y que sus puntas se *inviertan hacia arriba*, ya que esto retrasaría su crecimiento. Asimismo, un trasplante profundo inhibiría el macollamiento.
- Se debe dejar un *espacio amplio entre las plántulas, colocándolas individual-mente* y no en grupos de tres a seis. Además, se deben plantar en *espacios en forma de cuadrícula*, que suelen ser de 25 cm x 25 cm en la mayoría de los suelos. Esto les brinda a las raíces y las hojas más espacio para crecer. En suelos más fértiles, una mayor separación entre las plantas, como por ejemplo de 30 cm x 30 cm, resultará en un rendimiento aún mayor. En cambio, si el suelo no es tan fértil, se logra un mejor rendimiento con una menor separación entre las plantas, como por ejemplo, de 20 cm x 20 cm.
- Es importante *evitar que el suelo esté continuamente inundado*, ya que esto provoca que las raíces se deterioren y suprime los organismos del suelo que necesitan oxígeno. Por lo tanto, se debe a) *aplicar pequeñas cantidades de agua cada día* para mantener el suelo húmedo, pero no saturado; o b) *alternar entre periodos cortos de riego y secado*, cada ciertos días.

- Cuando sea posible se debe utilizar una *desyerbadora mecánica*, a fin de *airear el suelo* mientras se eliminan las malezas, lo que genera mejores rendimientos que los obtenidos con el uso de deshierbadoras manuales o herbicidas.
- Se debe *augmentar la materia orgánica* del suelo *tanto como sea posible*. A pesar de que los fertilizantes químicos brindan resultados positivos cuando se implementan las prácticas del SRI, los mejores rendimientos se obtienen por medio de la fertilización orgánica. La materia orgánica no solo “alimenta la planta”, sino también *el sistema de suelo, a fin de que este pueda alimentar la planta*.

Los métodos del SRI fueron agrupados a principios de los años ochenta, tal como se explica en las páginas 37-38. Sin embargo, no fue sino hasta después de 2000 que comenzaron a captar la atención mundial, y hasta después de 2002, luego de celebrarse la primera (y hasta el momento, la única) conferencia internacional sobre el SRI, que se volvieron realmente visibles. Por lo tanto, el Sistema ha tenido un protagonismo mundial solo durante poco más de una década, periodo durante el cual sus métodos han sido validados en más de cincuenta países en una gran variedad de agroecosistemas, con climas desde ecuatoriales a templados, y ubicados desde los 0 m s. n. m. hasta los 2700 m s. n. m.



*Campo del SRI cultivado en 2009 en **Corea del Norte**, donde el Comité de Servicios de los Amigos Americanos (AFSC) desarrolló pruebas en cuatro cooperativas (250 ha de parcelas de prueba) ubicadas cerca de Pyongyang. Incluso una implementación parcial de los métodos del Sistema incrementó los rendimientos entre 0.5 t/ha y 1 t/ha.*

La cantidad de países donde los méritos del SRI han sido demostrados y en los que este se difunde se incrementa año con año. Entre los que recientemente se han sumado al “club del SRI” se incluyen Benín, Camerún, Colombia, Congo, Corea del Norte, Estados Unidos, Liberia, Malawi, República Dominicana, Taiwán y Tanzania.

- El país en el que el SRI se ha expandido más rápidamente es **Vietnam**, donde menos de 10 000 agricultores utilizaban sus métodos en 2007, cuando el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural emitió una decisión formal que calificaba el Sistema como “*un avance técnico*”. Cuatro años después, el Ministerio informó que más de un millón

de productores vietnamitas utilizaban todos o la mayoría de los métodos del SRI (<http://qdnd.vn/qdndsite/en-US/75/72/182/156/189/164012/Default.aspx>). En 2014 ese número ya había alcanzado los 1.8 millones.

- En 2012 el estado de Tamil Nadu, en la India, reportó que *más de un millón* de agricultores aplicaban los métodos del SRI en una superficie de 850 000 ha. La Universidad Agrícola de Tamil Nadu (TNAU) apoyó esta expansión, como parte del proyecto financiado por el Banco Mundial, mientras que el Gobierno estatal también fomentó su uso por medio de su servicio de extensión (Pandian *et al.* 2011).
- En 2007, en el estado de Bihar, también en la India, el Sistema fue introducido en 30 ha correspondientes a 128 agricultores. Cinco años después, el Ministerio de Agricultura informó que el uso del SRI se había extendido hasta alcanzar las *335 000 ha*, alcanzando rendimientos de 5 t/ha a 8 t/ha, esto es, dos o tres veces mayores que los logrados usualmente. Tomando en cuenta las parcelas de Bihar, el número de productores era *aproximadamente 1.3 millones* (Verma 2013).

El SRI es considerado una *metodología* y no una *tecnología*, ya que consiste en conceptos y prácticas que los agricultores aplican a sus condiciones locales y adaptan para lograr los mejores resultados. Como se explica en la páginas 41-42, no se trata de un conjunto fijo de cosas que los agricultores deben hacer; se podría decir que es más bien un trabajo que se ejecuta a partir de un *menú*, en lugar de una *receta*. El uso de los métodos de este sistema no requiere insumos materiales más allá de los que los agricultores ya tienen. Lo que se necesita principalmente es realizar cambios en de pensar y en las prácticas.

- Por motivos de simplicidad, se suele hablar del SRI como una *cosa*, pero el término funciona mejor como una *descripción*. Más concretamente, se refiere al uso de ciertas *prácticas* que reflejan *conocimientos* específicos sobre la dinámica de la gestión de los cultivos, que se basan en *principios* muy bien definidos que pueden ayudar a los agricultores a crear las condiciones ideales de cultivo en la superficie y debajo del suelo.
- Alterando los ambientes en los que crecen las plantas, las prácticas del SRI pueden obtener un *fenotipo más productivo* a partir de cualquier genotipo o variedad de arroz (Thakur *et al.* 2010; Uphoff *et al.* 2015). Todos los efectos de estas prácticas se pueden explicar utilizando conocimientos científicos consolidados que suelen hacer referencia a conceptos simples e incluso elementales, como lo es evitar la siembra de plantas con poca separación entre ellas, para no inhibir el crecimiento de sus raíces. Cuando las personas dicen que este sistema es “simplemente buena agronomía”, esto se toma como un cumplido y no como una crítica o un rechazo.
- Debido a que algunas variedades (genotipos) responden mejor a las prácticas del SRI, queda claro que *los potenciales genéticos son importantes*. Muchas variedades tradicionales o “no mejoradas” han respondido muy bien a los métodos del Sistema

(de 5 t/ha a 10 t/ha), por lo que puede resultar muy lucrativo para los agricultores cultivarlas cuando el precio de mercado está alto, debido a las preferencias de los consumidores. Las nuevas variedades no son absolutamente necesarias ni tampoco representan la única forma de cultivar el arroz de manera más productiva y rentable.

- Debido a que los resultados del SRI dependen de la materialización de los potenciales biológicos, son muy variables y pueden variar aún más si se deben principalmente a la realización de un mapa genético fijo o si los productos del cultivo son generados fundamentalmente por (y por lo tanto son proporcionales a) insumos externos como los fertilizantes. Para algunas personas esta variabilidad puede ser desconcertante, pero es justamente esta *plasticidad* la que permite a los agricultores, a través de mejores prácticas de gestión, aprender a capitalizar y a utilizar tales potenciales biológicos.

1.1 ¿Cuáles son sus prácticas clave?

El SRI es fácilmente visualizado y puesto en operación a través de ciertas prácticas recomendadas que los agricultores deben probar en sus propios arrozales, para saber si mejoran la productividad de sus cultivos. Tales prácticas, que se presentan a continuación, se basan en una serie de conocimientos y principios que constituyen el núcleo del Sistema y que son, en efecto, sus *rasgos distintivos*.

Las recomendaciones del SRI para lograr una producción de arroz más exitosa se alejan significativamente de los métodos antiguos de cultivo de arroz irrigado. A pesar de que los cambios en sí son sencillos, es posible que no sean adoptados fácil o rápidamente, ya que son contrarios al sentido común. Es indispensable hacer hincapié en las *razones* por las cuales se recomiendan cambios en las prácticas: para promover sistemas de raíces más grandes y saludables que puedan soportar plantas más grandes y productivas, que crecen en sistemas de suelo biológicamente activos, que son o se volverán más fértiles y diversos desde el punto de vista biológico.

- Cuando establezca un cultivo de arroz por medio del trasplante en climas tropicales y cálidos, utilice *plántulas muy jóvenes*, menores a los quince días y, preferentemente, *de ocho a doce días de edad*. En términos biofísicos (fenológicos), las “plántulas jóvenes” deben estar en la etapa en la que tienen de dos a tres hojas. En la actualidad los agricultores suelen utilizar plántulas de tres a cuatro semanas o incluso de seis a siete semanas en algunos países. Como se explica en la sección sobre filocronos, las plántulas de más de quince días pierden gran parte de su potencial para facilitar el crecimiento abundante de sus raíces y brotes (páginas 164-173).



*Plántulas de cuatro días de edad que Miyatty Jannah trasplantó a sus arrozales SRI en Crawuk, **Indonesia**. Son más jóvenes de lo necesario, pero Miyatty descubrió que eran fáciles de manejar, lo que contradice la idea de que los agricultores no pueden manejar plántulas tan pequeñas.*

- *En climas más fríos las plántulas un poco más maduras de hasta veinte días todavía pueden ser fisiológicamente equivalentes a las plántulas jóvenes de doce a quince días de edad, cultivadas en climas cálidos, dado que, en temperaturas más bajas, las plantas crecen más lentamente. La edad según el calendario difiere de la edad fisiológica.*
- Cabe resaltar que los agricultores de varios países han comenzado a experimentar de forma exitosa con el *trasplante directo*, que puede reducir la mano de obra necesaria para implementar el SRI. Por ahora, sin embargo, el Sistema se enfoca principalmente en reducir la edad en la que se trasplantan las plántulas de arroz.



*Sembradora de tambor utilizada en la siembra directa del SRI, desarrollada en KVK en Tirupati, en el estado de Andhra Pradesh, la **India** (Hussain Reddy et al. 2011).*



*Sembradora directa de tres filas, fabricada por el agricultor Luis Romero en **Cuba**, para lograr un espaciado de 40 cm x 40 cm entre las plantas SRI. El aparato no fue exitoso porque el espaciado era demasiado amplio y, como resultado, la maleza comenzó a predominar. Su vecino construyó una sembradora de doce filas para ser tirada por bueyes, pero también fue ineficaz por lo complicado que resultaba el uso de dichos animales.*

- Las plántulas que se trasplantan deben ser *plantadas en un vivero no inundado, similar a un jardín*, y ser regadas a mano, usando un rango bajo de semillas, espaciadas de 2 cm a 3 cm, de manera que las raíces de todas las plántulas tengan suficiente espacio para crecer y se puedan separar fácilmente. La tierra debe estar suelta y tener bastante materia orgánica, a fin de que sea fácil extraer las plántulas, causando un daño mínimo a sus raíces.



*Semilleros SRI establecidos por agricultores tribales del estado de Madhya Pradesh, en la **India**, quienes trabajan con el Programa de Medios de Vida Rurales de Madhya Pradesh.*



Plántulas jóvenes de arroz sobre una pala, extraídas de un semillero SRI, manteniendo intacta la tierra alrededor de sus raíces.

- La extracción de plántulas de los viveros se debe realizar con *mucho cuidado*, levantando las plántulas sobre una pala y evitando cualquier daño a las raíces, a menos de que hayan sido sembradas en bandejas pequeñas de plástico o de metal, para transportarlas fácilmente a la plantación, como se muestra abajo. Las raíces deben permanecer intactas en su totalidad y *no se debe tirar la tierra que está pegada a ellas*.



*En Lombok, **Indonesia**, se ha popularizado la práctica de sembrar las plántulas SRI en bandejas de plástico. Debido a que el Sistema reduce dramáticamente el número de plántulas requeridas, este método facilita su traslado hacia las plantaciones y dentro de ellas.*

- Las plántulas deben ser *trasplantadas poco tiempo después de extraerlas del vivero*, en un lapso de quince a treinta minutos y *de manera cuidadosa*, para evitar que se sequen o se deterioren las raíces.

- Cuando se trasplantan, no se deben presionar con fuerza en el suelo, sino que se deben *colocar muy cerca de la superficie*, a una profundidad de apenas 1 cm o 2 cm; de lo contrario, las *puntas de las raíces se invertirán hacia arriba*.
- Cuando las puntas de las raíces de las plántulas cambian su dirección hacia arriba, puede tomar de una a varias semanas reorientarlas hacia abajo, de manera que puedan seguir creciendo. El *shock del trasplante* se puede minimizar manipulando cuidadosamente las plántulas y sembrándolas de nuevo, con rapidez y precisión, en el campo principal.



*Ejemplo de un cuidadoso trasplante de las plántulas efectuado en **Sri Lanka**.*

Las plántulas deben ser trasplantadas en el campo con un espaciado mayor al que se suele utilizar actualmente. Esto reduce en 70 % a 90 % las poblaciones de plantas de arroz por metro cuadrado.

- En lugar de tres a seis plántulas, se coloca *solo una* por montículo. Al mismo tiempo, los montículos se distribuyen en *forma de cuadrícula* de 25 cm x 25 cm o de mayores dimensiones, si el suelo es muy fértil. De esta manera, los agricultores pueden eliminar las malezas de sus cultivos utilizando un implemento mecánico en direcciones perpendiculares, como se ilustra en la imagen de Indonesia que aparece en la página 36.

Un espaciado de 25 cm x 25 cm genera una densidad de dieciséis plantas por metro cuadrado, muy distinta de la densidad usual de cincuenta a cien plantas o incluso de doscientas plantas por metro cuadrado.

- Los arrozales deben recibir *apenas suficiente agua* para satisfacer las necesidades de las plantas y los organismos del suelo. Cuando *el suelo permanece continuamente inundado* se crean condiciones hipóxicas (sin oxígeno), lo que inhibe el crecimiento de las raíces e impide el desarrollo de los organismos aeróbicos que habitan en él, es decir, los organismos que requieren oxígeno.
- Se deben aplicar a diario pequeñas cantidades de agua para *mantener el suelo húmedo, pero sin agua estancada, o alternar el riego y el secado*, lo que requiere menos tiempo de mano de obra. Cualquiera de estos dos métodos mantiene el suministro de

agua y oxígeno en el sistema del suelo, lo que favorece el crecimiento de las plantas de arroz y de grandes poblaciones de organismos aeróbicos del suelo que son beneficiosos.



*Agricultora en **Madagascar** realiza el trasplante de las plántulas. En este caso el espaciamiento se efectuó utilizando como guía cuerdas extendidas a lo largo del campo entre postes que se cambian de sitio cada 25 cm.*



*Agricultor de **Indonesia** oriental marca líneas en su arrozal SRI por medio de un rastrillo de madera sencillo, a fin de realizar un trasplante preciso de las plántulas.*



*Agricultor SRI del estado de Punjab, **India**, usa un aparato de metal para marcar un patrón cuadrículado en su campo enlodado que le sirve de guía en el proceso de trasplante.*

- Cuando el suelo de los arrozales no se mantiene continuamente inundado, el *control de las malezas* se vuelve un problema aún mayor. Estas pueden ser eliminadas manualmente o con herbicidas; sin embargo, los mejores resultados se obtienen utilizando un *sencillo implemento mecánico de escarda*: una azada que rota o un escardillo, de diez a doce días después del trasplante.
- Posteriormente se llevan a cabo escardas adicionales cada diez a doce días, hasta que la sombra producida en el suelo por las plantas que han crecido inhiba el crecimiento de la maleza y el crecimiento del cultivo dificulte el deshierbe posterior, dado que el follaje llena todo el espacio entre las plantas.
- *Una aireación activa del suelo* mediante el uso de un escardillo mecánico favorece el crecimiento de las raíces y aumenta la fuerza de las plantas. Como resultado, las plantas logran soportar mejor los embates del clima y los ataques de plagas y enfermedades.



*Uso de escardillos mecánicos en dirección perpendicular en **Indonesia** oriental.*

- En un inicio el SRI se desarrolló utilizando fertilizantes químicos, a fin de incrementar los nutrientes del suelo; no obstante, dichos fertilizantes implicaban un gasto para los agricultores. Además, se observó que mediante la gestión de este sistema el rendimiento de las plantas de arroz era bueno y en ocasiones incluso mejor, cuando se utilizaba la *fertilización orgánica*.
- Recomendamos *la aplicación de la mayor cantidad de compost posible*, que se puede elaborar a partir de biomasa descompuesta: paja de arroz, malezas, residuos de cultivos, ramitas de arbustos y árboles, residuos de cocina y cualquier tipo de estiércol animal disponible. La materia orgánica es valiosa no solo por su *alto contenido de nutrientes*, sino también por la medida en que puede *mejorar la estructura y el funcionamiento de los sistemas del suelo*.
- El compost estimula el crecimiento y las funciones de los *organismos del suelo*, cuyos beneficios incluyen mejoramientos en cuanto a la agregación y la porosidad del suelo, el ciclo de nutrientes, la fijación del nitrógeno, la solubilidad del fósforo, la

absorción y la retención del agua y la resistencia sistémica inducida a los patógenos, entre otros.

- Estas prácticas se refuerzan mutuamente, favoreciendo el crecimiento de las raíces, las hojas y los brotes de las plantas. Una mejor absorción de los nutrientes desde las raíces, junto con un mayor grado de fotosíntesis en las hojas, genera lo que los analistas llaman un *ciclo de retroalimentación positiva*. Las raíces ayudan a nutrir el follaje, mientras que este, a través de la fotosíntesis, ayuda a nutrir las raíces. *El crecimiento de una de estas partes de la planta apoya el de la otra*. Esta constituye una de las explicaciones básicas del éxito del SRI.

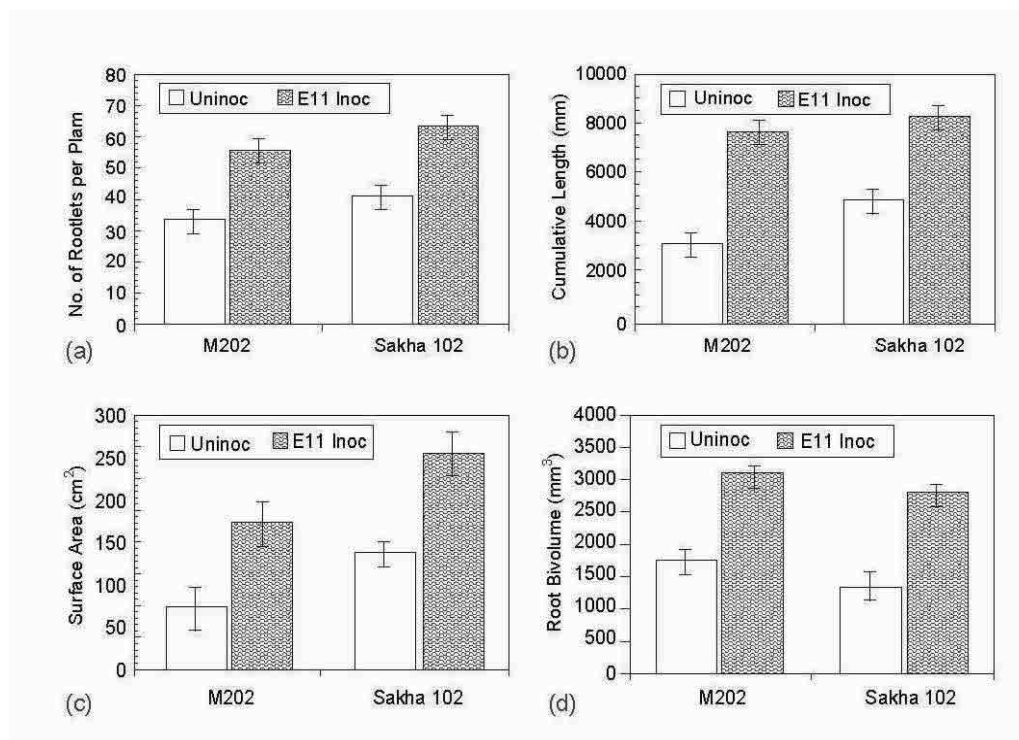


*Bourema, el primer agricultor de **Burkina Faso** en implementar exitosamente los métodos del SRI, muestra el crecimiento de las raíces y las hojas de una de sus plantas. El primer rendimiento que obtuvo mediante el Sistema fue de 7 t/ha, varias veces el rendimiento promedio de dicho país.*

Otro efecto interactivo es el que ocurre entre las raíces y la biota del suelo, que genera una retroalimentación positiva que apenas se está comenzando a estudiar. El tipo de crecimiento masivo de las raíces que se observa en la imagen anterior y en las páginas iv y 131 parece deberse a otros factores además del mayor potencial de crecimiento que muestran las plantas.

Existe cierta evidencia de que los microorganismos que se hallan alrededor, sobre o incluso dentro de las plantas afectan la medida en que estas manifiestan dicho potencial de crecimiento. Cuando habitan en la rizosfera, se benefician de los azúcares, los aminoácidos y otros exudados de las raíces de las plantas; también tienen acceso a ellos cuando viven en los tejidos y las células de las plantas como endófitos simbióticos. Además, los microbios producen muchas de las fitohormonas (componentes que promueven o regulan el crecimiento) que las raíces y brotes de las plantas generan (Khalid *et al.* 2006). Por lo tanto, existen muchas conexiones cercanas y esenciales de naturaleza nutricional y bioquímica entre los microorganismos y las raíces y los brotes de las plantas.

Investigaciones realizadas en Egipto demostraron la retroalimentación positiva que tiene lugar entre la presencia de ciertas rizobacterias y el crecimiento de las raíces de las plantas de arroz (Yanni *et al.* 2001). Cuando se analizó la arquitectura de las raíces de dos variedades de arroz, se descubrió que la inoculación de las plantas efectuada con *Rhizobium leguminosarum* benefició de manera significativa a) el número de raicillas por planta, b) el largo de las raíces en conjunto (en mm), c) el área superficial de los sistemas de raíces (en cm²) y d) el *biovolumen* de los sistemas de raíces (en cm³). Estos efectos se observan en la siguiente figura.



Fuente: Yanni *et al.* (2001).

Desafortunadamente aún no se han desarrollado muchas investigaciones acerca de este tipo de relaciones simbióticas en las que las raíces y los brotes de las plantas y los organismos del suelo se benefician en forma mutua. Durante varias décadas la mayor parte de las investigaciones realizadas en el área de la microbiología de las plantas se ha concentrado en los patógenos microbianos, es decir, en “los chicos malos”, en lugar de enfocarse en los simbioses o “los chicos buenos”. No obstante, esto ha ido cambiando en los últimos diez a quince años. Se espera que las experiencias con el SRI e imágenes como las que se incluyen en este libro continúen acelerando esta tendencia.

Prácticas complementarias

Existen varias *otras prácticas* que resultan provechosas cuando se utilizan junto con cualquier método de cultivo de arroz; sin embargo, no se describen como parte del SRI, puesto que no son exclusivas de él. Todos los productores de arroz deben tomarlas con seriedad:

- **Preparación del suelo:** El suelo de los arrozales debe estar bien labrado y nivelado, de manera que presente una buena estructura y que las raíces de las plantas puedan extenderse fácilmente a través de él. *Una nivelación adecuada* les permite a los agricultores humedecer de manera uniforme todo el suelo de sus campos, simplemente aplicando pequeñas cantidades de agua de irrigación.

Cabe mencionar que actualmente muchos agricultores combinan los métodos del SRI con la *agricultura de conservación* (AC), que se basa en la labranza cero o en una perturbación mínima del suelo, junto con el mantenimiento de una cubierta de materia orgánica (mantillo) sobre este y la rotación de cultivos (en lugar de un monocultivo). Los métodos del Sistema para la gestión de los cultivos y del agua pueden funcionar muy bien cuando se utilizan *lechos elevados permanentes*.

La irrigación se efectúa en pequeñas cantidades a través de zanjas que se hallan entre los lechos y estos se cubren con materia orgánica o una película plástica, como se hace en la provincia de Sichuan en China, a fin de suprimir las malas hierbas y conservar la humedad del suelo (Lu *et al.* 2013). La aireación del suelo, que se logra con la mayoría de prácticas del SRI mediante el uso de una deshierbadora mecánica, se puede llevar a cabo utilizando abundantes y activas poblaciones de organismos del suelo, especialmente lombrices de tierra, que incrementan su porosidad y capacidad para “respirar”, como se observa en las imágenes de las páginas 90 y 117.

- **Selección varietal:** Los agricultores deben seleccionar una variedad, ya sea mejorada o local, que se adecúe a sus propias condiciones (suelo, clima, drenaje, etc.), que sea resistente a problemas anticipados como ciertas plagas o un suministro irregular de agua y que presente las características deseadas para los granos, con un buen valor de mercado.
- **Selección de las semillas:** Para establecer un vivero SRI o de cualquier otro tipo se deben utilizar únicamente las mejores y más pesadas semillas, con una buena densidad y completamente desarrolladas.

Un método que facilita la selección de las semillas consiste en sumergir todas ellas en un balde de agua, con suficiente sal disuelta en esta como para obtener una solución en la que un huevo o una papa pueda flotar. Cuando las semillas son puestas en esta agua salada, las de calidad inferior flotan en la superficie, mientras que las de buena calidad se hunden hasta el fondo del balde. Las más pesadas producen plántulas más fuertes y mejores plantas. Todos los granos que flotan se desechan.

Las semillas más densas y mejores también se pueden separar de las menos desarrolladas remojando todas las semillas en un balde de agua durante veinticuatro horas. Se emplean solo las que se hunden hasta el fondo del balde.

Experimentos realizados por productores en Camboya han demostrado que los granos que se toman de las ramas del *medio* de la panoja de arroz (y no de las ramas de arriba o de abajo) son mejores semillas, pues producen plantas más productivas.

El mejoramiento de 10% a 20% en el rendimiento hace que el esfuerzo extra que supone seleccionar solo las semillas del centro de las panojas valga la pena.



*Demostración realizada en **Afganistán** del proceso de remojo de las semillas para seleccionar solo las más viables.*

- **Preparación de las semillas:** Se ha demostrado que esta práctica, que estriba en remojar las semillas en una solución antes de sembrarlas, incrementa la tasa de germinación y de afloramiento de las plántulas. Más detalles al respecto están disponibles en: <http://www.gaia-movement.org/files/Booklet%2029%20Priming.pdf>. De acuerdo con un estudio efectuado en Pakistán, el uso de una solución de 1.5 % de cloruro de calcio para preparar las semillas incrementó en 13 % el rendimiento de las plantas de arroz cultivadas con métodos tradicionales, mientras que el aumento en el rendimiento de las plantas de arroz cultivadas por medio del SRI obtenido con esa misma solución fue de 21 % (Khalid 2013).
- **Solarización de los viveros:** Cuando enfrentan problemas relacionados con la salud del suelo, tales como hongos patógenos o nematodos que se alimentan de las raíces, los agricultores pueden *solarizar el suelo de su vivero* antes de iniciar la siembra. Para ello deben cubrir la superficie del vivero que planean utilizar con un *plástico transparente*, de dos a ocho semanas antes de plantar las semillas. Esto puede incrementar hasta 10 °C la temperatura del suelo. En la página 141 se incluye un ejemplo de una solarización de semilleros llevada a cabo en Nepal.

Las temperaturas más altas del suelo eliminan la mayoría de los organismos que tienen efectos adversos en las plántulas y, consecuentemente, en las plantas más maduras. Esta práctica les permite a los viveros producir plántulas más saludables y fuertes, lo que mejora el rendimiento de los cultivos (Banu *et al.* 2005).



Moses Kareithi, un innovador agricultor que forma parte del Programa de Irrigación de Mwea, Kenia, examina su campo, que plantó utilizando únicamente las notas que tomó mientras veía un video sobre el SRI elaborado por el IBM. Entendió rápidamente los métodos y estaba impaciente por probarlos, por lo que no esperó hasta recibir una capacitación formal para agricultores. A pesar de la deficiente nivelación de su campo, el rendimiento de su cultivo se incrementó en 38 %. Quedó tan impresionado con los resultados que empezó a promover el SRI entre sus compañeros agricultores, por lo que el Junta Nacional de Irrigación (NIB) lo contrató para que llevara a cabo trabajo de extensión en dicho programa.

1.2. ¿Por qué el SRI no es considerado una nueva tecnología?

El SRI se conoce como un *sistema* o una *metodología* y no como una *tecnología*. Se trata de un sistema de prácticas basadas en una serie de conceptos y principios que pueden producir mejores resultados. Entonces, ¿por qué no nos referimos a él como una tecnología?

Porque este término generalmente implica algo *fijo y final*, que está *terminado y listo para ser transferido* y que los agricultores utilizan según las instrucciones que reciben, en vez de ser algo que evoluciona y que irá mejorando cada temporada, a medida que se va adquiriendo experiencia.

El SRI evoluciona y mejora a medida que más agricultores, científicos y otros actores aplican su inteligencia y conocimientos para incrementar la eficiencia y la sostenibilidad de la producción del arroz. En la India algunas personas utilizan su sigla en inglés (SRI) para referirse a un sistema de mejoramiento de las raíces (*System of Root Improvement*). En todo caso, este sistema constituye un *trabajo en curso*.

Al no presentar el SRI como una tecnología (que se *adopta*), sino como una *innovación* fundamentada en ciertas ideas sobre cómo crear un ambiente ideal para el crecimiento de las plantas de arroz, los productores entienden mejor que *pueden y deben realizar aportes a él*.

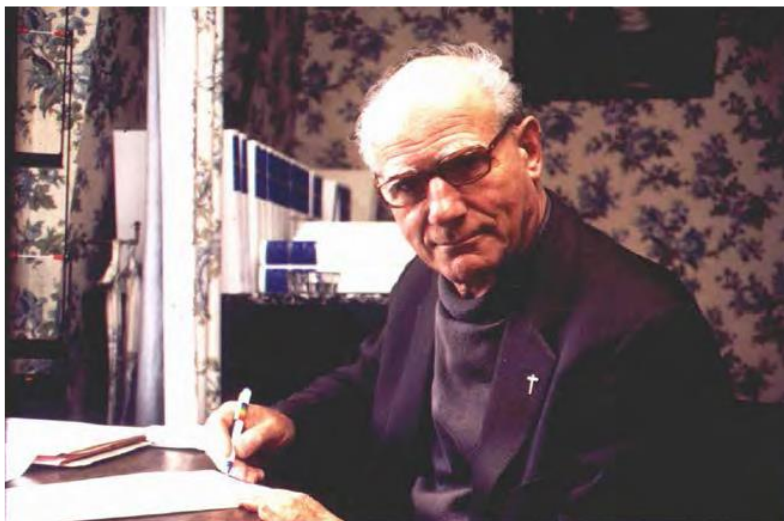
La terminología que empleamos sugiere a los agricultores que deben efectuar *adaptaciones* de los métodos del SRI para que se ajusten a sus condiciones particulares.

Esperamos que puedan realizar *mejoramientos* e incorporar *innovaciones* en el Sistema. Además, los motivamos para que tomen parte en un *desarrollo tecnológico participativo*, contribuyendo al proceso como *socios activos*, en lugar de *adoptadores obedientes*.

Las tecnologías suelen asociarse a cosas *materiales*, tales como un implemento nuevo, mejores semillas, un agroquímico o un fertilizante específico, mientras que el SRI es algo inmaterial que se halla principalmente en la mente. En 1990, cuando el padre Laulanié y sus socios establecieron la ATS, una ONG dirigida a desarrollar y promover este sistema en Madagascar, la denominaron *Asociación Tefy Saina*, nombre que hace alusión al desarrollo humano y no al cultivo de una mayor cantidad de arroz. La mejor traducción al francés de las palabras malgaches *Tefy Saina* es *formation de l'homme* (formación del ser humano).

El hecho de que la práctica del SRI no requiera insumos materiales la coloca en una categoría distinta de la de las tecnologías que han prevalecido en el sector agrícola durante varias décadas. Sus beneficios se obtienen fundamentalmente cuando los agricultores cambian su manera de pensar y sus prácticas, y no mediante la compra de insumos, de los cuales dependen más que de ellos mismos.

2. ¿Cuál es el origen del SRI?



El padre Laulanié en su escritorio en su casa ubicada en Antananarivo.

El SRI fue desarrollado en Madagascar como resultado de media vida de esfuerzos del sacerdote francés Henri de Laulanié, quien trabajó los últimos 34 años de su vida con agricultores tradicionales en dicho país. Su objetivo era ayudarlos a reducir su índice de pobreza y hambre a través del mejoramiento de la producción de arroz, la fuente de más de la mitad de las calorías consumidas a diario por los malgaches. Su enfoque consistía en depender de métodos simples que no requirieran la adquisición de insumos externos por parte de los agricultores, ya que pocos de ellos podían pagarlos y, aunque contaran con el dinero para comprarlos, por lo general no se disponía de dichos insumos en gran parte del país.

Nacido en 1920, Laulanié asistió a la principal escuela-granja agrícola de Francia antes del inicio de la Segunda Guerra Mundial. Dado el sufrimiento que se extendía por toda Europa, después de haber obtenido el grado de bachiller en 1939, decidió cambiar de carrera e ingresar a un seminario jesuita en 1941. Luego de graduarse en 1945, empezó a trabajar en Francia, donde los siguientes dieciséis años se desempeñó como docente en la escuela-granja agrícola de Angers, además de realizar otras funciones. En 1961 fue enviado por la Compañía de Jesús a Madagascar como asesor agrícola. Aunque a su arribo al país sus conocimientos sobre el cultivo del arroz eran escasos, había realizado estudios sobre agricultura general, por lo que decidió enfocarse en aumentar la productividad de este cultivo, que era importante para todos los hogares malgaches.

Durante las siguientes dos décadas observó varias prácticas y experimentó con ellas. Dos de estas prácticas, que contribuyeron al desarrollo del SRI, las aprendió de agricultores que habían abandonado los métodos de cultivo tradicionales. Algunos trasplantaban *una sola plántula*, en lugar de tres a seis en un grupo, mientras que otros *no mantenían sus arrozales continuamente inundados*—solo lo suficientemente húmedos

para satisfacer las necesidades de los cultivos. A fin de controlar las malezas, que se convirtieron en un gran problema cuando los agricultores no mantenían sus arrozales siempre inundados, Laulanié empezó a utilizar una herramienta simple denominada *azada rotativa* (*hou rotative* en francés), que aireaba el mantillo, a la vez que eliminaba las malas hierbas.

Como su única contribución al SRI, el sacerdote experimentó con la plantación de una única plántula en *espacios en forma de cuadrícula* de 25 cm x 25 cm, lo que le permitió usar la azada rotativa en dos direcciones de modo perpendicular, entrecruzando el campo en ángulos rectos (90 °), como se muestra en la página 36. Este procedimiento redujo las poblaciones de plantas de arroz de 70 % a 90 %, brindándole a cada una de las plantas un amplio espacio para que sus raíces y partes aéreas crecieran libremente. Las raíces tenían más volumen de suelo, mientras que las hojas estaban más expuestas a la luz del sol y al aire (páginas 132-133). La escarda mecanizada mejoró la aireación del suelo, el crecimiento del follaje y las raíces de las plantas de arroz y redujo su susceptibilidad a plagas y enfermedades.

El paso más importante hacia el desarrollo del SRI lo constituyó el descubrimiento fortuito de Laulanié en 1983, de que el trasplante de *plántulas muy jóvenes*, solo quince días después de la siembra de las semillas en el vivero, aumentaba significativamente su eventual rendimiento (Laulanié, 1993), ya que ello preservaba el potencial de crecimiento prolífico de las raíces y los brotes. Lo anterior puede ser explicado por medio del concepto de filocronos, analizado de la página 164 a la 173.

El SRI fue desarrollado mediante el uso de fertilizantes químicos; sin embargo, cuando el Gobierno eliminó los subsidios para fertilizantes a finales de los ochenta y los pequeños productores ya no pudieron adquirirlos, Laulanié modificó la práctica del Sistema para *utilizar compost*, lo que resultó ser aún más beneficioso para el crecimiento de las plantas (Uphoff y Randriamiharisoa 2002).

En 1990, junto con algunos amigos y colegas malgaches, Laulanié estableció la **ATS**, una ONG local cuyo nombre significa “desarrollo humano”, en lugar de “cultivo de más arroz”. Su misión era promover el desarrollo agrícola y rural de base amplia en Madagascar, tal como se explica en una publicación póstuma (Laulanié 2003).



El padre Laulanié realiza una visita de campo poco tiempo antes de su muerte en 1995.



*Sebastien Rafaralahy, primer presidente de la ATS, y Justin Rabenandrasana, su primer secretario general, juntos en una visita de campo en **Madagascar**.*

En 1994 la ATS empezó a trabajar con el **CIIFAD** en un proyecto integrado de conservación y desarrollo en el Parque Nacional Ranomafana y sus alrededores, financiado por la USAID y diseñado para proteger los ecosistemas del bosque lluvioso expuestos a peligros en la escarpadura central-oriental del país, proporcionando a los agricultores alternativas productivas a sus prácticas de cultivo ilícitas de tala y quema, entre otras contribuciones.

Durante las siguientes tres temporadas agrícolas, sin cambiar las variedades ni depender de fertilizantes químicos, los agricultores capacitados por funcionarios sobre el terreno de la ATS obtuvieron rendimientos promedio de $8\ t/ha$ en campos donde la media era de solo $2\ t/ha$; algunos de ellos lograron rendimientos de 10, 12 e incluso $14\ t/ha$. En 1997 el CIIFAD intentó por primera vez lograr que colegas de otros países probaran los métodos del SRI y evaluaran por sí mismos estas modificaciones a la práctica estándar.

No obstante, para entonces el padre Laulanié desgraciadamente ya había fallecido, en junio de 1995 a los 75 años, sin saber cuán exitosa podría ser y sería su innovación. (Léase un documento en francés sobre la vida del padre Laulanié, disponible en: <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/LaulanieBiography.pdf>). Recayó sobre la ATS y el CIIFAD continuar con su trabajo, basándose en su conocimiento y tratando de comprender y compartir más ampliamente las oportunidades que toda su vida de abnegada labor había creado mediante su pensamiento no convencional.

Laulanié habría sido el primero en insistir en que el SRI debía ser un fenómeno que evoluciona, enfocado en el agricultor, esto es, un acervo de conocimientos y prácticas

por ser enriquecido a través de un nuevo aprendizaje y la experimentación y la evaluación continuas. En un artículo técnico (1992) Laulanié sugirió que las ideas del Sistema podrían ser extendidas, por ejemplo, a la producción de arroz de altura o de secano.

Dado que el SRI no fue promovido como una tecnología fija, muchos agricultores y otros individuos, además de organizaciones gubernamentales y ONG alrededor del mundo, han asumido desde entonces la “propiedad” de la innovación, que ha sido extendida y extrapolada a otros cultivos aparte del arrozero.

Un ejemplo de ello es la versión de siembra directa y semimecanizada del SRI aplicada en Vietnam, cuyo objetivo es, en parte, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de la asistencia técnica del Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo (SNV) y el financiamiento del Organismo Australiano de Desarrollo Internacional (AusAID). Al respecto, véase un video en el siguiente enlace de YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=51uNFQL1zMw>. Sin duda el padre Laulanié se habría sentido muy complacido con esta extensión de sus ideas en formas que ahorran mano de obra y que resultan beneficiosas para el medioambiente.



*De acuerdo con los cálculos de un técnico agrícola del gobierno, el rendimiento de un arrozal cultivado por medio del SRI en **Madagascar** utilizando una variedad tradicional de arroz fue de 17 t/ha. Sin embargo, aunque este no pudo ser verificado, al compararlo con los rendimientos normales obtenidos en dicho país, este cultivo es notable y constituye un mejoramiento significativo. Incluso un rendimiento de 8 t/ha o 9 t/ha resultaría un gran beneficio para los agricultores y sus familias en este y cualquier otro país.*

2.1 ¿Cómo se ha extendido el SRI alrededor del mundo?

Antes de sacar cualquier conclusión sobre la eficacia del SRI, el CIIFAD siguió la práctica normal de las ciencias agrícolas de esperar tres años (hasta 1997) para sentirse satisfecho con el hecho de que los resultados notables obtenidos no eran una casualidad. Luego de ver que los agricultores lograban *cuadruplicar los rendimientos del arroz por tres años consecutivos*, utilizando las mismas variedades y una cantidad menor de agua y sin depender de fertilizantes químicos para mejorar la fertilidad de los suelos ácidos

con deficiencia de nutrientes de los alrededores del Parque Nacional de Ranomafana (Johnson 1994), el CIIFAD intentó por primera vez lograr que los métodos del SRI fuesen probados y validados fuera de Madagascar.

Ya que el SRI parecía ser “demasiado bueno para ser cierto”, fueron necesarios dos años para lograr que investigadores de otros sitios mostraran interés en él. La mayoría de las personas rechazaban la innovación porque se alejaba demasiado del sentido común como para justificar la realización de pruebas empíricas. En 1999 investigadores chinos de la **Universidad Agrícola de Nanjing** e investigadores del arroz indonesios de la **Agencia para la Investigación y el Desarrollo Agrícola (AARD)** del Ministerio de Agricultura probaron los métodos del SRI. Sus resultados, junto con las evaluaciones de investigadores del **CNRRI**, verificaron que fenotipos más productivos de arroz podrían efectivamente ser producidos empleando SRI métodos (Wang *et al.* 2002; Gani *et al.* 2002; Zhu *et al.* 2002; Tao *et al.* 2002).



*Letrero colocado por el CNRRI en la aldea de Bu Tou en la provincia de Zhejiang en **China**, donde algunas de las primeras pruebas de campo del SRI fueron llevadas a cabo. En el medio de la fila de atrás aparece Zhu Defeng (con camiseta blanca), científico principal en el área del cultivo del arroz del CNRRI, quien inició las evaluaciones del Sistema y se ha desempeñado como coordinador de voluntarios en el trabajo realizado en China; a su lado, el autor de este libro. En la primera fila (con camisa blanca) se encuentra Nie Fuqu, un agricultor que en 2004 obtuvo a través del SRI rendimientos de 11.38 t/ha, a pesar de los tres tifones que azotaron su aldea y eliminaron la mayor parte de los cultivos de sus vecinos debido al establecimiento de albergues. En 2005 Nie empezó a experimentar con la siembra directa y la labranza cero y obtuvo rendimientos a las 10 t/ha, de acuerdo con los investigadores del CNRRI.*

Asimismo, el profesor Yuan Long-ping, conocido mundialmente como “el padre del arroz híbrido” y director del **CNHRDC**, validó los métodos del SRI en los centros de investigación situados en Changsha y Sanya y en una finca de multiplicación de semillas en Meishan, Sichuan (Yuan 2002).

En junio de 1998, Justin Rabenandrasana, secretario de la ATS, realizó una presentación sobre el SRI durante una reunión de una ONG especializada en el cultivo del arroz, celebrada en Filipinas y copatrocinada por el **Instituto Internacional para la Reconstrucción Rural (IIRR)** y la ONG holandesa **Agricultura Sostenible Baja en Recursos Externos (LEISA)**. Los editores de la revista de LEISA publicaron un artículo sobre el SRI, dirigido a sus lectores de todo el mundo, especialmente a las ONG (Rabenandrasana 1999), lo que impulsó la realización de ensayos del Sistema en varios países, incluidos Camboya y Birmania.



*A la izquierda el profesor Yuan Long-ping, frente a una parcela de ensayos del SRI en el CNRRDC en Sanya, **China**, en abril de 2001. A la derecha Liu Zhibin, administrador de una finca de multiplicación de semillas ubicada en Meishan, en la provincia de Sichuan, quien en 2001 obtuvo rendimientos de 16 t/ha aplicando los métodos del SRI con el arroz híbrido súper-1 del profesor Yuan (Yuan 2002). Liu aparece en una parcela en la que utilizó los métodos del Sistema en lechos elevados sin labrar, que en 2005 le proporcionaron un rendimiento de 13 t/ha, alternando el cultivo de arroz SRI con la producción de papa.*

Mientras desempeñaba el cargo de director del CIIFAD, el autor llevó a cabo presentaciones sobre el SRI, una en el **Centro Internacional para la Investigación en Agro silvicultura (ICRAF)** en Nairobi, en mayo de 1998, y otra en el **Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz (IRRI)** en Los Baños, Filipinas, en marzo de 1999. Al final, poco interés fue mostrado por ambas instituciones en aprender más sobre la experiencia del SRI o sus métodos.

En abril de 1999 el autor presentó un artículo sobre el SRI en una conferencia acerca de innovaciones agroecológicas, realizada en el Centro de Conferencias de la Fundación Rockefeller en Bellagio, Italia, que había organizado junto con Miguel Altieri (Uphoff 1999,

2002), lo que condujo a llevar a cabo una mayor difusión de los conocimientos sobre los nuevos métodos y las primeras demostraciones del SRI en Bangladés, por medio de la Cooperativa para la Asistencia y el Socorro a Cualquier Parte del Mundo (CARE) (Hussain 2002).

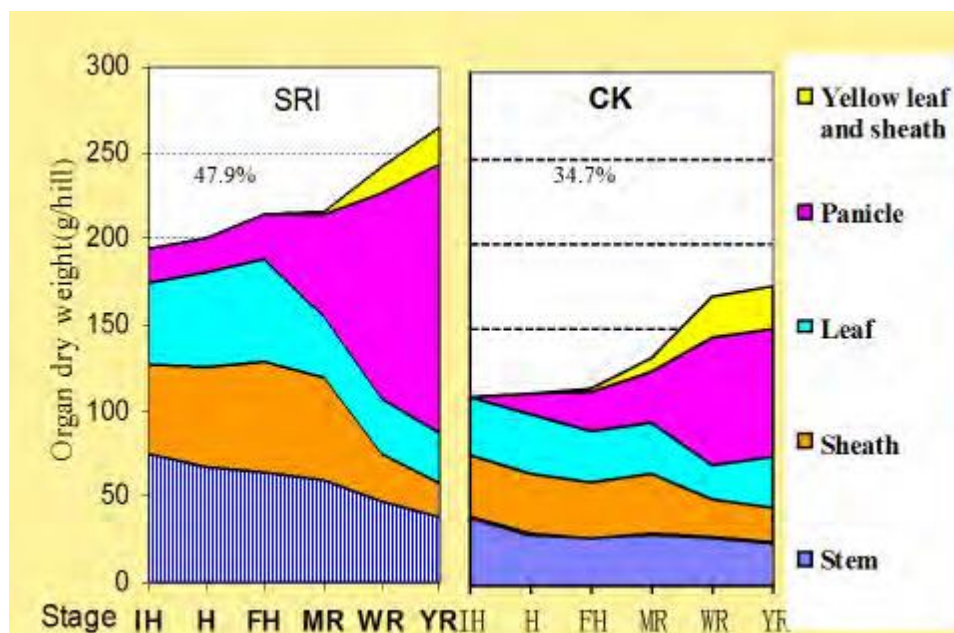
De 1999 a 2000, en Bangladés, pruebas realizadas por el personal de la CARE, el Comité para el Avance Rural de Bangladés (BRAC) y el Departamento de Extensión Agrícola mostraron mayores rendimientos con reducciones en los costos del riego. Posteriormente el BRAC, la Organización del Pueblo para el Desarrollo Sostenible (POSD) y Simple Action for the Environment (SAFE) llevaron a cabo ensayos para evaluar los métodos del SRI, trabajando conjuntamente con Syngenta Bangladesh Ltd., con financiamiento del PETRRA proyecto (Eliminación de la Pobreza mediante el proyecto Asistencia para la Investigación en Arroz) del IRRI. Un total de 1171 ensayos comparativos en la finca realizados en un periodo de dos años demostraron que los métodos del SRI generaron en promedio 30 % más de rendimientos, con una reducción de los costos de producción del 7 % y un incremento de los ingresos netos por hectárea del 58 % (Husain *et al.* 2004).

En octubre de 2000 Sebastien Rafaralahy, presidente de la ATS, llevó a cabo una presentación sobre el SRI en el marco de un simposio internacional sobre agricultura sostenible celebrado en Baltimore, Maryland, Estados Unidos, organizado por el Banco Mundial, conjuntamente con las reuniones de la Sociedad de Agronomía de los Estados Unidos de ese año. Tres meses después realizó otra presentación acerca del Sistema en una conferencia internacional sobre agricultura sostenible efectuada en el Palacio de Saint James en Londres; sin embargo, los participantes mostraron poco interés en dichos eventos.

Asimismo, una ONG ECHO (Educational Concerns for Hunger Organizations) con sede en Florida, incluyó en enero de 2001 un artículo sobre el SRI en su publicación *ECHO Development Notes* (Berkelaar 2001), a través de la cual fueron difundidos aún más los conocimientos sobre el Sistema y se impulsó la realización de pruebas experimentales en varios países, incluidos Benín y Perú.

En 2000 un proyecto de investigación sobre “sistemas de producción de arroz que ahorran agua” fue iniciado por algunos profesores de la Universidad de Wageningen, con financiamiento del Gobierno holandés. El autor fue incorporado como asesor informal del proyecto, en el que participaron investigadores del arroz de China, la India, Indonesia y Madagascar. Durante un taller sobre el proyecto, celebrado en Nanjing en abril de 2001, realizó una presentación sobre “cuestiones científicas planteadas por el Sistema de Intensificación del Cultivo del Arroz” y, además, informes de investigación sobre ensayos del SRI fueron presentados por cada uno de esos cuatro países (Hengsdijk y Bindraban 2001). Los resultados de dichos ensayos impulsaron la realización de nuevos trabajos en torno al Sistema en China, la India e Indonesia, pero no en Wageningen.

Posteriormente el autor y el profesor Robert Randriamiharisoa, director de investigación de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Antananarivo, visitaron el CNHRRDC en Sanya, por invitación de su director, el profesor Yuan Long-Ping, a fin de que compartiéramos nuestros conocimientos sobre el SRI con científicos chinos especialistas en el cultivo. Estos mostraron gran interés en las nuevas ideas, por lo que numerosas iniciativas fueron puestas en marcha en China, especialmente en el CNRRI en Hangzhou.



Peso seco del órgano (g/montículo); Gestión convencional (CK);
Hojas y vainas amarillas; Panoja; Hoja; Vaina; Tallo; Etapa

Diapositiva de una presentación realizada por Tao Longxing del CNRRI en el Coloquio del Año Internacional del Arroz (2004), efectuado en Hangzhou, en la que se muestran las diferencias en los pesos promedio de los órganos de las plantas de arroz (de la misma variedad) obtenidos por medio del SRI y de la gestión convencional (CK), desde la etapa de crecimiento inicial (IH) hasta la de arroz amarillo (YR). El término "hojas y vainas amarillas" se refiere a la senescencia. Las grandes diferencias que el Dr. Tao midió mostraron el contraste entre los fenotipos.

A partir de estos foros y de contactos que el CIIFAD y la ATS fueron capaces de obtener en nombre del SRI, en 2000 se empezaron a llevar a cabo ensayos y demostraciones también en Bangladés, Camboya, Cuba, Gambia, la India, Laos, Birmania, Nepal, Filipinas, Sierra Leona, Sri Lanka y Tailandia.

En abril de 2002, con el apoyo del CIIFAD, la Fundación Rockefeller y el Departamento de Desarrollo Rural del Banco Mundial, se realizó en Sanya, China una conferencia internacional dirigida a evaluar el SRI, a la que asistieron 45 representantes de quince países, quienes compartieron los resultados y las experiencias adquiridas con el SRI a la fecha, y sesenta participantes de China. Fue auspiciada por el Centro Nacional de Arroz Híbrido de China (CNHRC) y coauspiciada por el CNRRI y la ATS, como ya se mencionó en el prólogo. Las actas de dicha reunión fueron publicadas en: <http://sri.cals.cornell.edu/proc1/index.html>.

Inmediatamente después de haberse celebrado la conferencia en Sanya, Randriamiharisoa y el autor, junto con otros colegas del SRI, participaron en otro taller sobre el proyecto de Wageningen, que fue llevado a cabo en el IRRI en Filipinas. Se presentaron datos sobre los ensayos del Sistema efectuados en Madagascar, la India, China e Indonesia, los cuales fueron publicados junto con las actas (Bouman *et al.* 2002). Luego, el autor participó en otros talleres en Laos y Nepal, organizados respectivamente por el representante del IRRI en Vientián y un miembro del personal del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en Katmandú.

Desde la celebración en 2002 de los eventos en Sanya y Los Baños, los informes de otros cuarenta países han demostrado que los cambios en la gestión de las plantas, el suelo, el agua y los nutrientes recomendados por medio del SRI pueden generar plantas de arroz más productivas y saludables en:

- **Asia:** Bután, Corea del Norte, Corea del Sur, Japón, Malasia, Pakistán, Taiwán, Timor Oriental y Vietnam.
- **El Oriente Medio:** Afganistán, Egipto, Irán e Iraq.
- **África Subsahariana:** Benín, Burkina Faso, Burundi, Camerún, el Congo, Costa de Marfil, Ghana, Guinea, Kenia, Malawi, Mali, Mozambique, Níger, Nigeria, Ruanda, Senegal, Tanzania, Togo y Zambia.
- **América Latina y el Caribe (ALC):** Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Haití, Panamá, Perú y República Dominicana.

En Europa, Canadá y Estados Unidos el uso de los métodos del SRI ha sido escaso, aunque productores de arroz orgánico han llevado a cabo ensayos en este último país. El uso del Sistema debe extenderse a los países clasificados como “más desarrollados”. Dicha falta de interés parece derivarse de la creencia de que el SRI es necesariamente intensivo en el uso de mano de obra. Este punto de vista erróneo puede haber impedido que los productores de mayor escala consideraran cómo los conceptos y los métodos del Sistema podrían ser adaptados y aplicados en sus circunstancias. Particularmente donde el agua es escasa y ello afecta a la agricultura, las ideas y las prácticas del SRI deben empezar a recibir atención y a ser evaluadas.

2.2 ¿Su extensión requiere condiciones políticas favorables, entre otras?

Un resultado inesperado de la independencia del SRI de insumos y suministros de materiales para mejorar la producción, ya que se enfoca en hacer un uso más productivo de los recursos de los que disponen los agricultores, es que los métodos han sido introducidos con éxito en varias *situaciones de conflictos o posconflictos*, en las que las actividades habituales de apoyo a la extensión agrícola no son factibles o resultan muy difíciles de realizar.

Una de dichas experiencias tuvo lugar en el área rural de **Sierra Leona**, luego de la guerra civil. El programa de Visión Mundial en dicho país envió en noviembre de 2000 a un miembro del personal del área de agricultura a Madagascar para que aprendiera los métodos del SRI por medio de la ATS (Yamah 2002). Veinte agricultores de cada uno de los ocho pueblos recibieron capacitación en los métodos del SRI y llevaron a cabo sus propias evaluaciones, obteniendo un rendimiento promedio de 5.3 t/ha, comparado con el de 2.5 t/ha obtenido en parcelas colindantes. Los resultados de un programa ampliado fueron publicados en 2004 en una revista de la USAID; no obstante, esta iniciativa perdió impulso luego de que Visión Mundial cambiara al director y la dirección del programa en Sierra Leona.



*Informe incluido en una publicación de la USAID, en el que se describe el aumento en los rendimientos obtenido por medio del uso de los métodos del SRI en **Sierra Leona**. Algunas familias produjeron doce fanegas de arroz; con métodos de siembra al voleo habían cosechado previamente solo dos fanegas (Lartigue 2004).*

La provincia de Aceh en **Indonesia** constituye otra área afectada donde el SRI ha sido introducido. Poco después del desastre generado por el tsunami de diciembre de 2004, la obra católica CARITAS puso en marcha el trabajo del Sistema, a pesar de que dicha área también estaba enardecida por la insurrección de treinta años de la guerrilla GAM, que buscaba autonomía local. El uso de las prácticas del SRI proporcionó a los agricultores de Aceh rendimientos promedio de 8.5 t/ha, muy diferentes de los de 2 t/ha obtenidos a través de los métodos estándar (Cook y O'Connor 2009).

En **Sri Lanka**, durante los hechos violentos de tipo comunitario y étnico que asediaron el país, la administración separatista del grupo Tigres de Liberación del Eelam Tamil (LTTE) del distrito de Batticaloa permitió a la Oxfam Community Aid Abroad (Oxfam Australia) brindar capacitación sobre el SRI en algunas áreas bajo su control.

En una ocasión un agricultor-instructor cingalés fue detenido para ser interrogado por soldados armados a quienes no se les había informado sobre dicho permiso. Algunos agricultores tamiles, que pasaban frente al búnker donde el instructor estaba detenido,

lo reconocieron, detuvieron el autobús en el que viajaban y se bajaron a fin de persuadir a los soldados para que liberaran a Premarathne (quien aparece en la siguiente fotografía), de modo que este pudiera impartir la sesión de capacitación programada para esa tarde. El interés en aumentar la productividad del cultivo del arroz mostrado por tamiles y cingaleses trascendió sus diferencias étnicas.



*W.M. Premarathne en su finca ubicada en Mellawalana, **Sri Lanka**, sostiene una planta cultivada mediante el SRI aún en su etapa vegetativa de crecimiento. Cuando el autor visitó esta finca en 2004, Premarathne le mostró una panoja de arroz con 930 granos. Oxfam Australia le dio empleo para que desarrollara el programa del SRI en Sri Lanka y llevara a cabo la capacitación, incluso en el área controlada por los separatistas.*

Incluso en el apogeo de la insurgencia maoísta en **Nepal**, las actividades de extensión del SRI se desarrollaron de manera segura en el campo, aunque la violencia guerrillera impidió a otros agentes del Gobierno circular libremente. Los agricultores locales exhortaron a los insurgentes a no interferir en las actividades de extensión del Sistema (Uprety 2006).

Actividades de investigación y extensión sobre el SRI fueron llevadas a cabo en la MRRS, ubicada en el sur de **Iraq**, incluso cuando los conflictos armados en el país a mediados de los 2000 eran graves. En 2007 la biblioteca de la Estación fue incendiada por los insurgentes; no obstante, el trabajo siguió su curso, como se observa en la fotografía de la página 4 (Hameed *et al.* 2011).

Tras la finalización de los conflictos armados en **Timor Oriental**, que habían conducido a la independencia nacional de dicho país de Indonesia en 2002, miembros de la Indonesian Association for SRI (Ina-SRI) empezaron a brindar capacitación sobre los métodos del Sistema a agricultores y a miembros del personal en Timor Oriental (Oxfam/MCE-A 2014).



*A la izquierda, tres agricultores autodenominados “activistas del SRI” en **Timor Oriental**, junto a Iswandi Anas, coordinador de la Ina-SRI (tercero desde la izquierda), acompañados por un miembro del personal de la Agencia de Cooperación Internacional Alemana (GIZ) en el centro y tres funcionarios locales de extensión a la derecha.*

En 2006, en el norte de **Afganistán**, la Fundación Aga Khan (AKF) inició la introducción del SRI en el distrito de Baghlan (Thomas y Ramzi 2011). A pesar de la oposición talibana, se logró su extensión y avance significativo (véase la fotografía de la página 9 de un agricultor armado escoltando a un asesor técnico de proyectos en el campo). Algunos agricultores que iniciaron los ensayos tuvieron que abandonarlos bajo las amenazas talibanas y, posteriormente, la AKF debió detener sus operaciones en varios distritos, ya que los miembros de su personal se encontraban en peligro. Sin embargo, el uso de los métodos del Sistema se ha mantenido, lo que ha beneficiado a los agricultores. Actualmente la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) incluye al SRI en su Programa de Manejo Integrado de Plagas, con el apoyo del Gobierno de Noruega (Ramzi y Kabir, 2013).

La expansión y el impacto del SRI en **Birmania**, discutido en la páginas 58-59, tuvieron lugar en dos estados al norte del país, donde ha existido un prolongado conflicto entre los grupos guerrilleros étnicos y las fuerzas armadas. La ONG a cargo de las escuelas de campo para agricultores dirigidas a difundir el SRI debió mantener la aceptación del Gobierno y las fuerzas insurgentes para llevar a cabo su trabajo; sin embargo, los mejoramientos logrados en decenas de miles de familias con grandes necesidades económicas le brindaron legitimidad y prestigio sustanciales (Kabir y Uphoff 2007).

En 2012, cuando las fuerzas yihadistas tomaron el control de algunas zonas del norte de **Mali**, se realizaron esfuerzos dirigidos a evaluar y expandir el SRI. En marzo los servicios gubernamentales fueron paralizados en la región de Gao, pero Hamidou Guindo, un técnico que brindaba liderazgo para la extensión del Sistema, continuó trabajando voluntariamente en Douentza, su lugar de origen.

SRI-Rice y la ONG SRI Global fueron capaces de brindarle a Hamidou una pequeña donación que respaldara su trabajo. A pesar de la vigilancia y la desconfianza de los yihadistas, quienes tomaron el control del área de Douentza en el verano, setenta agricultores que emprendieron ensayos del SRI en siete pueblos pudieron realizar ensayos comparativos en la finca. A través del Sistema lograron rendimientos promedio de 8 t/ha, mientras que por medio de los métodos usuales producían 4.3 t/ha, lo que significa un incremento del 86 % (Cornell Chronicle 2013).



*Agricultores en Douentza, **Mali**, miden los rendimientos del SRI mediante la cosecha de diez cuadrados de 1 m² cada uno del campo de cada uno de los setenta agricultores, es decir, setecientas muestras en total. Estos resultados fueron evaluados durante la ocupación yihadista de su área en 2012.*

La extensión y la utilización del SRI pueden con certeza resultar más fáciles y probablemente más exitosas en condiciones políticas y sociales favorables. No obstante, en varios países las nuevas ideas han sido difundidas en circunstancias adversas, en las que la obtención de una mayor producción con una inferior necesidad de gastos y una menor cantidad de agua ha resultado más beneficiosa para los hogares vulnerables que la lograda en condiciones de “normalidad”.

3. ¿Cómo el SRI puede beneficiar a hogares con recursos limitados?

Este sistema fue desarrollado inicialmente para beneficiar a familias pobres, con recursos limitados y en situación de inseguridad alimentaria, que requieren obtener la máxima producción posible con las pequeñas cantidades de *tierra* a las que tienen acceso, la *mano de obra* familiar de la que disponen y, de ser posible, utilizando una cantidad menor de *agua* y sin tener que gastar *dinero* en la compra de insumos (nuevas semillas, fertilizante, agroquímicos) u obtener préstamos para adquirir insumos que los llevarían a contraer (más) deudas.

El aumento de la productividad de la tierra, la mano de obra, el agua y el capital invertido en la producción del arroz, sin requerir la adquisición de ciertos insumos, le brindan al SRI su singularidad entre las innovaciones agrícolas contemporáneas. Los hogares pobres pueden adoptarlo simplemente modificando su forma de pensar y sus prácticas familiares. Por consiguiente, este sistema no presenta el tipo de barreras a la adopción que impidieron que las tecnologías de la Revolución Verde beneficiaran a muchas de las familias pobres del mundo. Se calcula que el número de personas que padecen de hambre crónica en las zonas arroceras de Asia, África y América Latina es de 400 millones (SurrIDGE 2004); sin embargo, dicha cifra pudo haber aumentado en los últimos años.

La manera en que el SRI puede mejorar la vida de los hogares pobres ha sido comprobada claramente en Birmania, Camboya y la India. Véase también el informe de Indonesia en las página 52.

- **Camboya:** De 2002 a 2003 la ONG **Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales** (ADRA) convenció a cien productores de arroz de un pueblo cercano a Siem Riep, cuyos rendimientos promedio eran de solo 1 t/ha, a probar el SRI. ADRA ofreció compensar a aquellos que probaran los métodos propuestos y cuyos rendimientos descendieran con respecto a dicho promedio. De acuerdo con Roland Bunch de World Neighbors, con los métodos del SRI estos cien agricultores lograron un promedio de 2.5 t/ha, por lo que ninguno de ellos tuvo motivos para solicitar compensación alguna a ADRA (<http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/cambadrepmay03.pdf>)

De 2006 a 2007 un proyecto de producción familiar de alimentos de la ONG **LDS Charities** logró que 146 agricultores de secano de Camboya, cuyos arrozales habían presentado rendimientos promedio de 1.06 t/ha el año anterior, probaran los métodos del SRI. Ese año, con la aplicación de dichas prácticas, sus rendimientos promedio fueron de 4.02 t/ha y todos ellos sobrepasaron sus rendimientos anteriores con costos más bajos (Lyman *et al.* 2007). Tales aumentos transformaron las oportunidades de estas familias pobres (<http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/camldsrrpt07.pdf>).



Fotografías extraídas de un informe de LDS Charities sobre la introducción del SRI en Camboya central (Lyman et al. 2007). A la izquierda, los tres hijos de Hang Hein, quien trasplantó su arroz cultivado a través del SRI en un día, mientras que muchos más días-persona fueron necesarios para realizar el trasplante convencional del campo de un vecino, que se muestra en la imagen de la derecha. Los rendimientos obtenidos por Hang mediante el Sistema fueron de 5 t/ha, mucho más altos que los anteriores de 1.25 t/ha.

- **India:** En 2003, cuando la ONG **PRADAN** introdujo el SRI en el distrito de Purulia, ubicado en el estado de Bengala Occidental y asolado por la pobreza, solo cuatro agricultores estaban dispuestos a probar los nuevos métodos. Al año siguiente 150 agricultores practicaban el SRI, mientras que en 2007 su número se aproximaba a los 4000. En 2004 un equipo de evaluación del Programa de la India del Instituto Internacional de Gestión de Recursos Hídricos (IWMI) analizó el uso y los impactos del SRI en dos pueblos, uno de los cuales había sufrido una severa sequía.

Con los métodos de dicho sistema el aumento promedio en los rendimientos fue de 32 % (50 % en el pueblo con un nivel normal de precipitaciones y 11 % en el que resultó afectado por la sequía). Los evaluadores descubrieron que el ingreso promedio neto de los hogares por hectárea aumentó 67 %, mientras que los hogares redujeron su inversión de mano de obra por hectárea en 8 %. A la mano de obra ahorrada se le dio otros usos lucrativos. El equipo del IWMI informó que un agricultor obtuvo un rendimiento de 15 t/ha, que fue medido y pesado personalmente por el líder del equipo, ya que este sabía que dicho rendimiento generaría controversia (comunicación personal). En el informe del IWMI el SRI es caracterizado como una innovación “a favor de los pobres” (Sinha y Talati 2007).

En 2011 el periódico *The Hindu* comunicó que, a través de la adopción de los métodos del SRI, pueblos completos en el distrito de Damoh, ubicado en el estado de Madhya Pradesh, con poblaciones en su mayoría tribales y pobres, fueron capaces de cuadruplicar los rendimientos de sus arrozales sin tener que adquirir nuevos insumos. Por medio de la siembra de variedades autóctonas y la utilización de compost elaborado localmente, sus rendimientos promedio pasaron de 2 t/ha a 8.5 t/ha (Singh 2011).



Comparación de la longitud de las panojas de una variedad autóctona de arroz cultivada con métodos del SRI, arriba, y una variedad de alto rendimiento cultivada convencionalmente, abajo (Singh 2011).

• **Birmania:** En 2001 la ONG **Fundación Metta para el Desarrollo** inició la introducción del SRI en la provincia septentrional de Kachin y la de Shan a través de escuelas de campo para agricultores, dirigidas principalmente a arroceros de secano pertenecientes a minorías étnicas. Durante cuatro años la ONG brindó actividades de capacitación práctica de una temporada de duración a 5200 hombres y mujeres por medio de tales escuelas.

En 2005 otros 5000 agricultores recibieron este tipo de capacitación. A través de la difusión de agricultor a agricultor, se estimó que 50 000 hogares empezaron a utilizar los métodos del SRI (Kabir y Uphoff 2007).

En las parcelas de las escuelas de campo para agricultores (N = 30) de 0.4 ha, los rendimientos promedio con el SRI fueron de $6.5 t/ha$, comparados con los rendimientos normales de los agricultores de $2 t/ha$. Luego de ser capacitados, los productores obtuvieron rendimientos promedio en sus propios campos de $4 t/ha$, incluso sin utilizar todos los métodos del Sistema recomendados.

Dado que el cultivo de arroz convencional ha sido poco más que una operación de equilibrio y que los costos de producción de los agricultores no aumentaron con el SRI, los *ingresos netos por hectárea* de las familias se octuplicaron, es decir, pasaron de una producción neta de arroz de $296 kg/ha$ a una de $2585 kg/ha$.

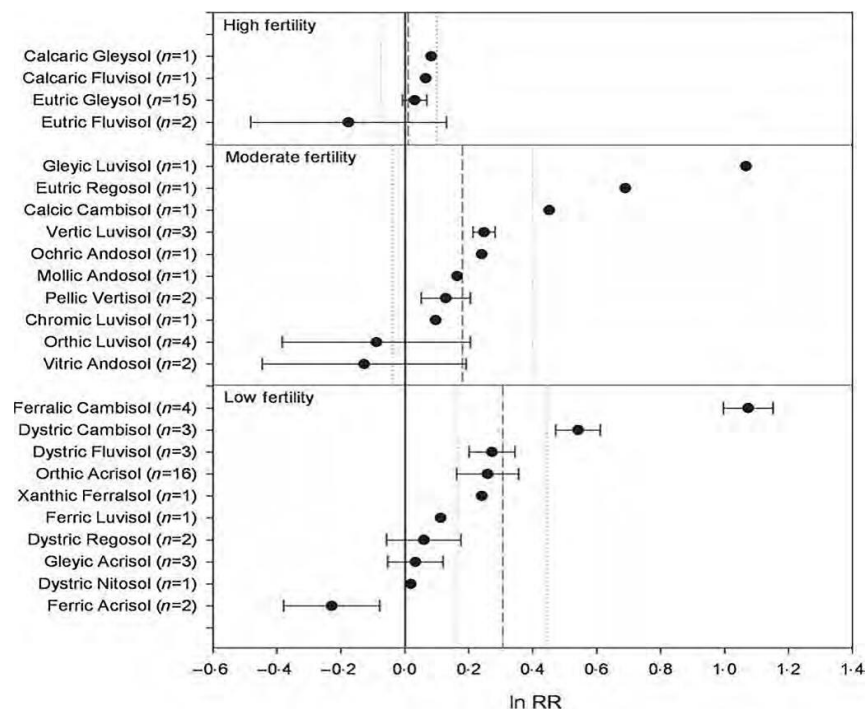


*Sesión de capacitación en una escuela de campo para agricultores impartida por la Foundation Metta para el Desarrollo en el estado de Kachin, **Birmania**.*

El SRI es una de las pocas innovaciones que ofrecen *relativamente mayores beneficios a los agricultores más pobres*. No obstante, existen indicios de que también puede haber mayores beneficios en *términos absolutos*. Los cultivadores más pobres suelen tener acceso solo a suelos deficientes, comparados con los más fértiles que son propiedad de los agricultores más ricos y son cultivados por estos.

De acuerdo con un estudio publicado en la literatura agrícola, en el que se evaluaron setenta comparaciones entre el SRI y la práctica estándar realizadas en quince países, los aumentos en los rendimientos promedio logrados por medio de los métodos de este sistema fueron *mayores en los suelos con una fertilidad de moderada a baja que en los que presentan una fertilidad alta*, cuando estos fueron clasificados según los criterios de la FAO (Turmel *et al.* 2011). Como se ve en la siguiente página, los métodos del SRI podrían proporcionar a los agricultores más pobres mayores ganancias de manera absoluta y relativa.

Estos diferenciales podrían haber sido logrados al menos parcialmente por medio de las prácticas de gestión de los recursos hídricos del SRI. La alternancia del riego y el secado de los suelos de los arrozales puede movilizar el fósforo (P) “disponible” de las reservas de P “no disponible” del suelo (Turner y Haygarth 2001). Muchos suelos cuya fertilidad es baja en la actualidad presentan importantes limitaciones de P disponible. La hipótesis de que los rendimientos más altos del SRI son obtenidos en parte a través de la movilización del P de otra manera no disponible en los suelos donde hay poco P disponible fue respaldada por ensayos efectuados en Panamá por Turmel (2011), que comparó la productividad de este sistema con la de la gestión convencional del arroz.



Gleysol calcárico (n=1); Fluvisol calcárico (n=1); Gleysol éutrico (n=15); Fluvisol éutrico (n=2); Luvisol gléico (n=1); Regosol éutrico (n=1); Cambisol calcárico (n=1); Luvisol vértico (n=3); Andosol ócrico (n=1); Andosol mólico (n=1); Vertisol pélico (n=2); Luvisol crómico (n=1); Luvisol órtico (n=4); Andosol vítrico (n=2); Cambisol ferrálico (n=4); Cambisol dístrico (n=3); Fluvisol dístrico (n=3); Acrisol órtico (n=16); Ferralsol xántico (n=1); Luvisol férrico (n=1); Regosol dístrico (n=2); Acrisol gléico (n=3); Nitosol dístrico (n=1); Acrisol férrico (n=2)
Fertilidad alta; Fertilidad moderada; Fertilidad baja

Figura en la que se muestran los índices de respuesta (IR) de los diferentes tipos de suelos clasificados como de fertilidad alta (n = 19), moderada (n = 17) o baja (n = 36), de conformidad con los criterios de la FAO, y en la que se comparan los rendimientos de los arrozales cultivados a través de las prácticas del SRI con los sistemas convencionales de gestión (Turmel et al. 2011).

3.1 ¿Puede el SRI favorecer también a los grandes productores?

Ya que las innovaciones de este sistema tienen una base biológica y son neutrales en términos de escala, pueden ser utilizadas por agricultores de pequeña, mediana y gran escala. El SRI capitaliza el potencial de las plantas de arroz, sus semillas y los sistemas de suelos manejados apropiadamente y ninguna patente o derecho de propiedad intelectual limita su uso. Sus percepciones y prácticas están disponibles gratuitamente para todos.

Al principio se consideraba que el SRI *hacía necesariamente un uso intensivo de la mano de obra*, dado que en este sentido requería más insumos por hectárea, por lo que los agricultores más ricos no querían o no podrían emplear estos métodos en grandes terrenos. Si fuese así, este sistema sería apropiado y factible solo para los pequeños productores, quienes disponen relativamente de más mano de obra. Sin embargo, el SRI *podría ahorrar mano de obra* una vez que los agricultores y los obreros adquieran las habilidades y la confianza con respecto a los nuevos métodos (páginas 95-97).

Los principios de este sistema pueden ser extrapolados, adaptando sus prácticas para utilizarlos a gran escala, especialmente en la actualidad, cuando las operaciones clave del SRI que requieren mano de obra, tales como la escarda y el trasplante, están siendo mecanizadas (Sharif 2011). Comprensiblemente, esto complica la evaluación del impacto del Sistema en los productores más pobres en relación con los más ricos.

Por medio de una enseñanza y una supervisión adecuadas a los obreros, dada la remuneración que refleja la contribución que sus ahora mayores habilidades realizan a los resultados del SRI y, posiblemente, con la mecanización de ciertas operaciones, los métodos de este sistema pueden resultar beneficiosos para los agricultores más grandes y ricos y los más pequeños y pobres.

En la medida en que el SRI saque provecho de la mayor productividad y que el aumento de la producción tenga un gran impacto en el suministro de arroz y reduzca sus precios con el tiempo, logrando que se pueda disponer de este grano básico de una manera más económica y sencilla, el Sistema ciertamente beneficiará los hogares pobres, particularmente aquellos ubicados en zonas urbanas.

Ya en 2004 una gran finca progresiva que opera en el delta Cauvery del estado Andhra Pradesh de la **India** utilizaba los métodos del SRI en un campo de más de 40 ha. Con una buena capacitación y la cuidadosa supervisión de la mano de obra y sin un muestreo, el rendimiento del cultivo fue de 11.15 t/ha, es decir, se duplicó el rendimiento anterior (Uphoff 2005).

En 2007 en **China** el personal de los departamentos de Agricultura de las provincias de Sichuan y Zhejiang reportó que los agricultores de gran escala adoptaban los métodos del SRI más rápidamente que los de escalas menores, ya que dichos métodos les permitían reducir no solo la cantidad de semilla y agua utilizada y otros costos, sino también los requerimientos de mano de obra. Esta última consideración fue muy atractiva para los productores de mayor escala de China, ya que el rápido desarrollo industrial estaba reduciendo el suministro de mano de obra para la actividad agrícola del país (Uphoff 2007b).

Esperamos que con el tiempo algunas operaciones clave del SRI –el trasplante u otro medio de establecimiento de cultivos, y la escarda– sean mecanizadas, por ejemplo, mediante pequeños tractores de dos ruedas. La siembra directa ya está siendo introducida junto con los métodos del SRI en algunos lugares

(<https://www.youtube.com/watch?v=51uNFQL1zMw>).

En **Pakistán** un ensayo de gran escala evaluó la mecanización bastante completa del SRI, que combinaba sus principios con los de la AC (sin labranza) y de la *agricultura orgánica* (Sharif 2011). En una parcela de 8 ha, nivelada por láser para incrementar la eficiencia en el uso del agua, se obtuvo un rendimiento del cultivo de 12 t/ha en la primera temporada, con una reducción del 70 % de la cantidad de agua utilizada y una disminución similar en la mano de obra, con base en el enfoque de arrozales elevados

de la gestión de las tierras y los recursos hídricos. La maquinaria diseñada para poner en práctica el SRI podría ser utilizada por pequeños agricultores en el marco de una cooperación, a fin de que la mecanización no deba limitarse a los grandes productores. A continuación se presentan fotografías de algunos de los equipos diseñados por Sharif en el contexto de esta innovación.



*El SRI mecanizado en **Pakistán**. A la izquierda, una máquina construye lechos elevados permanentes en una parcela de ensayo de 8 ha nivelada por láser y realiza la aplicación de precisión de pequeñas cantidades de compost y fertilizante. A la derecha, otra máquina lleva obreros, quienes dejan caer plántulas de diez días de edad en agujeros espaciados ampliamente, realizados por la misma máquina en los lechos, y un tanque de agua que posteriormente llena los agujeros con dicho líquido. Una tercera máquina que no se muestra en las imágenes deshierba los lechos varias veces para mantener la superficie del suelo suficientemente aireada (Sharif 2011).*

Como norma los productores de más gran escala se mantienen alejados de los sistemas de producción de uso intensivo de mano de obra, ya que prefieren mecanizar la producción para no tener que contratar ni supervisar la mano de obra. En términos generales, tener una más alta demanda de mano de obra beneficiará a los hogares más pobres mediante la generación de más oportunidades de empleo para ellos, lo que a menudo también incrementa los salarios de la mano de obra agrícola y, en todo caso, aumenta los ingresos de las familias.

Se ha demostrado que los métodos del SRI pueden beneficiar a los hogares más ricos y más pobres en términos absolutos; sin embargo, debido a que las familias pobres tienen mayor necesidad y demanda de más alimentos, ingresos más altos y una seguridad económica mayor, este sistema resulta *relativamente más favorable* para ellas. Al mismo tiempo, los hogares más ricos también pueden obtener beneficios de las modificaciones en sus métodos de producción.

3.2 ¿Cuáles son los efectos del SRI en el bienestar de la mano de obra y los hogares?

Los impactos netos del SRI para los pobres son algo complicados. En la medida en que este hace un uso más intensivo de la mano de obra, requiriendo más insumos de este

tipo por hectárea, se favorece el empleo de pequeños agricultores, quienes tienen relativamente más trabajo relacionado con la tierra, y se generan más oportunidades de empleo para los obreros sin tierra.

No obstante, el SRI no requiere utilizar o no siempre utiliza más intensivamente la mano de obra, como ya se indicó. Disminuir la cantidad de mano de obra necesaria por hectárea para cultivar a través de este sistema reducirá las oportunidades de empleo de los trabajadores contratados para el trasplante y la escarda, aunque podrían generarse otros empleos a través de la cosecha y la trilla como resultado de los mayores rendimientos obtenidos.

Hasta el punto en que el SRI economice la mano de obra en lugar de hacer un uso intensivo de ella, los pequeños agricultores resultan favorecidos, ya que disponen de más tiempo libre que anteriormente dedicaban a satisfacer las necesidades de alimentos básicos de los hogares. Economizar la mano de obra les permitirá emplear una parte de su mano de obra familiar en otros usos más lucrativos. Como se indicó antes, las familias pobres del distrito de Purulia, Bengala Occidental, India, agradecieron esta posibilidad, de acuerdo con la evaluación efectuada por el equipo del IWMI.

Además, las familias con un déficit alimentario, es decir, que no producen suficientes granos básicos para el consumo de un año, se beneficiarán en gran manera de los más altos rendimientos obtenibles a través del SRI. Una mayor producción les permite huir del ciclo de deuda que actualmente mantiene a muchas de ellas en pobreza permanente.

Los hogares que no pueden alimentarse a sí mismos deben recurrir constantemente a prestamistas que les exigen vender su cosecha de arroz en la temporada de cosecha, cuando su precio es bajo, para pagar sus deudas de alto interés contraídas cuando su suministro de alimentos se agota y el precio de los alimentos es nuevamente alto. Esperamos que el SRI pueda ayudar a estas familias una vez que estas sean más capaces de alimentarse a sí mismas para escapar de lo que equivale a una servidumbre por deudas.

En términos generales, se puede esperar que incrementando sustancialmente el suministro total de alimentos, el SRI rebajará el precio de los granos básicos para cientos de millones de personas pobres alrededor del mundo, lo que constituiría una clase extendida y eficiente de intervención, dirigida a reducir la pobreza mediante la liberación de una parte significativa de los módicos ingresos de los pobres, que les dejaría más dinero para atender sus otras necesidades diferentes de las alimentarias.

En la medida en que los agricultores de mayor escala mejoren su eficiencia y aumenten su producción empleando los métodos del SRI, pueden obtener más ingresos netos, aunque los precios de los granos se reduzcan debido a los aumentos en el suministro relativos a la demanda por la disminución de sus costos de producción. Al mismo tiempo se puede aliviar más el hambre y la necesidad de los pobres de las zonas urbanas.

Habrán numerosos ajustes adicionales realizados a las aplicaciones del SRI; no obstante, esperamos que, a través del mejoramiento de la producción de alimentos básicos y la liberación de las tierras, el agua y otros recursos para su utilización en otras operaciones más productivas y remunerativas, este funcione amplia y sosteniblemente para el beneficio de los hogares pobres sin tierras y de los que las poseen de manera limitada. A la vez, esperamos que este sistema también brinde beneficios a los productores de gran escala y a la sociedad como un todo.

Los conceptos del SRI son extrapolados y extendidos a *otros cultivos*, como se mencionó de la página 158 a la 163. Por ejemplo, los rendimientos del mijo africano, uno de los principales cultivos de la población pobre de la India y África Oriental, se han duplicado e incluso triplicado con la aplicación de tales conceptos (PRADAN 2012). En Etiopía se han obtenido ganancias similares con el cultivo del *tef*, el grano básico nacional, mediante la aplicación de los métodos del SRI adaptados.

El número de cultivos a los que las ideas y los métodos del SRI pueden ser aplicados productivamente continúa en aumento, incluidas las semillas oleaginosas, las leguminosas y las hortalizas (Abraham *et al.* 2013; Behera *et al.* 2013; SRI-Rice 2014). Estimular la producción de sorgo, maíz y otros cultivos será una gran ayuda para las familias pobres que dependen de ellos. El hecho de que los productores más ricos puedan sacar provecho de los principios y las prácticas del SRI no eliminará los beneficios que estos puedan generar a los pobres.

Hasta el punto en que el SRI reduzca los requerimientos de mano de obra para la producción de arroz por hectárea, ello afectará las oportunidades de trabajo para los pobres; no obstante, estos efectos podrían ser compensados o al menos mitigados reduciendo los precios de mercado de los alimentos básicos en los que ellos gastan la mayor parte de sus escasos ingresos. En ocasiones el Sistema ha sido desestimado por “excederse en el uso intensivo de la mano de obra” y, posteriormente, cuando se demuestra que sus prácticas *reducen* los requerimientos de mano de obra, se objeta que ello perjudicará a los pobres, aunque se reconozca que beneficia directamente a los pequeños agricultores y a otros.

Estas son cuestiones complicadas que interactúan, cuyos resultados y resoluciones varían en la medida en que la productividad del cultivo se incrementa, y en las que prevalecen los niveles de salarios, las oportunidades alternativas de empleo, etc. Pueden tener lugar aumentos y reducciones en la demanda de mano de obra. Los precios agrícolas más bajos desfavorecerán a algunos productores y beneficiarán a otros.

Probablemente los efectos más importantes del SRI serán el aumento de la productividad de la tierra, la mano de obra, el agua, las semillas y el capital usados en la producción agrícola y la reducción de los costos reales de los alimentos.

4. ¿Cómo el SRI puede beneficiar el medioambiente?

Los métodos del SRI son ventajosos no solo para las plantas y las personas, sino también para el *hábitat natural* y el mantenimiento y la conservación de su *biodiversidad*.

El agua: El beneficio ambiental más directo del uso del Sistema se obtiene a través de las *reducciones que realiza en los requerimientos de agua para cultivos* para la producción de arroz irrigado. Con la continua inundación de los campos el arroz constituye prácticamente el cultivo más “sediento” que existe. Producir 1 kg de arroz supone un consumo de 2000 a 5000 l de agua. Los métodos de gestión de los recursos hídricos del SRI reducen dicha “sed” de un 25 % a un 50 % y, en ocasiones, un porcentaje mayor, dependiendo del tipo de suelo y de cuán excesivas han sido las prácticas previas para mantener los campos inundados.

Comprender que *las plantas de arroz no necesitan inundación* y que no alcanzan su mejor producción cuando son cultivadas en agua estancada sorprende a muchas personas que han aceptado la idea convencional de que la inundación es beneficiosa e incluso necesaria para este cultivo, como lo ha manifestado De Datta (1981) en varias ocasiones. Las investigaciones demuestran que esta es una creencia errónea (Guerra *et al.* 1998).

Se realizó un *metaanálisis* de veintinueve evaluaciones incluidas en la literatura pertinente en las que se comparaba al SRI con las prácticas estándar de gestión de cultivos y recursos hídricos del arroz irrigado (Jagannath *et al.* 2013). Los estudios analizados fueron los que contenían datos lo suficientemente completos y comparables para efectuar un análisis cuantitativo. Estos presentaban los resultados de 251 ensayos comparativos (SRI, 132; gestión estándar, 119). Los ensayos fueron realizados con mediciones estándares y precisas y los artículos fueron revisados por expertos. Un resumen de sus hallazgos se presenta a continuación.

Con el SRI, en contraste con la práctica estándar:

- **Las aplicaciones de riego** por hectárea se redujeron 35 % y se obtuvieron rendimientos más altos.
- **Los requerimientos totales de agua** (irrigación + precipitaciones) fueron 22 % más bajos por hectárea y se obtuvieron mayores rendimientos. Estas mediciones demuestran que:
- **La eficiencia total en el uso del agua** (gramos de grano producidos por litro de agua) fue 52 % más alta – los rendimientos aumentaron mientras las aplicaciones de agua se redujeron – y promover
- **La eficiencia en el uso del agua de irrigación** (gramos de grano por litro) fue 78 % mayor.

Los beneficios de la gestión del SRI en términos de la productividad del agua se mantuvieron en toda una serie de comparaciones desglosadas. Las ventajas del SRI fueron mayores en diferentes *climas*, entre *estaciones* secas y húmedas, en suelos con diferente *pH* (acidez-alcalinidad) y *texturas* arenosas, arcillosas o francas y utilizando variedades de *duración* corta, media o larga (Jagannath *et al.* 2013).

El *ahorro de agua* y la *mayor productividad* de esta (más cosecha por cada gota) dentro del sector de arroz irrigado son factores importantes para la protección y la conservación del medioambiente. Donde la escasez y las restricciones de agua se vuelven más intensas, las características de ahorro de agua del SRI pueden ser una justificación suficiente para su difusión.

El uso de agroquímicos: Con los métodos del SRI, mediante la utilización de compost y/u otros insumos orgánicos, los agricultores *pueden reducir su dependencia de los fertilizantes químicos* y suelen eliminar completamente estos agroquímicos, produciendo rendimientos que son tan buenos como los generados con la adquisición de tales insumos o mejores, lo que puede contribuir a *mejorar la calidad de suelo y del agua* y la *salud humana y del suelo*.

La mayor parte de los agricultores pueden no mostrarse dispuestos a cambiarse a la fertilización totalmente orgánica o ser incapaces de hacerlo, al menos no de inmediato. La capacitación y la experiencia en torno al SRI los anima a por lo menos *reducir el uso de fertilizantes químicos*. En muchos suelos la combinación de fuentes de nutrientes orgánicos e inorgánicos (GIN) puede optimizar los rendimientos. La GIN suele generar los rendimientos más altos con el SRI; sin embargo, cuando se consideran los costos de la adquisición y la aplicación de los insumos, puede no resultar necesariamente la forma más rentable de mantener la fertilidad y los beneficios de los suelos.

En Camboya una evaluación temprana de 120 agricultores que han empleado los métodos del SRI por tres años –lo que ha duplicado sus rendimientos– documentó que ellos habían reducido el uso de fertilizantes en 43 % y de protección agroquímica en cerca de 80 % (Tech 2004).

En Indonesia oriental, cuando el SRI fue presentado a los agricultores en el marco de un proyecto de mejoramiento de la gestión de la irrigación financiado por Japón, se les recomendó reducir sus aplicaciones de fertilizante (NPK) a la mitad, lo que contrasta con lo aconsejado por el Gobierno, y aumentar sus insumos de materia orgánica. Mientras reducían el uso de fertilizante en 50 % y, al mismo tiempo, disminuían las aplicaciones de irrigación en 40 %, más de 12 000 agricultores aumentaron los rendimientos de sus arrozales en un promedio de 78 %, aproximadamente 3.3 t/ha. Estos datos no provienen de comparaciones de parcelas de prueba, sino de 12 133 ensayos comparativos en la finca llevados a cabo durante seis temporadas, abarcando un área total de 9429 ha (Sato y Uphoff 2007).



*Comparación entre plantas de arroz de la misma variedad cultivadas y no cultivadas mediante el SRI por este agricultor en la provincia Lombok, **Indonesia**, en el marco del proyecto DISIMP del Ministerio de Obras Públicas, asesorado por un equipo de asistencia técnica de Nippon Koei.*

Calidad de los recursos: Dondequiera que el SRI incremente los rendimientos de los arrozales a través de la reducción del uso de fertilizantes, particularmente del N inorgánico, es posible *mejorar la calidad del aire, el suelo y el agua*. Comúnmente solo cerca de un tercio del N aplicado a los arrozales es absorbido por las plantas; por consiguiente, del 60 % al 70 % de lo aplicado se acumula en las aguas subterráneas o se volatiliza en la atmósfera.

De acuerdo con un estudio de los efectos del SRI realizado en la Universidad Nacional de Kangwon, en Corea, *reducciones significativas de los contaminantes* tuvieron lugar en la escorrentía de los arrozales. Asimismo, hubo disminuciones importantes en los sólidos en suspensión (SS), la demanda química de oxígeno (DQO) y el fósforo total (PT). La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y el nitrógeno total (NT) también se redujeron, aunque no de manera significativa. Con los cambios en la gestión realizados por medio del Sistema, los requerimientos de agua del cultivo de arroz fueron reducidos aproximadamente en 56 %, según Choi *et al.* (2012, 2014).

En algunas zonas arroceras de China los niveles de *nitrato* (NO₃) en el suministro de agua subterránea ya son muchas veces más altos que el nivel máximo aceptable establecido por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). Hace ya diez años, en algunas zonas de China los niveles de NO₃ en el agua subterránea fueron medidos como 300 ppm; algunos fueron tan altos como 500 ppm, en los que el fertilizante N fue muy utilizado (Hatfield y Prueger 2004). En Estados Unidos la concentración de NO₃ en las aguas subterráneas admisible según la EPA es de solo 50 ppm.

- John Lawton, antiguo director ejecutivo del Consejo de Investigación del Medio Natural del Reino Unido, describió el uso creciente del fertilizante N como “la tercera

mayor amenaza para nuestro planeta, después de la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático” (*Nature*, 24 de febrero de 2005). Se refería solo a los impactos que el N reactivo tiene en la calidad del agua y en los ecosistemas acuáticos.

- Una evaluación de los *costos económicos* para los países miembros de la Unión Europea (UE) del uso (excesivo) de fertilizantes nitrogenados concluyó que dichos costos suman entre *70 y 320 millardos de euros* anualmente (Sutton *et al.* 2011). La oportunidad por medio del SRI de aumentar los rendimientos del arroz, a la vez que se reduce el uso de fertilizantes, brinda grandes beneficios potenciales más allá de las ventajas directas que ofrece a los agricultores.

Por consiguiente, el medioambiente puede beneficiarse de la gestión del SRI a través de la *extracción de una cantidad inferior de agua de los ecosistemas naturales* y las *reducciones en la aplicación de fertilizantes y aerosoles químicos*, que también pueden contribuir a la *salud humana*.

La biodiversidad: Asimismo, los métodos del SRI pueden ayudar a *conservar la biodiversidad*, lo que resulta más directo y obvio en términos de la biodiversidad de las especies de arroz, ya que estos pueden lograr que las variedades locales o tradicionales sean más productivas, rentables y, como resultado, más competitivas con los híbridos y las VAR (páginas 101-105).

Las prácticas de gestión del suelo y los recursos hídricos del SRI, incluido el aumento de la materia orgánica del suelo, deben tener impactos positivos en la *biodiversidad de la biota del suelo*, un tipo de biodiversidad a la que se le presta poca atención. Aparte de esto, los agricultores de Vietnam comunicaron que por medio de esta gestión observaron el resurgimiento de poblaciones de peces, ranas y otras clases de fauna en sus cauces y canales (Castillo *et al.* 2012), lo que supone beneficios económicos y de otras índoles para las comunidades.

El SRI ha sido empleado en las zonas periféricas de los *parques nacionales* y las *áreas protegidas* de Madagascar, Indonesia y Zambia, lo que puede contribuir a salvar los ecosistemas del bosque lluvioso, proporcionando a los agricultores una alternativa atractiva a su cultivo de tala y quema, por consiguiente, preservando los hábitats de especies en peligro de extinción muy admiradas como el lémur, el orangután, el rinoceronte, la cigüeña, el camaleón y varias otras aves, reptiles y anfibios endémicos. Por ejemplo, SRI-Rice trabaja en el programa Mercados Comunitarios para la Conservación (COMACO) de la Sociedad para la Conservación Mundial (WCS) con el fin de proteger el parque nacional del valle de Luangwa (<http://www.itswild.org/itswild.html>). Por medio del incremento en la productividad del cultivo del arroz en zonas marginales, el SRI puede mitigar los conflictos entre los parques y las personas, reduciendo las presiones humanas para explotar los recursos naturales de ecosistemas vulnerables.



*Agricultores en **Zambia** establecen lechos de cultivo con base en los métodos del SRI, en el marco de un programa de capacitación llevado a cabo en Mfuwe y respaldado por el programa COMACO de la WCS, a fin de proporcionarles alternativas atractivas a la caza furtiva de fauna silvestre en la región de Luangwa, donde se hallan algunas de las concentraciones más ricas y diversas de flora y fauna de África.*

4.1 ¿Cuál impacto puede tener el SRI en las emisiones de gases de efecto invernadero?

Se han llevado a cabo evaluaciones en este sentido; no obstante, el tema es lo suficientemente complicado como para que no hayan surgido aún fuertes afirmaciones sobre el impacto del SRI en las emisiones netas de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Sin embargo, cada vez existen más pruebas de que las prácticas del SRI pueden contribuir a desacelerar la acumulación de dichos gases, a fin de *reducir el potencial de calentamiento atmosférico* (PCA). A la fecha aún falta mucho por evaluar de manera completa y precisa y, con certeza, ello variará de un lugar a otro y según la temporada.

La agricultura contribuye significativamente a la producción y la acumulación en la atmósfera de **metano** (CH₄), un gas de efecto invernadero producido por organismos del suelo (metanógenos) que viven en condiciones anaeróbicas, es decir, donde no hay oxígeno. Las emisiones de CH₄ por kg contribuyen aproximadamente veinticinco veces más a aumentar el PCA que las de CO₂. La continua inundación de los arrozales para el cultivo de arroz irrigado la vuelve una de las principales fuentes de metano en el sector agrícola (Neue 1993). Los arrozales inundados representan del 6 % al 29 % del CH₄ producido por los humanos (<http://www.ciesin.columbia.edu/TG/AG/ricecult.html>).

La creencia de que una inundación continua es necesaria para obtener los mejores resultados en el cultivo del arroz (DeDatta 1981) es refutada por la experiencia del SRI y varias evaluaciones científicas. En *estudios realizados a plantas de arroz cultivadas en condiciones de inundación continua* se concluyó que el estrés hídrico en ellas reduce su

rendimiento, tal como se reportó en la literatura científica. Estas plantas constituían fenotipos diferentes de los producidos por el Sistema, por lo que sus raíces no eran tan grandes ni saludables como las que se obtienen mediante su gestión. Por otra parte, las plantas obtenidas a través del SRI, con un buen desarrollo de sus raíces, pueden obtener suficiente agua de los horizontes inferiores del suelo, incluso cuando los horizontes superficiales de este ya se han secado. Por consiguiente, durante la temporada la escasez del líquido genera un estrés mayor en las plantas de arroz convencionales cultivadas por medio de la inundación, ya que sus raíces se degeneran (Kar *et al.* 1974).

Ciertamente las plantas de arroz presentan mejores rendimientos cuando no son inundadas continuamente, situación que mejora aún más cuando se aplican las prácticas del SRI. Las demostraciones de este sistema empiezan a disuadir a los arroceros de su convicción de larga data de que “cuanto más agua, mejor el efecto”. En este sentido el medioambiente se beneficia no solo de la reducción de la cantidad de agua aplicada a los cultivos de arroz, sino también de la *disminución de las emisiones de metano*. Haciendo rentable para los agricultores dejar de mantener los campos de arroz siempre inundados, el SRI puede reducir sus emisiones de metano en la atmósfera.

De acuerdo con varias investigaciones, la gestión del agua del SRI reduce la población de metanógenos en el suelo, bacterias que sintetizan el metano y, a la vez, aumenta las poblaciones de metanotrofos, bacterias aeróbicas que consumen metano (Rajkishore *et al.* 2013). En conjunto, estos efectos reducen la emisión de dicho gas de los suelos. Asimismo, la escarda que airea el suelo, recomendada por este sistema refuerza el efecto de reducción de la producción de metano, además de mantener el suelo aeróbico (*ibidem*).

Todos concuerdan en que en la producción de arroz pasar de inundar continuamente el suelo a hacerlo de forma intermitente o incluso a condiciones mayormente aeróbicas del suelo reduce la producción de CH₄. Sin embargo, ¿podría tener lugar un incremento de compensación en la generación de **óxido nitroso** (N₂O) de los suelos en los que se cultiva el arroz cuando estos ya no se mantienen inundados y se convierten en suelos aeróbicos? Esta es una buena pregunta.

El N₂O es un gas de efecto invernadero aún más fuerte que el CH₄, ya que es producido por microbios (nitrificantes y desnitrificantes) que viven en condiciones aeróbicas del suelo. Sus moléculas tienen casi 300 veces más efecto de PCA en la atmósfera que las del CO₂, por lo que debemos saber si el óxido nitroso es producido desde los campos del SRI en los que se alterna la humectación y el secado (AWD) y si es así, cuánto es producido, en comparación con la cantidad de emisiones de metano generadas desde los arrozales inundados.

Se previó que las emisiones de N₂O aumentarían cuando los suelos fueran mantenidos en condiciones aeróbicas, en lugar de anaeróbicas; no obstante, esto podría no ser aplicable con la gestión de cultivos del SRI, ya que este reduce o elimina el uso de

fertilizantes químicos N, dependiendo más de fuentes orgánicas de N para la nutrición de las plantas y los microbios del suelo. Si considerables cantidades de N inorgánico no son aplicadas a los suelos de los arrozales, existen razones para esperar que poco o ningún N₂O adicional sea producido como un subproducto de las prácticas del SRI.

La relación entre las emisiones de óxido nitroso y metano es compleja y en ella influyen varios factores en forma interactiva, particularmente *la temperatura, la humedad y el pH* del suelo. No existe una simple relación inversa entre estos dos gases de efecto invernadero, como se ha indicado en las predicciones convencionales, que solo consideran el estado aeróbico del suelo, comparado con el anaeróbico (Setiawan *et al.* 2014).

Se están llevando a cabo varias evaluaciones del impacto de la gestión de cultivos del SRI en la emisión de estos gases de efecto invernadero. Ya que son volátiles, sus emisiones varían de una temporada a otra, de una semana a otra y en ocasiones incluso de una hora a otra, por lo que no habrá ningún efecto único por reportar, sino una *variedad* de resultados asociados a diferentes condiciones del suelo y el clima, entre otras, que se vuelven dinámicos con el paso del tiempo.

En ensayos efectuados en Nepal en 2009 en los que se midieron las emisiones de parcelas ubicadas una al lado de la otra, manejadas por medio del SRI y métodos convencionales respectivamente, se presentó una reducción cuádruple en el CH₄, además de una quintuple de N₂O (Karki 2010). El último resultado fue tan inesperado que parecía no ser correcto; no obstante, las mediciones se realizaron cuidadosamente.

En Indonesia varias mediciones demostraron que cuando el CH₄ es reducido definitivamente, el aumento simultáneo en el N₂O es lo suficientemente pequeño como para que los beneficios de la disminución de las emisiones de metano de los arrozales no inundados del SRI no sean compensados por emisiones mayores de óxido nitroso (Anas *et al.* 2008; Kimura 2009).

En ensayos similares realizados en la Universidad Nacional de Kangwon, en Corea (Choi *et al.* 2012, 2014), se presentó una *reducción significativa en el metano, con un aumento minúsculo en el óxido nitroso*. De manera conjunta la cantidad de reducción neta en las emisiones de gases de efecto invernadero, evaluada en términos de equivalencia de CO₂, resultó superior a los dos tercios:

Tratamiento	Emisiones (kg/ha)		CO ₂ t/ha Equivalente
	CH ₄	N ₂ O	
Control	840.1	0	17.6
SRI	237.6	0.074	5.0

Asimismo, en una evaluación de los impactos de la gestión del SRI en las emisiones de CH₄ y N₂O en el delta del Mekong en Vietnam, auspiciada por la GIZ, se produjo una reducción neta en el PCA. Una significativa disminución de 20 % en las emisiones de metano fue acompañada por una pequeña reducción en el óxido nitroso (no por un aumento, como se había previsto), aunque dicha reducción de 1.4 % en el N₂O no fue estadísticamente significativa (Dill *et al.* 2013).

Variable	Tipo de parcela	Observaciones	Media	Desviación estándar
Emisiones de metano (mg h ⁻¹ m ⁻² CO ₂ equiv.)	SRI	253	1.899 ¹	1.869
	Control	255	2.376 ¹	2.160
Emisiones de óxido nitroso (mg h ⁻¹ m ⁻² CO ₂ equiv.)	SRI	246	1.411 ²	1.298
	Control	248	1.431 ²	1.320

¹ Prueba t de dos muestras sobre la igualdad de las medias, $p < 0.01$

² Prueba t de dos muestras sobre la igualdad de las medias, $p > 0.1$

En el estado de Andhra Pradesh, en la India, un análisis de ciclo de vida (ACV) de los gases de efecto invernadero totales asociados a la producción de arroz, generados por el SRI o los métodos convencionales, fue llevado a cabo por Gathorne-Hardy *et al.* (2013), con el fin de evaluar en su conjunto todas las emisiones de estos gases: CO₂, CH₄ y N₂O, teniendo en cuenta todo el proceso de producción y distribución.



A la izquierda, parcelas de prueba en la Universidad Nacional de Kangwon, en **Corea**, establecidas para medir y comparar las emisiones de gases de efecto invernadero de la gestión de los cultivos de arroz del SRI y de la convencional. A la derecha, instalación de instrumentos de medición en el SRI campo en la **India**.

De acuerdo con el análisis, con la gestión del SRI *tales emisiones presentaron una reducción de >25 % por hectárea*. Además, el PCA presentó una *disminución de >60 % por kg de arroz producido*, ya que los métodos de este sistema aumentaron los rendimientos del cultivo, a la vez que disminuyeron las emisiones totales de gases de efecto invernadero. Aunque hubo un incremento en el N₂O emitido por superficie, una cantidad inferior de este gas fue emitida por kg de arroz producido.

Comparar la '**huella de carbono**' de las prácticas del SRI con la de la práctica convencional es una labor complicada; sin embargo, este impacto ambiental debe al menos ser calculado. Mediante la reducción del uso de fertilizantes químicos, que disminuye las emisiones de CO₂ asociadas a la producción y el transporte de este producto básico, el SRI reduce la cantidad de *dióxido de carbono* generado en la producción de arroz. Solo este cambio en la práctica agrícola constituiría una contribución sustancial para disminuir la acumulación de gases de efecto invernadero.

Evaluar estas relaciones sistemática y científicamente debe ser una prioridad para todos los que se preocupan por frenar e invertir los procesos que contribuyen en la actualidad a la acumulación de gases de efecto invernadero y al *calentamiento global*. Sería provechoso que el SRI pudiese ayudar a los agricultores no solo a adaptarse a dicho fenómeno, sino también a mitigar este terrible efecto que pone en peligro la sostenibilidad de la vida en nuestro planeta.

4.2 ¿El SRI tiene algo que ver con los cultivos genéticamente modificados?

No existe una conexión directa entre las prácticas del SRI y el cultivo de productos genéticamente modificados. Dichas prácticas podrían ser aprovechadas en los cultivos de arroz genéticamente modificado (como el de arroz dorado), dado que la eficacia de este sistema no está asociada a ningún tipo particular de arroz. Sus métodos resultan favorables para prácticamente todas las variedades (genotipos). A la fecha ninguna variedad de arroz genéticamente modificada se encuentra disponible para su uso, pero algunas están en desarrollo. Esta situación podría adquirir mayor importancia en el futuro.

Los aumentos en la productividad obtenidos con el mejor uso de los métodos del SRI han sido un poco superiores que los previstos con las modificaciones genéticas de las plantas de arroz. Con la disponibilidad de los métodos del Sistema los argumentos para el desarrollo y la aprobación de las variedades genéticamente modificadas son menos urgentes en la actualidad. Asimismo, tales métodos pueden proporcionar a las plantas de arroz más resistencia a las plagas, las enfermedades y otros tipos de estrés como el encamado, por lo que se deben considerar otros aspectos, además de los efectos en los rendimientos, cuando se evalúan las opciones de cultivos genéticamente modificados.

Es probable que el desarrollo de cultivos genéticamente modificados sea un proceso prolongado y costoso. Además, este siempre supone algunos riesgos para el medioambiente, como el flujo genético e impactos en la biodiversidad y posiblemente en

la salud humana. Existe una gran controversia con respecto a los riesgos para la salud atribuidos a este tipo de cultivos, por lo que el SRI podría ser incluido en el debate.

En mi opinión, actualmente no existe evidencia ni experiencia suficientes como para apoyar la aseveración de que existen peligros inherentes a todos los cultivos genéticamente modificados; sin embargo, tampoco hay suficientes pruebas que descarten la posibilidad de que estos produzcan problemas de salud. Por lo tanto, se deben obtener más datos probatorios para poder sacar conclusiones confiables en este sentido. El *principio de precaución* insta a las personas a proceder con cautela donde sea que pudieran generarse efectos adversos e irreversibles.

Con el SRI no es imperioso apresurar el desarrollo ni la liberación de variedades de arroz genéticamente modificadas para llenar la “brecha alimentaria global” prevista. Ello debilita las justificaciones económicas para realizar las grandes inversiones requeridas a fin de desarrollar y difundir los cultivos genéticamente modificados. Actualmente los métodos del SRI pueden permitir a los agricultores aumentar su producción y sus ingresos sin tiempos de espera y con poco o ningún costo adicional (Uphoff 2007a).

La competencia indirecta entre el SRI y el arroz genéticamente modificado puede ser una razón por la que algunos científicos e intereses comerciales se han opuesto a la implementación de este sistema. Creo que algunas de las objeciones al desarrollo de cultivos genéticamente modificados no están fundamentadas en evidencia científica muy sólida; no obstante, algunas de las declaraciones realizadas en apoyo a dichos cultivos son también cuestionables. El debate sobre tal desarrollo será favorecido por todos los que sean más conocedores de las declaraciones y contradecaraciones y la evidencia en la que estas se basan.

5. ¿Puede el SRI funcionar mejor que las denominadas MPG?

El SRI fue desarrollado para beneficiar a los pequeños y más pobres productores, a fin de que hagan frente a sus problemas de pobreza, hambre y degradación ambiental, y no para sustituir a lo que los científicos se refieren como MPG o competir con ellas. Pero, ¿por qué no? Porque estas dependen en gran manera del uso de insumos adquiridos y, por consiguiente, requieren la inversión de un capital considerable. En la práctica esto significa que tales insumos suelen estar fuera del alcance de los hogares rurales con mayor necesidad de aumentar su productividad y sus ingresos.

No obstante, cuando las prácticas del SRI son utilizadas para lograr el mejor efecto, *sus resultados pueden igualar o incluso superar* los obtenidos mediante las tecnologías de la Revolución Verde. Ello ha generado gran controversia, ya que algunos científicos del arroz han insistido en que por muy beneficioso que pueda resultar el SRI para los agricultores pobres, los resultados del empleo de sus prácticas alternativas son ciertamente inferiores a los que pueden obtenerse a través del fitomejoramiento moderno y la aplicación de fertilizantes sintéticos y otros insumos agroquímicos (Dobermann 2004; McDonald *et al.* 2006).

Informes sobre los super rendimientos ocasionales obtenidos por medio de los métodos del SRI han sido desestimados por escépticos y críticos, quienes opinan que estos se encuentran más allá del “máximo biológico” calculado por los científicos como obtenible a partir de los potenciales genéticos actuales de las plantas de arroz (Sheehy *et al.* 2004; Sinclair y Cassman 2004). Sorprendentemente se ha argumentado que el SRI *ni siquiera debería ser considerado o evaluado*, ya que ello sería una pérdida de tiempo y de recursos (Sinclair 2004), lo que difícilmente constituye una posición científica defendible y lo que los resultados de este sistema han demostrado que es erróneo.

Quienes han conocido directamente el SRI, habiendo trabajado con él en el campo y con los agricultores que han utilizado sus métodos, se sienten satisfechos por los rendimientos de más de 15 t/ha que han sido y pueden ser obtenidos mediante su gestión (páginas 83-89). Además, están menos preocupados por los super rendimientos que muchos fitomejoradores y agrónomos, ya que lo que les genera más inquietud son los efectos generales y promedio que influyen más significativamente en la vida de las personas. Desafortunadamente, la controversia sobre los super rendimientos ha desviado la atención de los aumentos bien documentados y generalizados en los *rendimientos promedio* obtenidos por medio del SRI.

Por el bien de las personas y el medioambiente, se debe prestar atención a:

- a. Los **incrementos en los rendimientos promedio**, ya que son estos y no los valores atípicos los que alimentan a las personas, mejoran su situación y les brindan más seguridad;

- b. Las **comparaciones** entre lo que los agricultores producen empleando los métodos actuales y lo que pueden obtener aplicando las prácticas del SRI; y
- c. Lo que se puede lograr con **métodos que no son ni costosos para los agricultores ni tienen efectos negativos en el medioambiente.**

Asimismo, se debe conceder cada vez más importancia a:

- d. La **resistencia al estrés biótico y al abiótico**, ya que esta puede ofrecer a los agricultores mayores garantías de seguridad alimentaria en condiciones de cambios climáticos adversos (véanse las fotografías de las páginas 18 y 147-148). Varios estudios han empezado a documentar la resistencia al encamado que presentan las plantas cultivadas mediante el SRI (Chapagain y Yamaji 2009; Dastan *et al.* 2013).

Un artículo en el que se afirma que el SRI no produce mejores resultados que los obtenidos a través de las MPG (McDonald *et al.* 2006) contiene tantos defectos metodológicos y empíricos evidentes que no debió haber pasado por el proceso de revisión por pares. Tales descalificaciones son discutidas en Uphoff *et al.* 2007. Un artículo anterior, similarmente desdeñoso con respecto al SRI, escrito por Sheehy *et al.* (2004), también contiene graves errores, tal como lo señalan Stoop y Kassam (2005).

Lamentablemente, dicho clima de controversia en torno al SRI ha disuadido a la mayoría de fundaciones y agencias donantes de participar en la evaluación sistemática de sus nuevas ideas y métodos. Por lo tanto, correspondió a una variedad de individuos establecidos en ONG, universidades, instituciones de investigación, empresas privadas y algunas agencias gubernamentales alrededor del mundo llevar a cabo sus propias investigaciones y ensayos, a fin de crear la amplia base de estudios y evidencia disponible actualmente (<http://sri.cals.cornell.edu/research/index.html>).

La conclusión de McDonald *et al.* (2006) de que los métodos del SRI generarán rendimientos 11 % inferiores a los obtenidos a través de las MPG fue impugnada por un estudio más exhaustivo en el que se utilizó un diseño similar, con una base de datos más justificable (Turmel *et al.* 2011; discutido en las páginas 59-60 y 119). Más recientemente, un meta análisis efectuado por Wu y Uphoff (2015), en el que se evalúan comparaciones publicadas con base en investigaciones realizadas por científicos chinos, quienes cotejaron los resultados de los rendimientos del SRI con los de lo que ellos consideraban MPG, demostró cuán malinterpretadas fueron las evaluaciones desdeñosas previas.

Las razones por las que los métodos del SRI generan plantas mucho más productivas y robustas, es decir, mejores fenotipos a partir de una variedad determinada (genotipo), aún no se comprenden plenamente. No obstante, las afirmaciones de que la gestión de este sistema no mejora el crecimiento ni el rendimiento de las plantas a través de interacciones sinérgicas, de que este sistema solo puede ser a lo sumo una innovación “nicho” y de que sus métodos no pueden ofrecer mejores rendimientos que los de lo que los científicos han propuesto como MPG (Dobermann 2004; Sheehy *et al.* 2004;

McDonald *et al.* 2006) son contradichas por fundamentos empíricos incluidos en análisis como los de Lin *et al.* (2009), Thakur *et al.* (2010) y Wu y Uphoff (2015).

Investigaciones previas sobre las MPG han prestado escasa atención al crecimiento y la salud de las *raíces de las plantas* o a la abundancia, la diversidad y la actividad de los *organismos beneficiosos del suelo*, es decir, a la microbiota de las plantas-suelo, que constituyen factores clave fomentados por la gestión del SRI. La comprensión de estos factores vuelve a este sistema algo más que una simple innovación inductiva y pragmática, que no se trata simplemente de una serie de prácticas fortuitas, inexplicadas o inexplicables, ya que tiene una sólida base científica.

El concepto actual de MPG supone que, para aumentar los rendimientos de los cultivos, se requieren mejoramientos adicionales en el potencial genético de estos (nuevas variedades) y la compra y la utilización por parte de los agricultores de insumos agroquímicos (fertilizantes, pesticidas, etc.) No cabe duda de que mejores potenciales genéticos de los cultivos pueden brindar a los productores algún beneficio como resultado de un factor de productividad más alto, además de una mayor cantidad de opciones. Asimismo, la aplicación de insumos agroquímicos bien escogidos puede ser favorable para aumentar la producción de cultivos en lugares y momentos adecuados.

La experiencia con la gestión del SRI no niega que se pueden obtener beneficios de los insumos de la “agricultura moderna”; no obstante, indica que *tales beneficios no constituyen la única forma de mejorar la producción de cultivos*. Se sugiere asimismo que los costos económicos de la estrategia para los agricultores y sus costos ambientales para el suelo y otros ecosistemas deben ser considerados más profundamente que en la actualidad y que los beneficios netos de la producción agrícola basada en los insumos deben ser calculados y demostrados, en lugar de ser simplemente supuestos.

Se debe examinar con más detalle la evidencia obtenida de varios estudios (Zhao *et al.* 2009; Barison y Uphoff 2011; Thakur *et al.* 2013) de que los fenotipos de las plantas del SRI son *más eficientes en la captación y la utilización del nitrógeno*. Además, se debe prestar más atención a las diferencias fenotípicas que resultan de las modificaciones en las condiciones del cultivo, en lugar de atribuir todos los mejoramientos en los rendimientos a las diferencias manipuladas en el genotipo (variedad) (Uphoff *et al.* 2015).



A la izquierda, plantas de arroz de la misma variedad cultivadas mediante el SRI y de manera convencional en parcelas de ensayo en Centro de Extensión y Desarrollo de la Tecnología, ubicado en **Irán**. Resultan evidentes las diferencias en tamaño y color de las raíces en las

*distintas condiciones de gestión; las raíces ennegrecidas se están marchitando (necrosándose) por la falta de oxígeno en el suelo. A la derecha, una comparación similar realizada en **Iraq**.*



*Biksham Gujja, en ese momento director de un proyecto de diálogo de WWF-ICRISAT sobre alimentos, agua y medioambiente, en una reunión celebrada en el estado de Punjab, la **India**, sostiene una planta de arroz “regular” a la izquierda y una cultivada por medio del SRI a la derecha. A su izquierda se encuentra Amrik Singh, ATMA-Gurdaspur, pionero en la introducción de los métodos del SRI en este estado de “Revolución Verde”.*



*Karma Lhendup, quien introdujo los ensayos del SRI en **Bután**, muestra al vicescanciller de la Real Universidad de Bután el impacto que los métodos de este sistema pueden tener en el fenotipo de las plantas de arroz.*

5.1 ¿Por qué se presenta tanta variabilidad en los rendimientos del SRI?

Ha sido frustrante para partidarios y escépticos del SRI por igual ver que los resultados del uso de los métodos de este sistema suelen ser muy variables. Por una buena razón la “repetición” constituye un criterio estándar de la aceptabilidad de los estudios científicos; sin embargo, esta supone que en la agricultura uno se ocupa de relaciones fijas tales como las que se encuentran en los campos de la física y la química. En este campo nos encargamos de fenómenos biológicos con dinámicas y relaciones que difieren de las observadas en los otros ámbitos de la investigación mencionados (Uphoff 2008).

A pesar de los grandes esfuerzos dirigidos a convertir la agricultura en una clase de empresa industrial, esta sigue siendo intrínseca y necesariamente una actividad de naturaleza biológica. El campo de la biología difiere de los de la física y la química en que sus fenómenos reciben una mayor influencia de sus entornos e interactúan de manera más completa con ellos. Las relaciones en el campo de la biología son más *contingentes* que invariables, ya que presentan muchos más aspectos de causalidad entrelazados que los vistos en los experimentos de laboratorio realizados en las áreas de la química o la física, en las que *valores invariables únicos* son esperados y determinados, en lugar de *márgenes cuantitativos* que tienen más o menos distribuciones determinables.

Aplicando las prácticas del SRI según lo recomendado, rendimientos de 6 t/ha a 8 t/ha suelen ser obtenibles, lo que constituye un aumento típico del 50 % al 100 %. Con las variedades tradicionales no mejoradas los rendimientos son un tanto inferiores, con un rango usual de 5 t/ha a 7 t/ha; no obstante, en condiciones de cultivo ideales, con el SRI sus rendimientos pueden ascender hasta 10 t/ha o 12 t/ha. A través de la gestión del SRI, las variedades “mejoradas” modernas pueden alcanzar de 15 t/ha a 20 t/ha e incluso mayores rendimientos, como se menciona en todo este documento.

La obtención de rendimientos que superan claramente la norma depende en forma particular de la fertilidad de los suelos, no solo en términos de su *química*, sino también de la abundancia y la diversidad de los organismos que se hallan en ellos, que van desde un casi ilimitado número de microbios hasta una plétora de invertebrados. Alcanzar los más grandes éxitos con la gestión del SRI depende por consiguiente de *la vida en el suelo*, la mayoría de la cual resulta invisible.

Se ha prestado poca atención a la biología en la ciencia del suelo, ya que esta última se ha ocupado por décadas de su química, contando con mediciones relativamente simples e inequívocas. Cualquier imperfección que pueda ser identificada de este modo resulta fácil de corregir y comercialmente rentable. La física del suelo ha recibido atención, dado que factores como la compactación del suelo y la retención del agua influyen evidentemente en el rendimiento de los cultivos. Es probable que el 90 % de las

investigaciones sobre ciencias de los suelos de los últimos cincuenta años han sido efectuadas en el marco de la química o la física del suelo.

Por otra parte, se ha prestado poca atención positiva a la biología del suelo en el contexto de las ciencias agrícolas. En la mayor parte de los casos, las disciplinas de la entomología y la fitopatología se han ocupado de ella en cuanto a microbios y otros organismos, sobre todo plagas y patógenos. La microbiología como disciplina ha permanecido al margen de las ciencias agrícolas. La investigación y las publicaciones en esta área se han centrado principalmente en “los chicos malos” en lugar de hacerlo en los “buenos”; no obstante, los servicios y los beneficios de estos últimos se comprenden cada vez mejor.

Esta marginalización cambió en los últimos dos decenios (Uphoff *et al.* 2006). La investigación presenta cada vez más evidencia de que las plantas se ven afectadas profundamente por los microorganismos que viven alrededor, sobre y *dentro de ellas*. Todos juntos constituyen la microbiota de las plantas o, en términos de recursos genéticos, el *microbioma de la planta-suelo* (Schlaeppli y Bulgarelli 2015; Turner *et al.* 2013). Su significado para la producción de cultivos resulta cada vez más claro, a la vez que las personas entienden mejor la importancia del denominado *microbioma humano* para el crecimiento y la salud de su propia especie.

La importancia de la biota del suelo para obtener resultados por medio del SRI resultó evidente en etapas tempranas de la investigación realizada en Madagascar (Randriamiharisoa 2002). Se observó que cuando las prácticas de este sistema eran aplicadas, la abundancia de *Azospirillum*, una bacteria fijadora de N que vive dentro de las raíces de las plantas de arroz, aumentaba hasta treinta veces, además de triplicarse los rendimientos (Uphoff *et al.* 2009).

Sin embargo, la importancia de la biota del suelo podría también ser deducida de la disparidad observada entre los resultados del SRI en las evaluaciones realizadas por investigadores en estaciones experimentales y los obtenidos en los campos de los agricultores. Los rendimientos de los ensayos del SRI en las parcelas experimentales del IRRI en Los Baños constituyeron solo la mitad de los obtenidos por los productores filipinos a través de los métodos de este sistema en sus propias fincas (Rickman 2003).

De manera similar, los resultados del Sistema en la estación experimental de Bhairahawa en Nepal fueron considerablemente más bajos que los logrados en los campos cercanos de los productores (Neupane 2003). El SRI es *una de las pocas innovaciones en las que los investigadores han tenido dificultades para repetir los rendimientos de los agricultores*. A menudo es lo contrario, a los agricultores les resulta difícil lograr que sus resultados coincidan con los obtenidos por los investigadores en las estaciones experimentales.

Ese no ha sido siempre el caso. Ensayos efectuados en Filipinas en la finca de demostración del Instituto de Tecnología Agrícola (ATI), ubicada en Cotabato, Mindanao, generaron rendimientos promedio de 12 t/ha con tres variedades en 2002 y un

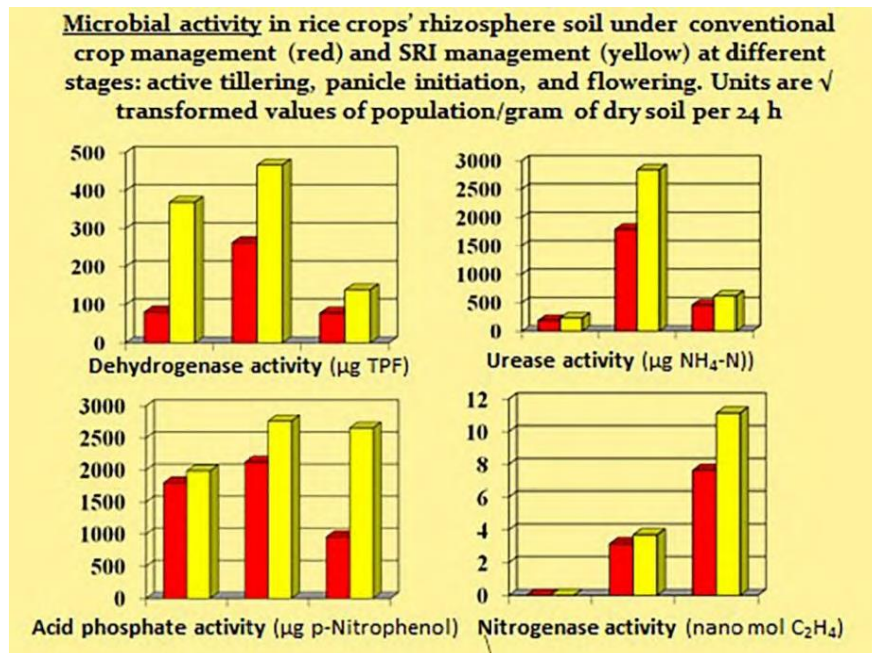
rendimiento superior de 17 t/ha en 2004. En general, con los métodos del SRI los científicos aún reportan rendimientos inferiores obtenidos en sus ensayos en las estaciones que los reportados en los campos de los agricultores.

Lo anterior ha sido observado en los resultados de los ensayos reportados por científicos del Consejo de Investigaciones Agrícolas de la India (ICAR) (Kumar *et al.* 2014). Los niveles absolutos revisten menos importancia e interés que los *índices* entre los rendimientos obtenidos con el SRI y las prácticas convencionales. Si se utilizan los mismos métodos para medir ambos conjuntos de datos, los índices entre ellos deben ser considerados como válidos y confiables y están sujetos por supuesto a errores normales e inevitables de medición.

No se ha realizado ninguna investigación sistemática sobre los diferenciales entre los rendimientos obtenidos en las estaciones y en las fincas, por lo que solo se pueden sugerir inferencias. Por muchos años, en la mayoría de las estaciones experimentales, se han aplicado en las parcelas fertilizantes inorgánicos, en particular N, y grandes cantidades de biocidas agroquímicos. Por lo general, tales sustancias tienen un efecto supresor o desequilibrador en la biota del suelo, en su abundancia o biodiversidad o en ambas. Ya que los rendimientos de los cultivos del SRI son mayores debido a la abundancia y la diversidad de los organismos del suelo, sería sorprendente que los resultados obtenidos por medio de él no fueran negativos en suelos tan afectados por los insumos químicos.

Ese es un tema sobre el cual aún deben realizarse investigaciones. Ya existe evidencia que demuestra que las prácticas de gestión del SRI mejoran las poblaciones de microorganismos beneficiosos en la rizosfera (Uphoff *et al.* 2009; Zhao *et al.* 2010; Anas *et al.* 2011).

De acuerdo con investigaciones efectuadas en la Universidad Agrícola de Bogor (IPB) en Indonesia, se ha presentado un mejoramiento en el *número de organismos beneficiosos* en el suelo alrededor de las raíces y en la *actividad bioquímica* de estos, como lo indican los niveles de ciertas enzimas en el suelo de la rizosfera. Los patrones y las magnitudes muestran una fluctuación considerable durante el ciclo de cultivos, lo que no es extraño, si se conoce la variabilidad de la microbiología del suelo. No obstante, cuando estos parámetros son estudiados, los métodos del SRI suelen mejorar la cantidad y la actividad de los organismos del suelo que pueden mejorar los rendimientos de los cultivos.



Diapositiva de una presentación realizada por Iswandi Anas, director del Laboratorio de Biotecnología del Suelo de la IPB, relativa a una investigación llevada a cabo bajo su supervisión. Estas enzimas toman parte en los procesos de descomposición de la materia orgánica, solubilización de los fosfatos del suelo o fijación del nitrógeno de la atmósfera (N_2), que aumentan los nutrientes disponibles en el suelo y su absorción por parte de las plantas.

Asimismo, como lo informó Thakur *et al.* (2010), algunos de los efectos físicos de la gestión del SRI observados (sistemas de raíces más grandes, mayor macollamiento) y de los cambios en algunos de los parámetros clave documentados en los ensayos controlados (niveles superiores de clorofila en las hojas, porcentaje más alto de fotosíntesis, mayor eficiencia en el uso del agua), son los mismos que guardan relación con la presencia de ciertas rizobacterias que viven en las células y los tejidos de las plantas de arroz como *endofitos simbióticos*.

Los endofitos son microorganismos que viven alrededor, sobre o en las raíces de las plantas de arroz y otras plantas. Además, pueden migrar hacia arriba, desde las raíces hasta el follaje de las plantas, donde viven alrededor, sobre o en las macollas, las vainas y las hojas. Su presencia en los órganos de las plantas es asociada a efectos mensurables (fisiológicos y morfológicos) similares a los de la gestión del SRI (Chi *et al.* 2005; Thakur *et al.* 2010). También existen pruebas de que estos microorganismos pueden *afectar la expresión del potencial genético de las plantas de arroz*, incrementando o reduciendo la expresión génica (Chi *et al.* 2010).

Estos hallazgos arrojan nueva luz en torno a las observaciones sobre el SRI y pueden abrir posibilidades de investigación muy interesantes (Uphoff *et al.* 2013). La variabilidad observada, derivada de la gestión de este sistema, podría ser trazable hasta explicaciones mucho más complejas de lo que se conoce o supone actualmente. En la

discusión de las *razones* del mejoramiento en los rendimientos del SRI que se presenta más adelante (páginas 131-141) no entramos en este campo microbiológico, dado que su investigación aún se encuentra en sus etapas iniciales; sin embargo, los interesados en la variabilidad de los resultados del SRI deben tener presente el dinamismo y los efectos de dicho campo.

De hecho, durante la finalización de este libro, un artículo publicado en *Science* hizo referencia a las bacterias fijadoras de N que viven en los tejidos de las hojas de los álamos. En experimentos efectuados en invernaderos, luego de que las plántulas de arroz fueron sumergidas en un caldo que contenía estos endofitos bacterianos, estos microorganismos empezaron a vivir en las plantas resultantes, que crecieron más, obtuvieron más biomasa y produjeron más brotes que las que no recibieron dicho tratamiento (Pennisi 2015).

En los próximos años los científicos especialistas en cultivos y suelos, los formuladores de políticas y los profesionales en agricultura ciertamente prestarán más atención a la microbiología y la epigenética (Uphoff 2012b). Creo que se descubrirá que los microbios influyen en la variabilidad de los rendimientos de los cultivos más de lo que se ha imaginado hasta ahora.

5.2 ¿Los super rendimientos reportados con la aplicación de las prácticas del SRI son creíbles?

En retrospectiva, en términos de la aceptación y el avance del SRI, probablemente habría sido mejor que nunca se hubiesen reportado “super rendimientos” más allá de lo que los científicos especialistas en arroz consideran como el “máximo biológico”. Los rendimientos que sobrepasan las 15 t/ha, es decir, más de lo que los investigadores podrían obtener en sus propias estaciones experimentales, se convirtió en una señal de alerta que cambió el enfoque de la discusión de las diferencias en los rendimientos *promedio*, que eran sustanciales y, en ocasiones, fenomenales, al debate sobre los *valores atípicos*, que siempre habrá en los datos normalmente distribuidos. Algunas de estas distracciones pudieron haber sido involuntarias, mientras que otras, deliberadas.

Los muy superiores rendimientos del SRI de más de 20 t/ha, obtenidos en Madagascar y la India, no fueron reportados con jactancia o como rendimientos promedio alcanzables, sino con la mayor cantidad de información fáctica posible. Fueron presentados en términos del potencial productivo del genoma del arroz cuando se proporciona a las plantas los mejores entornos de cultivo sobre el suelo y, especialmente, bajo este. Sin embargo, ello no corresponde a la concepción prevaleciente de que el mejoramiento de los rendimientos depende de la creación y el uso de *variedades nuevas y mejoradas*, de la adquisición de *insumos agroquímicos complementarios* y de la utilización de una mayor cantidad de agua, en lugar de una menor. Es comprensible por qué había tanta resistencia a aplicar el enfoque del SRI.

Quienes trabajaron con este sistema pudieron haber sido asesorados mejor para que nunca mencionaran el hecho de que, en ocasiones, se obtienen muy altos rendimientos aplicando sus métodos. No obstante, estos resultados fueron comunicados con un espíritu de veracidad, no de fanfarronería y, a la postre, a medida que más de estos resultados son obtenidos, ello puede contribuir a modificar el pensamiento predominante sobre cómo satisfacer mejor las necesidades de nuestro mundo en materia de seguridad alimentaria.

Resultados obtenidos en Madagascar

El rendimiento más alto del SRI del que el autor puede personalmente dar fe fue uno de 21 t/ha, producido en la temporada alta de 1999 por Ralalason, un agricultor malgache del pueblo de Soatanana, ubicado en el centro de Madagascar. El autor quería saber más sobre los métodos y los resultados de Ralalason, ya que este agricultor había sembrado plántulas individuales con un amplio espaciamiento de 50 cm x 50 cm. Bruno Andrianaivo, un especialista en arroz del Gobierno capacitado por el IRRI, quien en dos oportunidades vio el cultivo en pie de Ralalason, dijo al autor que este era el campo de arroz más espectacular que había visto en sus veinte años de trabajo profesional. Anteriormente el espaciamiento más amplio utilizado por el SRI que había dado buenos resultados y del que yo tenía conocimiento había sido de 35 cm x 35 cm, por lo que viajé con Bruno para ver dicho campo y aprender cualquier cosa que pudiéramos sobre las prácticas aplicadas por este productor.

Ese rendimiento tan alto ha sido rechazado de manera categórica como biológicamente imposible por algunos científicos especialistas en arroz (Sheehy *et al.* 2004). Sin embargo, el hecho de que los rendimientos obtenidos por Ralalason ya han sido superados en los estados de Bihar y Tamil Nadu en la India hace que ellos resulten más comprensibles y creíbles. El autor cree que algo puede ser aprendido de la experimentación y la experiencia de este agricultor. Es importante destacar que 1999 fue el sexto año en el que Ralalason utilizó los métodos del SRI, por lo que este no fue ni podría ser un logro del primer año.

Cuando empezamos a aplicar el SRI, Ralalason tenía solo 1300 m² de terreno para cultivar arroz, dividido en cuatro parcelas adyacentes. Con sus ingresos derivados de la aplicación de este sistema, ha sido capaz de triplicar su tenencia de tierras, pero esto es un asunto diferente. Antes de aceptar los métodos del SRI, los rendimientos que solía obtener eran de 3 t/ha. En su primer año de gestión a través del Sistema, pudo aumentarlos a 10 t/ha, el mismo incremento notificado por muchos agricultores de Madagascar. Para el quinto año había alcanzado las 17 t/ha, utilizando el espaciamiento recomendado de 25 cm x 25 cm. Durante dicho periodo la fertilidad de su suelo fue mejorada cada año mediante la aplicación de grandes cantidades de compost y la exudación de carbohidratos, aminoácidos, fitohormonas, etc. en el suelo circundante desde los grandes sistemas de raíces de las plantas cultivadas a través del SRI.

Ralalason aplicaba grandes cantidades de compost a sus parcelas de arroz, aproximadamente 5 t varias veces al año. Esta materia orgánica era elaborada con toda forma de biomasa que podía conseguir en los alrededores: paja de arroz, malezas, estiércol, aserrín y ramas podadas de árboles fijadores de N, entre otras. Contando solo con 1/8 de ha de arrozal, tomó la decisión de invertir tanta mano de obra como pudiese en el aumento de la fertilidad de la muy pequeña área que tenía para cultivar. Al principio alternó su cultivo de arroz con uno de papa de temporada baja, que posteriormente intensificó con una rotación anual de cuatro cultivos: arroz, repollo, papa y frijol, cada uno de los cuales fue precedido por una aplicación de compost (a una proporción de 40 t/ha), sesenta días antes del cultivo de arroz y treinta antes de los demás cultivos.

En la sexta temporada con la gestión del SRI Ralalason decidió probar un espaciamiento más amplio de 50 cm x 50 cm, lo que suponía *sembrar solo cuatro plantas por m²*. Ello era coherente con la recomendación del padre Laulanié, quien había escrito sobre cómo la fertilidad del suelo en el marco de la gestión del SRI debería mejorar con el tiempo y, por consiguiente, proporcionar más rendimientos por medio de un espaciamiento más amplio. Reduciendo la población de dieciséis a cuatro plantas por m², Ralalason incrementó sus rendimientos más allá de las 17 t/ha, hasta las 21 t/ha, lo que no constituyó un rendimiento muestreado, sino el resultado de pesar el grano total cosechado de estos cuatro arrozales colindantes, es decir, 2740 kg de sus 1300 m² y, a partir de este cálculo, determinar cuál sería el rendimiento del arrozal por hectárea.

Cuando el autor visitó el campo de Ralalason junto con Bruno, quien había visto el cultivo dos veces durante la temporada de cultivo de 1999, el campo había sido cosechado unos días antes. Por lo tanto, no había un cultivo en pie que ver, pero cada uno de nosotros llevó a cabo un muestreo aleatorio de diez cepas de las plantas en el campo y contó su número de brotes. El número promedio de brotes por planta (de veinte plantas) fue setenta; sin embargo, Bruno contó en una planta 140 brotes.

Antes de cosechar, trillar y pesar el arroz, los técnicos de la ATS habían realizado su propio análisis de los componentes de los rendimientos. Además, habían calculado un promedio de setenta brotes por planta y uno de 270 granos por panoja, lo que equivale a 75 600 granos por m². El peso de 28 g de un grano por mil granos proporcionaría rendimientos de 21 t. El cepellón que desenterramos de una planta de arroz cosechada en medio del campo de Ralalason era enorme, como el que se muestra en la página 131.

Quizás los rendimientos fueron de solo 18 t/ha o 19 t/ha y, aunque hubiesen sido de 15 t/ha, habrían sido impresionantes. Nadie puede conocer a ciencia cierta los rendimientos; no obstante, lo que no se menciona en la discusión sobre números exactos es el hecho de que un pequeño agricultor, muy necesitado y trabajador, con solo 1/8 de ha de arrozal pudo multiplicar sus rendimientos muchas veces y triplicar el área de su terreno en varios años.



*Ralalason, agricultor de Soatanana, **Madagascar**, con una pila de compost para enriquecer el suelo de su arrozal de 1300 m², que produjo rendimientos inusuales mediante la aplicación cuidadosa de los métodos del SRI.*



Bruno Andrianaivo, del Centro Nacional de Investigación Aplicada al Desarrollo Rural (FOFIFA), actualmente profesor de la Universidad de Antananarivo, cuenta brotes en el arrozal de Ralalason luego de la cosecha de la temporada de 1999.

Resultados obtenidos en la India

La mayor parte de la atención internacional en torno a los super rendimientos obtenidos a través de la gestión del SRI fue desatada cuando se notificó que un agricultor del distrito de Nalanda, en el estado de Bihar, había logrado el récord mundial de rendimientos de 22.4 t/ha con los métodos del SRI en la temporada *kharif* de 2011, el cual estaba muy por encima del anterior récord de 19.2 t/ha obtenido en China (Diwakar *et al.* 2012; Vidal 2013). Al principio estos rendimientos fueron negados por los científicos especialistas en arroz de la India; no obstante, cuando los métodos utilizados fueron revisados, el informe sobre los rendimientos fue aceptado por el Ministerio.

Tal información fue verificada en Patna por el director de Desarrollo del Cultivo del Arroz del Gobierno Central y uno de sus científicos de alto nivel especialistas en dicho cultivo, quienes reportaron que los rendimientos de la parcela del SRI de 0.4 ha de Sumant



*Sumant Kumar, agricultor del pueblo de Darveshpura, estado de Bihar, **India**, cuyos rendimientos récord obtenidos en la temporada kharif de 2011 fueron objeto de considerable controversia alrededor del mundo.*

Kumar fueron medidos aplicando técnicas de estimación estándar. Técnicos capacitados delimitaron y cosecharon un área de 10 m x 5 m en medio del campo y luego trillaron y pesaron el grano recolectado en dicha área de 50 m². El peso de la materia seca ajustado al 14 % de humedad media del grano fue de 20.16 t/ha. Estas operaciones fueron presenciadas por cientos de personas allí reunidas, ya que el arrozal era reconocido localmente como el más productivo que los residentes habían visto.

Desafortunadamente *no se notificó* que otros cuatro productores del mismo pueblo obtuvieron en esa temporada super rendimientos similares de 19 t/ha o superiores. Por lo tanto, los rendimientos de Sumant Kumar no constituyeron un suceso aleatorio. Los detalles sobre los métodos de producción de estos cinco agricultores y los medios de medición empleados por los técnicos fueron publicados en Diwakar *et al.* (2012).



Transporte de gavillas de arroz de un área de corte de 50 m², ubicada en medio del campo SRI de 0.4 ha de Sumant Kumar, para su trilla y pesaje a finales de la temporada kharif de 2011.

Los proponentes de la agricultura “moderna” orientada hacia los insumos debieron haberse sentido complacidos de que estos enormes rendimientos fuesen obtenidos con variedades híbridas (Bayer y Syngenta) y por medio de una gestión integrada de los nutrientes. Cada uno de los cinco agricultores aplicaron cantidades modestas de fertilizante inorgánico (40 kg/ha de urea [N], 80 kg/ha de DAP y 40 kg/ha de potasa), complementado por cantidades más grandes de fertilizante orgánico: 6 t/ha de estiércol de establo en el momento de la preparación de la tierra, además de gallinaza (400 kg/ha), vermicompost (100 kg/ha) y un biofertilizante que contiene bacterias solubilizadoras de P (40 kg/ha). A ambos tipos de parcelas, es decir, a las manejadas por medio del SRI y las convencionales, se les aplicó una pulverización foliar de micronutrientes de sulfato de zinc monohidratado (25 kg/ha).

En esa temporada los cinco agricultores utilizaron *las mismas variedades híbridas* en sus fincas, aplicando métodos de cultivo convencionales: plántulas de mayor edad, poblaciones de plantas más densas, inundación de los campos y utilización de los mismos fertilizantes minerales, pero sin los nutrientes orgánicos mencionados anteriormente. Los rendimientos de sus arrozales cultivados en *los mismos suelos* y con *las mismas condiciones climáticas* fueron de 7 t/ha. Si bien estos fueron considerables, ya que resultaron tres veces mayores que los obtenidos normalmente en el área, estos rendimientos representaron *solo alrededor de 1/3 de los que obtuvieron empleando los métodos de gestión de cultivos del SRI*.

Dos años después, en el estado de Tamil Nadu, se reportó que S. Sethumadhavan, un productor de Madurai, había conseguido rendimientos oficiales de 23.8 t/ha a través de la gestión de cultivos del SRI; sin embargo, a diferencia de los obtenidos por Sumant Kumar, estos rendimientos fueron prácticamente ignorados, a pesar de la publicidad que se les dio en el ámbito nacional (*The Hindu* 2014; *Times of India* 2014). El año anterior T. Amaralani, una mujer agricultora de una localidad cercana a Tirunelveli, recibió del presidente de la India el premio *Krishi Karman* de 100 000 rupias por sus rendimientos de 18.1 t/ha (*The Hindu* 2013).

Probablemente siga persistiendo cierta controversia sobre los super rendimientos por la que se plantearán preguntas con respecto a la precisión de las mediciones o los ajustes de la humedad de los granos. Como se indicó anteriormente, los rendimientos atípicos no resultan particularmente importantes en la evaluación del SRI, *ya que son los promedios los que revisten mayor relevancia en términos del bienestar de las personas*. No obstante, hasta este punto resulta más que evidente que de vez en cuando los productores pueden “sacarse la lotería” con los métodos del SRI, cuando movilizan los beneficios de la biota del suelo y del microbioma de la planta-el suelo para respaldar una expresión más plena del potencial genético del cultivo, obteniendo rendimientos por encima del promedio. La anterior conclusión de que 15.9 t/ha representa un tipo de “máximo biológico” que no puede ser superado sin realizar mejoramientos adicionales en las variedades (Yoshida 1981) ya no es defendible.

Los super rendimientos no son requeridos para que las unidades familiares alcancen la seguridad alimentaria o para que los países satisfagan sus necesidades alimentarias; son de interés principalmente porque indican *cuán grande es el potencial productivo de las plantas de arroz* cuando estas y la biota del suelo obtienen las condiciones ideales para el cultivo. Esta experiencia sugiere que los agricultores deben dar seguimiento temporada a temporada al desempeño de su cultivo gestionado por el SRI, a fin de evaluar si un *espaciamiento aún mayor* puede generarles todavía mayores rendimientos y cuándo, a medida que los métodos de este sistema incrementan la fertilidad del suelo. Por consiguiente, el espaciamiento óptimo utilizado por el SRI puede cambiar con el tiempo.

El hecho de que los especialistas en el cultivo del arroz no hayan conseguido tan altos rendimientos en sus estaciones de ensayo no significa que ello sea imposible. Los suelos a los que por años se les ha aplicado una gran cantidad de nutrientes inorgánicos y aerosoles químicos no necesariamente producirán los rendimientos más altos. En uno de sus documentos técnicos sobre el SRI, el padre Laulanié (1992) indicó que con un mayor macollamiento basado en una comprensión más completa de los filocronos, los rendimientos de los arrozales podrían eventualmente ser de hasta 30 t/ha (3 kg/m²).

Como se señaló en la sección anterior, los rendimientos no se pueden controlar o prever de manera fiable basándose simplemente en las prácticas utilizadas, ya que gran parte de los incrementos en los rendimientos obtenidos por medio del SRI guarda relación con *las actividades de los organismos del suelo que se hallan sobre, alrededor o en la planta para su crecimiento y protección*. Las prácticas de gestión influyen en la abundancia, la diversidad y la actividad de tales organismos. Cómo las complejas comunidades que constituyen la biota del suelo crecen y funcionan es y seguirá siendo una cuestión muy variable.

Unas pocas evaluaciones estudian y amplían la información sobre *el funcionamiento* y los *legados biológicos* de los sistemas de suelos. En la actualidad casi todos los análisis y las evaluaciones de las relaciones cultivo-suelo son llevados a cabo simplemente en términos de la *química del suelo*, quizá considerando de alguna manera las propiedades físicas de este. No obstante, los parámetros biológicos suelen ser ignorados.

Hasta que se les preste la debida atención al desempeño y las características biológicas del suelo, las afirmaciones acerca de cuáles rendimientos son o no alcanzables, fundamentadas solamente en análisis químicos del suelo, son discutibles. A la fecha la mayor parte de nuestros conocimientos sobre el cultivo del arroz *se derivan de observaciones y mediciones efectuadas a las plantas cultivadas en condiciones por debajo del nivel óptimo*, como por ejemplo, plantas amontonadas en suelos hipóxicos. Sin duda en otras condiciones es posible obtener mejores resultados.

6. ¿Cuáles son los requisitos para aplicar el SRI?

Para aplicar el SRI los agricultores no requieren realizar ninguna compra ni obtener créditos, aunque el impacto de sus métodos es mejorado significativamente si tienen acceso a una herramienta económica de escarda que airea el suelo y controla las malezas, y pueden utilizarla. Una deshierbadora mecánica es la única adquisición recomendada para implementar este sistema. En su lugar se puede efectuar la escarda a mano o emplear herbicidas, si no se dispone de la herramienta; no obstante, la escarda a mano resulta menos eficaz que la mecánica, ya que no airea el suelo ni le devuelve la biomasa de las malezas para que se descomponga. Los siguientes elementos pueden considerarse como requerimientos para aplicar el SRI.

Control del agua: El principal requerimiento para obtener el éxito con el SRI es ser capaz de aplicar *fiable y regularmente pequeñas cantidades de agua* o de *inundar el campo y drenarlo* luego de varios días, con cierto suministro de agua asegurado para volver a inundarlo unos cuantos días después.

- En algunos lugares el acceso de los agricultores al agua es demasiado poco fiable como para que ellos estén dispuestos a intentar cultivar con un suministro de agua muy reducido, tal como lo aconsejaba el padre Laulanié, es decir, con lo que él denominaba como *le minimum de l'eau* (la cantidad mínima de agua).
- Los productores pueden cultivar arroz en una temporada o topografía donde la lluvia *inunda continuamente* los campos, como en los climas monzones con escaso drenaje, o pueden tener campos bajos y suelos pesados y arcillosos que dificultan o imposibilitan la evacuación del agua de ellos, por lo que su suelo permanece saturado e hipóxico. El drenaje es prácticamente tan importante como la irrigación. Cuando el suelo es anaeróbico o hipóxico, con un espacio poroso ocupado solo por agua y sin aire, los beneficios de las prácticas del SRI se reducirán o serán invalidados.



A la izquierda, un arrozal cultivado por medio del SRI en el distrito de Dolpa, **Nepal**, a una altura de cerca de 1700 m. En el arrozal a la derecha, cultivado en el estado Odisha, **India** mediante el SRI, el abundante humus de lombriz en la superficie indica que hay bastante oxígeno en el suelo para mantener poblaciones de lombrices que mejoran la fertilidad de este.

La circunstancia más favorable de la práctica del SRI es irrigar los campos con agua que es *bombeada* desde fuentes de aguas subterráneas, un río o una represa, lo que proporciona a los agricultores:

- *Medios* para controlar y limitar su consumo de agua, activando o apagando la bomba; y
- *Incentivos* para realizar lo anterior, ya que los productores pueden ahorrar dinero en términos de las operaciones de la bomba, siempre que el suministro de electricidad o de diésel sea confiable.

Cuando el control del agua se dificulta, como en un gran sistema de riego donde otros agricultores aún practican la irrigación continua, *cavar canales de drenaje* en el campo y *crear lechos elevados* puede neutralizar el efecto del exceso del líquido y de la escasez de aire en la zona de las raíces.

Aunque un control del agua preciso es ideal para implementar el SRI, los productores pueden adaptar sus prácticas de gestión de suelos, plantas y agua para beneficiarse de los métodos del sistema, *incluso en condiciones de gestión de los recursos hídricos que no son las ideales*. Las condiciones aeróbicas del suelo y las relativas al control del agua son cuestiones de grado. Las prácticas de los agricultores pueden ser orientadas por el principio y el objetivo de manejar el recurso hídrico para mejorar el crecimiento y la salud de las raíces y la abundancia, la diversidad y la actividad de los organismos beneficiosos del suelo.

Mano de obra: El segundo requerimiento es que los productores cuenten con suficiente mano de obra y tiempo para poder invertir más de ambos mientras aprenden los métodos del SRI. *Aprender una nueva práctica requiere invertir tiempo y esfuerzos*. Quienes están comenzando a utilizar el Sistema, especialmente aquellos cuyas prácticas de cultivo de arroz han sido más extensivas que intensivas, descubrirán que al principio necesitan de 20 % a 30 % más de mano de obra por hectárea. Por otra parte, donde los agricultores ya han cultivado su arroz de manera intensiva para obtener el máximo rendimiento de la tierra de la que disponen, el SRI puede *ahorrar mano de obra incluso en el primer año de su aplicación*, dado que hay muchas menos plantas que cultivar en el vivero, transportar, trasplantar y manejar.

Al inicio la escarda mecanizada puede requerir un poco más de mano de obra; no obstante, los productores indican que a menudo pueden compensar esto, al menos en parte, con el ahorro de mano de obra que logran deteniendo la pulverización de productos químicos, lo que también reduce considerablemente los costos. Con la práctica los agricultores pueden aprender a realizar la escarda mecanizada más rápida y fácilmente. De acuerdo con un evaluación del SRI en la India, la deshierbadora mecánica redujo la mano de obra femenina dedicada a la escarda en 76 % (Mrunalini y Ganesh 2008).

Como se verá más adelante, se necesita más mano de obra para elaborar y aplicar el compost que para comprar y esparcir el fertilizante químico. La cantidad de tiempo

requerida para realizar esta operación depende principalmente de la biomasa disponible y con frecuencia es posible reducir en forma significativa los costos en efectivo.

Cuando ponen en marcha el SRI, los agricultores *deben estar preparados para invertir más mano de obra*, lo que puede resultar un obstáculo para su adopción para las familias pobres, que conduce a una existencia precaria, ya que no se pueden permitir invertir más mano de obra en el Sistema, incluso si es más rentable para ellos (ellos saben que sí lo es) aplicar sus prácticas (Moser y Barrett 2003). Para los productores de países como India y China el ahorro de mano de obra se ha convertido en una de las principales atracciones de los métodos del SRI. Incluso en Madagascar se descubrió que la gestión del Sistema redujo la mano de obra por hectárea una vez que los agricultores habían adquirido habilidad para aplicarlo y confianza en él (Barrett *et al.* 2004).

Biomasa: El tercer requerimiento es un adecuado suministro de biomasa, si los productores desean depender mayoritaria o completamente de fuentes orgánicas y no de fertilizantes sintéticos para mejorar la fertilidad de los suelos. El compost que puede sustituirlos puede ser elaborado con *cualquier tipo de biomasa disponible*: paja de arroz, malezas, ramas podadas, estiércol, etc. Sin embargo, la biomasa suele escasear, en especial para los agricultores cuyos campos de arroz son lo suficientemente grandes como para requerir cantidades sustanciales de compost y para quienes la aplicación “totalmente orgánica” del SRI es poco factible. No obstante, sus cultivos se beneficiarán de las aplicaciones de tanta materia orgánica como sea posible.

El SRI no requiere fertilización orgánica, pero sus mejores rendimientos se obtienen cuando la fertilidad y el funcionamiento del suelo son mejorados por medio de la adición de insumos orgánicos al sistema del suelo. Es muy conveniente contar con las herramientas y los implementos apropiados para recolectar, transportar, triturar, procesar y aplicar la biomasa descompuesta como compost. Muchos de los utensilios disponibles actualmente son de diseño muy antiguo, por lo que no son muy eficientes para manejar y aplicar la biomasa en cuanto al tiempo de mano de obra y el esfuerzo requerido.

Lograr que el SRI sea más ampliamente accesible y productivo dependerá en gran manera del desarrollo y la disposición de *mejores herramientas e implementos* que puedan incrementar la productividad de la mano de obra empleada en estos procesos y de maneras de generar *provisiones más amplias y convenientes de biomasa o de acceder a ellas*. A la fecha escasa investigación y desarrollo han sido dirigidos a mejorar las herramientas y el suministro de biomasa para que los productores cuenten con medios eficientes y atractivos de mejorar los componentes orgánicos de la fertilidad de sus sistemas de suelos. El desarrollo de dichas herramientas y suministros debe ser una prioridad para seguir utilizando el SRI.

Protección de los cultivos: Donde se presenta un aumento en la biomasa de las plantas de arroz y en la producción del grano, siempre existe la posibilidad de que se requieran más o mejores medidas de protección del cultivo contra plagas y enfermedades. En general, los informes y las evaluaciones de los agricultores han respaldado la observación de que con los cultivos del SRI la incidencia de las plagas y las

enfermedades y el daño causado por estas se reducen. No obstante, los productores siempre deben estar preparados para hacer frente a los peligros de las plagas y las enfermedades.

Dado que el SRI no es necesariamente una práctica de agricultura orgánica, la protección química constituye una opción aceptable, excepto para los agricultores comprometidos con la producción orgánica por razones personales o económicas. En muchos países los productores que emplean este sistema aplican insecticidas o pesticidas orgánicos caseros a base de plantas locales y otros materiales, los que consideran suficientes y preferibles.

Hasta ahora los mayores problemas que han surgido con el SRI en materia de protección de cultivos se relacionan con las *plagas de vertebrados*: a menudo ratas y, en casos particulares, serpientes (en Perú) o elefantes (en Aceh, Indonesia). Algunos productores han reportado que el daño causado por ratas es menor con este sistema, ya que el mayor espaciado entre las plantas hace que desistan de entrar al campo al sentirse más expuestas (visibles) a los depredadores.

Además, algunas *plagas de invertebrados* deben ser controladas, especialmente el caracol manzana en muchos lugares del sudeste asiático. Agricultores de Filipinas han descubierto que, controlando sus aplicaciones de agua para inhibir la incubación de los caracoles hasta aproximadamente veinte días después del trasplante de las plántulas, es posible convertir estos animales en depredadores de las malezas emergentes y evitar que se alimenten de las plántulas de arroz (Porte *et al.* 2006).

En general recomendamos que, en la medida de lo posible, los productores apliquen prácticas y estrategias de *gestión integrada de plagas* (GIP). En el estado de Tripura, India, el autor observó una interesante aplicación de dicha gestión. Allí los agricultores que utilizan el SRI colocan en sus campos perchas adecuadas para búhos y otras aves rapaces a fin de que estas lleguen y se posen en sus arrozales y realicen un control natural de ratas, ratones y otras plagas. La minimización del uso de agroquímicos en los campos incrementa las poblaciones de aves que controlan los insectos; sin embargo, no deseamos atraer aves que se alimenten del arroz al final de la temporada, ya que estas pueden resultar una amenaza contra la cual se requeriría utilizar métodos para ahuyentarlas como ruido, tamborileo, espantapájaros, perchas para depredadores o la reproducción de grabaciones de audio en los campos.

Motivación y aptitud: El requerimiento más importante para lograr el éxito a través del SRI es que los agricultores estén dispuestos a *invertir la mano de obra y la intención requeridas* en su producción de arroz y sean capaces de hacerlo, esperando obtener a cambio un beneficio de esta inversión lo suficientemente grande como para justificarla. Si los agricultores ya saben cómo cultivar arroz, pueden aprender muy rápido los métodos del SRI, ya que se sienten motivados a mejorar su producción y están listos para lograrlo; en caso contrario, puede tomarles años adquirir las habilidades, el conocimiento, los hábitos, las percepciones e incluso las respuestas para cultivarlo con éxito.

La agricultura es una ocupación cualificada que hace uso de una gran cantidad de conocimientos tácitos, por lo que no resulta fácil de enseñar. Si los productores ya saben cómo cultivar el arroz, explicarles las *razones* para efectuar cambios en las antiguas prácticas (páginas 131-141) y *exponerlos* a las nuevas, por ejemplo, mediante visitas a arrozales cultivados a través del SRI y/o encuentros con agricultores experimentados que emplean el Sistema, suele bastar para motivarlos y empoderarlos, a fin de que utilicen los nuevos métodos sin necesidad de pasar por una capacitación muy extensa o un aprendizaje muy difícil.

Insumos e implementos adecuados: Tal como ocurre con todas las prácticas agrícolas, algunos insumos, pero no necesariamente los denominados “modernos”, son requeridos. Dado que los métodos del SRI incrementan la productividad de casi cualquier variedad de arroz, los productores pueden seguir usando las mismas semillas. No obstante, resulta conveniente probar dichos métodos con diversas variedades, para descubrir cuáles responden con mayor vigor a su gestión en las condiciones locales. Si los agricultores pueden producir bastante compost, una aplicación de hasta 2 t/ha puede ser suficiente para mejorar los procesos biológicos del suelo, por lo que no se requeriría adquirir fertilizantes químicos.

Como se señaló antes, el principal insumo recomendado es una *deshierbadora mecánica manual que airee el suelo*, que a menudo puede ser fabricada localmente y ser adquirida por una suma de entre \$15 y \$30 o incluso una inferior, si se utilizan materiales locales. Si no se dispone de una deshierbadora o resulta muy costosa, se puede realizar una deshierba a mano o emplear herbicidas para controlar las malezas. Si el costo constituye un obstáculo para adquirir una máquina de estas, varios productores pueden comprar una de manera conjunta y efectuar un uso compartido. En el futuro se espera que *deshierbadoras mejoradas y motorizadas* sean fabricadas y puestas a disposición de los productores, ya que ello reduciría significativamente el tiempo de mano de obra y la monotonía que supone la escarda en los campos del SRI.



*Diseño popular de deshierbadora en forma de cono utilizada en **Sri Lanka** en cultivos gestionados mediante el SRI. El flotador ubicado en la parte del frente puede ser ajustado para fijar la profundidad del batimiento del suelo. Esta herramienta, diseñada para efectuar un espaciado de 25 cm x 25 cm, puede ser fabricada localmente por tan solo \$10.*



*Deshierbadora construida por Nong Sovann, un agricultor del pueblo de Kandol, ubicado en la provincia de Kampong Spreu, **Camboya**. Los materiales le costaron menos de \$4, esto es, las uñas grandes que fueron clavadas en un eje de madera, la soldadura de las varillas de hierro y la adición de un rastrillo en el palo para lograr una mejor aireación del suelo. Nong calculó que este implemento agregaba al menos \$20 de valor a la producción de arroz de su muy pequeño campo.*



*Deshierbadora manual hecha y utilizada por Govinda Dhakal en el distrito de Morang, **Nepal**, cuyo costo fue de solo 20 centavos. La primera vez que Govinda empleó los métodos del SRI en su finca, el crecimiento de malezas era tan significativo que sus vecinos pensaban que él ya nunca más probaría dicho sistema; sin embargo, él estaba decidido y fabricó la más simple de las deshierbadoras con madera y clavos, lo que le permitió al siguiente año triplicar su área a 1.5 ha. En 2006 le comentó al autor que esta herramienta le permitía reducir el tiempo de mano de obra dedicado al control de malezas en un 60 %, en comparación con la escarda manual.*

6.1 ¿Es verdad que el SRI requiere más mano de obra?

Cuando empiezan a aprender nuevos métodos, a los productores les toma cierto tiempo aplicarlos en forma rápida, confiada y apropiada. Dado que están acostumbrados a manipular plantas más grandes y de mayor edad, el manejo de plántulas muy pequeñas puede resultarles angustiante, por lo que al principio el trasplante será realizado más lentamente. No obstante, una vez que se acostumbran a los nuevos métodos, son capaces de realizar sus prácticas con mayor rapidez.

Dependiendo de la dificultad que supone controlar el agua, la aplicación regular de pequeñas cantidades de este líquido puede requerir más tiempo que simplemente mantener los campos siempre inundados. Pero, por lo general, los productores creen que a medida que se sienten más a gusto y más seguros con las prácticas del SRI, este sistema alternativo de producción de arroz resulta al menos *neutral en términos de mano de obra*, es decir, no la aumenta, y con frecuencia creen que la *ahorra*, ya que reduce sus requerimientos en este sentido.

Una evaluación del uso del SRI, realizada en **Madagascar** por Moser y Barrett (2003), planteó por primera vez la cuestión de la intensidad de la mano de obra en su gestión. Esta fue observada por medio de una encuesta llevada a cabo en cinco pueblos de una región. Sin embargo, estos autores y dos colegas efectuaron una evaluación más amplia, por medio del análisis de una base de datos de 108 agricultores de cuatro zonas del país con diferentes grados de experiencia con el SRI, la cual arrojó que, aunque el SRI requería más mano de obra al principio, aproximadamente en el cuarto año de su práctica los insumos de mano de obra por hectárea fueron *4 % menores* que con las prácticas convencionales y que, en el quinto año, los requerimientos de mano de obra fueron *10 % inferiores* que los correspondientes a la práctica convencional (Barrett *et al.* 2004).

En otros países, donde los métodos de cultivo de arroz *suelen ser más intensivos que los empleados en Madagascar*, el ahorro de mano de obra por medio de la gestión del SRI es a menudo más rápido y significativo.

A través de evaluaciones del SRI realizadas en **Camboya** por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica (GTZ) y en **Indonesia** por un equipo de asistencia técnica de Nippon Koei, se descubrió que los métodos del Sistema eran, en promedio, *neutrales en términos de mano de obra* (Anthofer 2004; Sato y Uphoff 2007). Si bien al inicio los nuevos agricultores requirieron más mano de obra para llevar a cabo un cultivo a través del Sistema, los más experimentados lo lograron con menos, por lo que en promedio en estos estudios no hubo ningún cambio en estos insumos.

Por otra parte, de acuerdo con evaluaciones realizadas en **China** e **India**, se han *reducido los requerimientos de mano de obra* por medio del SRI, incluso desde el primer año de su implementación (Li *et al.* 2005; Sinha y Talati 2007). Según informes subsiguientes sobre el uso del Sistema efectuados en dichos países, productores y funcionarios consideran que este por lo general ahorra mano de obra (Uphoff 2007b; *The Hindu*, 1.º de enero, 2008).

En India investigadores de la TNAU evaluaron parcelas contiguas gestionadas a través del SRI y métodos convencionales respectivamente en cien fincas ubicadas en la cuenca hidrográfica del río Tamiraparani. Los datos obtenidos mostraron que los insumos de mano de obra por hectárea *se redujeron de manera general en 11 %* con el uso del Sistema (Thiyagarajan 2004).

La desagregación por género mostró que con el SRI los insumos de mano de obra masculina por hectárea *ascendieron a casi 60 %*, mientras que la cantidad de mano de obra femenina dedicada a la producción de arroz *se redujo en 25 %*, dado que la escarda mecanizada fue considerada como “trabajo de hombres” y estos se hicieron cargo de dicha tarea. Pero, ¿por qué los hombres aceptaron esta redistribución de la mano de obra? Los investigadores de la TNAU calcularon que, mediante la aplicación de los métodos del SRI, los ingresos netos por hectárea fueron de \$519, mientras que con los métodos usuales, llegaron a solo \$242 (Thiyagarajan 2004).



A la izquierda, método convencional de deshierba manual aplicado en Tamil Nadu, India, y a la derecha, deshierba mecanizada efectuada según los métodos del SRI.

Se debe tener en cuenta que los agricultores hallan continuamente nuevas formas de *reducir sus insumos de mano de obra* mediante el SRI, tales como el mejoramiento del diseño y la operación de las deshierbadoras, la sustitución del trasplante por la siembra directa, diversas maneras de reducir sus requerimientos de mano de obra en la gestión de viveros y el trasplante, y la AWD de los arrozales, en lugar de la rutina más precisa pero más imperante en términos de mano de obra de pequeñas aplicaciones diarias de agua.

Con el SRI las necesidades de mano de obra no son fijas. Las habilidades de los productores y las técnicas que utilizan experimentan cambios continuos. Es poco probable que los insumos de mano de obra en los años segundo, tercero y cuarto de la gestión del SRI sean los mismos que los del primer año. Los productores deben saber siempre que *en sus inicios el SRI suele requerir más mano de obra*, mientras aprenden los nuevos métodos. No obstante, existen razones para esperar que dicho incremento sea transitorio o de transición y no necesario ni permanente.

Si el SRI ahorrará o aumentará la mano de obra dependerá más de su nivel anterior de intensidad en cuanto a ella que de sus métodos. En Madagascar la producción tradicional de arroz era básicamente de uso extensivo de mano de obra, por lo que cualquier esfuerzo dirigido a aumentar los rendimientos incrementaba, al menos al principio, los requerimientos de esta. Ello no ocurrió en la mayor parte de Asia, donde la producción de arroz ya era de uso intensivo de mano de obra.

6.2 ¿Las prácticas del SRI pueden ser aplicadas sin irrigación?

Esta es una pregunta importante porque mucha de la pobreza del mundo se encuentra en las áreas rurales, *donde se carece de instalaciones de riego*. Si el SRI resultara beneficioso solo en condiciones de irrigación, no podría compensar mucha de la pobreza y el empeoramiento de la distribución de los ingresos en el mundo.

En 2005 las ONG que trabajaban con productores en Filipinas, Birmania y la India descubrieron que, por medio de adaptaciones adecuadas, los principios y las prácticas del SRI podrían incrementar sustancialmente la producción de arroz en condiciones montañosas y de secano, incluso llegando a un promedio de hasta 7/ha en algunos lugares. La mayor parte de los productores de arroz que cuentan con sistemas de irrigación se sentirían muy felices por haber logrado tales rendimientos.

- **Filipinas:** En 2003 la ONG denominada *Broader Initiatives for Negros Development* (BIND) efectuó en la provincia de Negros Occidental ensayos múltiples en las fincas con la popular variedad local *Azucaena*, a fin de evaluar los resultados del SRI de secano con cinco espaciados diferentes (y cuatro ensayos múltiples de cada uno) en una superficie total de 4000 m². Tres o cuatro semillas fueron sembradas en montículos con espaciados de 15 x 40 cm, 20 x 40 cm, 25 x 40 cm, 30 x 40 cm o 35 x 40 cm.

Después de doce a quince días de la siembra, las plantas de cada montículo *fueron mermadas hasta quedar solo una*, dejando la plántula más vigorosa y eliminando las demás. El suelo entre los montículos fue cubierto con un mantillo con hojas y ramas de un arbusto leguminoso (*Gliricidia*) para conservar la humedad del suelo, eliminar las malezas y disminuir la temperatura del suelo, de modo que los organismos que habitan en este se volvieran más abundantes.

El rendimiento más alto fue de 7.7 t/ha, con un espaciado de 20 cm x 40 cm. El rendimiento promedio del grano en los veinte ensayos fue de 7.2 t/ha, muy superior al rendimiento de secano usual en el área de 1.5 t/ha. Se empleó una fertilización orgánica, a base de gallinaza y una pulverización foliar de algas marinas. Notablemente, casi todos los brotes que las plantas produjeron resultaron fértiles, es decir, la eficacia del macollamiento fue de casi 100 % (BIND 2003).



Agricultores de la provincia de Negros Occidental, Filipinas, clarean el terreno para llevar a cabo ensayos del SRI en zonas montañosas. Azucena, la variedad local tradicional, responde bien a los métodos de gestión del SRI.

• **Birmania:** A partir de 2001 la ONG birmana Fundación Metta para el Desarrollo inició la introducción de los métodos del SRI por medio de escuelas de campo para agricultores, dirigidas a minorías étnicas de los estados septentrionales de Kachin y Shan (páginas 58-59). Las prácticas del SRI tenían que ser adaptadas a las condiciones de secano, ya que los productores de esta región carecían de instalaciones de irrigación. Los rendimientos promedio de los cultivos de secano en el área eran de 2 t/ha. En las parcelas de demostración, donde los métodos del SRI fueron aplicados en su mayoría según lo recomendado, los rendimientos promedio (sin riego) superaron las 6 t/ha. En los propios campos de los agricultores, con un uso parcial de tales métodos, los rendimientos alcanzaron un promedio de 4 t/ha y han aumentado con el tiempo (Kabir y Uphoff 2007).



*Un campo de secano del SRI, ubicado en el estado de Kachin, **Birmania**.*

• **India:** En 2003 PRADAN, una ONG que trabaja en distritos pobres del este de la India, introdujo el SRI a través de cuatro productores en el distrito de Purulia, ubicado en el estado de Bengala occidental. Al siguiente año, cuando la cantidad se amplió a 150 agricultores, un equipo de evaluación del Programa para la India del IWMI envió un equipo de investigación para que estudiara dicha experiencia. Este descubrió que los agricultores que empleaban todos los métodos recomendados, adaptados a la producción de secano, lograron rendimientos promedio de 9 t/ha (Sinha y Talati 2005, 2008) y que incluso uno de ellos obtuvo 15 t/ha, de acuerdo con el líder del equipo (S.K. Sinha, comunicación personal).

El empleo del SRI se amplió en el distrito de Purulia. De acuerdo con un informe de PRADAN de 2007, de los 3793 grupos familiares que emplearon sus métodos la temporada anterior, el 54 % obtuvo rendimientos de 6 t/ha a 8 t/ha, mientras que el 28 % logró rendimientos superiores a las 8 t/ha. Los rendimientos de los cultivos de secano en dicha área suelen ser de 2 t/ha a 3 t/ha, en cambio, en un periodo de cinco años, el promedio alcanzado por medio del Sistema fue de 7.4 t/ha. Desde entonces PRADAN ha introducido el SRI en las zonas de secano de Bihar, Odisha, Jharkhand, Madhya Pradesh y Chhattisgarh, también con resultados muy positivos.



*Agricultor de una tribu del estado de Odisha, **India**, muestra una planta de arroz de secano de su campo, cultivado mediante el SRI. Los productores del este del país, quienes aprendieron los conceptos y los métodos del Sistema en cultivos de secano a través de PRADAN, fueron capaces de obtener rendimientos promedio de 7 t/ha. El control de malezas constituyó un gran desafío; sin embargo, las deshierbadoras mecánicas, con su sistema de aireación del suelo, hicieron que, más allá de un costo, la escarda se convirtiera en un beneficio.*

La experiencia de campo en varios países indica que *con adaptaciones apropiadas, los métodos del SRI pueden mejorar la seguridad alimentaria y los ingresos de las unidades familiares en zonas que carecen de irrigación*. Los productores deben aprender a no acumular el agua pluvial en sus campos cuando llegan las lluvias, ya que el agua estancada provocará el deterioro de los sistemas radiculares de sus plantas de arroz en suelos carentes de oxígeno. No obstante, no mantener tanta agua estancada como sea posible en el campo resulta difícil de aceptar para los productores que permanentemente mantienen sus cultivos bajo estrés hídrico, por lo que deben ver diferencias en los resultados.

Si los productores establecen su cultivo de arroz mediante trasplante, en lugar de hacerlo a través de la siembra directa, también deben aprender a poner en marcha varios viveros, no solo uno –consecutivamente, con dos semanas de diferencia– y, luego, cada vez que llueva, *utilizar solo los viveros que tengan plántulas con la edad idónea* (menores de quince días). Al principio, dado que el arroz es muy escaso y valioso, los grupos familiares se muestran renuentes a plantar viveros “extra” y a acordar “sacrificar” todos excepto uno. Sin embargo, una vez que ven que la decisión de cultivar plántulas en una sucesión de viveros para disponer de ellas cuando se presentan las precipitaciones puede aumentar sus rendimientos, este “desperdicio” se vuelve aceptable.

6.3 ¿Los agricultores deben emplear variedades de arroz nuevas o especiales con el SRI?

Hasta ahora los productores han descubierto que los métodos del SRI mejoran el desempeño de *prácticamente todas las variedades* de arroz – antiguas o nuevas, mejoradas o no, tradicionales o modernas, locales o híbridas. Pero no todas las variedades responden a las prácticas de gestión del SRI de un modo igualmente positivo que otras. Probando distintas variedades en las condiciones locales, los agricultores pueden conocer cuáles serán las más convenientes para ellos.

Los productores deben utilizar las variedades de arroz que resulten más productivas y rentables en sus circunstancias y de acuerdo con sus necesidades. Deben *evaluar* la productividad *en términos económicos y agronómicos*, ya que deben preocuparse por su balance económico. Además, deben considerar cuál será el pago que recibirán de los compradores por su arroz y su ingreso neto después de deducir todos sus costos de producción.

Hasta el momento los rendimientos más altos obtenidos a través de los métodos del SRI han sido por medio del uso de modernas VAR o híbridos, muchos de los cuales han sido mejorados para que puedan generar numerosos brotes. Como se señaló anteriormente, el récord mundial de rendimientos de los arrozales, que tuvo lugar en 2011 en el estado de Bihar, India, fue logrado con variedades híbridas, mientras que el rendimiento aún más alto obtenido en Tamil Nadu dos años después se logró con la popular variedad “mejorada” CR1009.

Al mismo tiempo, se ha descubierto que muchas variedades locales tradicionales responden muy bien a la gestión del SRI: de 5 t/ha a 10 t/ha, e incluso 13 t/ha en Sri Lanka. Los consumidores, quienes prefieren el sabor, la textura y otras cualidades de las variedades “no mejoradas”, suelen estar dispuestos a pagar más por los arroces tradicionales, incluso una cantidad doble o mayor por kilogramo. Por lo tanto, un rendimiento de arroz local la mitad de alto que el obtenido con una VAR puede resultar más rentable, especialmente si los costos de producción son más bajos.

Algunas variedades responden de manera diferente cuando se aplica la gestión del SRI. Por ejemplo, una variedad moderna popular en la India, conocida como *Swarna* (MTU 7029), considerada anteriormente como “de escaso macollamiento”, es decir, que no producía muchos brotes por planta, fue cultivada utilizando los métodos del SRI y, como resultado, generó numerosos brotes, como se muestra en la siguiente imagen.

Existen dos maneras en las que los métodos del SRI pueden volver más rentable el uso de *variedades híbridas*. Primero, estas variedades suelen responder con muy buenos rendimientos a las prácticas del Sistema; no obstante, esta gestión también puede aumentar la rentabilidad económica de la plantación de híbridos, *reduciendo los costos*



Una única planta de la variedad Swarna (MTU 7029) en India. Antes de que fuese cultivada aplicando los métodos del SRI, los fitomejoradores y los agricultores creían que esta variedad era “de escaso macollamiento”.

de producción de los agricultores, sobre todo sus requerimientos de semillas, entre 70 % y 90 %. El alto costo que supone adquirir semillas híbridas ha constituido una de las principales barreras a la aceptación de los híbridos por parte de los productores.

En la estación seca de 2006, en la isla indonesia de Bali, veinticuatro agricultores que utilizaron los métodos del SRI con “híbridos Longping” de China obtuvieron un rendimiento promedio de 13.3 t/ha en 42 ha, mucho más alto que el de 8.4 t/ha de los híbridos cultivados con los métodos usuales de los productores (Sato y Uphoff 2007), lo que demuestra cómo el Sistema puede hacer más remunerativas las variedades híbridas para ellos, incrementando sus rendimientos y reduciendo sus costos de producción.

Asimismo, cuando son cultivadas con los métodos del SRI, las *variedades tradicionales o criollas* pueden resultar aún más provechosas que las variedades de mayor rendimiento, cuando los rendimientos mejorados del SRI son combinados con un precio de mercado superior y costos de producción más bajos. Dadas las preferencias del consumidor, el precio que los híbridos y las VAR dominan en el mercado es comúnmente inferior que el de las variedades autóctonas.

De acuerdo con una evaluación de 99 variedades tradicionales, cultivadas a través del SRI por la ONG Sambhav en el estado de Odisha, India, tres de dichas variedades produjeron rendimientos de 9 t/ha a 11 t/ha; once, de 8 t/ha; quince (cuatro de ellas aromáticas), de 7 t/ha; 36 (5 aromáticas), de 6 t/ha; y 34 (4 aromáticas), de 5 t/ha.



*Variedades autóctonas conservadas por la ONG Sambhav, en el estado de Odisha, **India**. Sambhav cuenta con más de cuatrocientas adhesiones. Según la evaluación que llevó a cabo de 99 variedades tradicionales cultivadas a través de la gestión del SRI, todas ellas generaron rendimientos superiores a las 5 t/ha, y una alcanzó incluso las 11 t/ha.*

Con las modificaciones efectuadas por el SRI en materia de gestión, todas las variedades tradicionales evaluadas por Sambhav generaron rendimientos respetables, mayores a las 5 t/ha (Sabarmatee, comunicación personal). Con frecuencia las variedades “no mejoradas” pueden ser competitivas en términos económicos con las VAR, en parte debido a que pueden obtener sobrepuestos si existen acuerdos de comercialización. Los actuales canales de comercialización no suelen recompensar una calidad superior.

En varios países se están realizando esfuerzos dirigidos a impulsar la producción y la comercialización de variedades de arroz autóctonas, especialmente las que se cultivan con métodos de producción orgánica, a fin de incrementar los ingresos de los agricultores y a conservar la biodiversidad del arroz. Dicho arroz puede no solo hallar un buen mercado doméstico, sino también recibir un sobrepuesto de exportación si es producido de manera respetuosa con el medioambiente, en particular cuando los requerimientos de agua son reducidos. En la temporada de 2013-2014 grupos de productores que trabajaban con el CEDAC vendieron en mercados urbanos, a un precio favorable, 10 t de arroz orgánico producido con los métodos del SRI, mientras extendían sus exportaciones a Estados Unidos y Alemania.

En 2005 el *Premio SEED, de la Iniciativa Supporting Entrepreneurship for Environment and Development (SEED)*, patrocinado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), fue otorgado al CIIFAD, junto con ONG y socios de organizaciones de agricultores de tres países: las organizaciones de productores *Koloharena* de Madagascar, que reciben asistencia del Cuerpo de Paz y el Club de Leones local; el CEDAC y los grupos de productores con los

que trabaja en Camboya; y Oxfam Australia y las cooperativas de agricultores que adoptaron el SRI en Sri Lanka. Esta colaboración, dirigida a desarrollar los mercados de exportación y comercio justo de variedades de arroz autóctonas orgánicas, cultivadas por medio del SRI, condujo a los acuerdos de comercialización que se discuten más adelante. En junio de 2015 esta iniciativa del SRI fue una de las diez seleccionadas de entre 175 en los últimos diez años para recibir un “reconocimiento especial” del programa de la SEED.

A la vez que pueden ser aplicados con éxito en el cultivo de variedades de arroz nuevas y antiguas, los métodos del SRI pueden contribuir a conservar la diversidad del arroz, logrando que las variedades locales que responden bien a la gestión del Sistema sean más rentables y económicamente competitivas con los híbridos y las VAR.

El SRI está diseñado para proporcionar a los agricultores opciones para aumentar su bienestar y seguridad. Quienes desean obtener los más altos rendimientos generalmente utilizarán los métodos del SRI con híbridos o variedades modernas. Por otra parte, los que emplean el Sistema y se preocupan más por su balance económico o quienes colocan la calidad del grano antes que la cantidad pueden preferir plantar variedades tradicionales.

Los socios del SRI en varios países han trabajado con **Lotus Foods**, una pequeña empresa ubicada en San Francisco, California, que importa arroz de especialidad o autóctono y lo distribuye a lo largo de Estados Unidos, a través de más de 3500 puntos de comercialización (<http://www.lotusfoods.com/index.php/more-crop-drop/>).

Varias líneas de productos de arroz “tradicional” cultivado orgánicamente por medio del SRI ya han sido desarrolladas por Lotus Foods, como se muestra más adelante, con un embalaje y un control de calidad adecuados para acceder a los mercados extranjeros y aumentar los ingresos de los agricultores de Madagascar, Indonesia y Camboya. Asimismo, los productores del SRI en Indonesia y Camboya han desarrollado la demanda en los mercados de Europa, el sudeste de Asia y Australia de su arroz autóctono, cultivado orgánicamente.

Varias discusiones y estudios de mercado están en curso para incrementar el número de variedades tradicionales producidas y comercializadas en los ámbitos nacional e internacional. Lotus Foods, SRI-Rice y socios en seis países han brindado asistencia en el proceso de desarrollo de los mercados impulsado por Olivia Vent. La especie de arroz *Oryza sativa* ofrece gran variedad y variabilidad. Además, algunas variedades autóctonas de arroz africano (*Oryza glaberrima*) pueden generar buenos resultados con la gestión del SRI, como ha ocurrido en Mali y Liberia.

Las variedades “mejoradas” suelen presentar cualidades superiores en una o varias características, como la formación de espiguillas o el peso del grano, pero no en todas. Para cualquier agricultor la mejor variedad es la que cumple múltiples objetivos de manera óptima.

Las VAR han sido mejoradas para obtener los rendimientos más altos, en respuesta a un abundante suministro de agua y fertilizante sintético. La resistencia a ciertas (o muchas) plagas y enfermedades, al estrés por la sequía, a las inundaciones o al encamado puede ser otro objetivo del mejoramiento genético de los cultivos. Numerosas variedades autóctonas “no mejoradas” ya presentan tales características; sin embargo, no responden bien a las aplicaciones de fertilizante sintético, ya que las vuelve susceptibles al encamado o al ataque de plagas y enfermedades, cuando se aplica a los suelos fertilizantes sintéticos inorgánicos (NPK).

Quienquiera que esté interesado en cultivar arroz a través de los métodos del SRI debe considerar el potencial genético más apropiado para iniciar sus esfuerzos de producción de arroz. De acuerdo con la experiencia, casi cualquier variedad que satisfaga las necesidades de los agricultores puede mejorar la productividad y la sanidad cuando las prácticas del Sistema son adaptadas y combinadas de manera apropiada. El desafío consiste en obtener más plenamente el potencial genético de la variedad y darle el mejor uso, proporcionando a las plantas entornos de cultivo óptimos.



Paquetes de arroz cultivado orgánicamente y comercializado en forma justa, provenientes de Indonesia, Camboya y Madagascar. Cada uno corresponde a una variedad local seleccionada que presenta cualidades particulares de sabor, aroma y/o aspecto que resultan agradables para los consumidores de Estados Unidos y de todo el mundo.

6.4 ¿El SRI constituye un sistema de producción orgánica?

En los ochenta, cuando el SRI fue desarrollado, el padre Laulanié empleó fertilizante químico porque entonces se pensaba que este constituía la mejor y, a menudo, la única forma de obtener rendimientos más altos, especialmente con el estado nutricional de los suelos de Madagascar, clasificado generalmente como “pobre”. A finales de dicha década, cuando el Gobierno dejó de subvencionar los fertilizantes, los productores con quienes trabajaba Laulanié no fueron capaces de costear los fertilizantes, por lo que –

por necesidad – junto al padre, empezaron a mejorar la fertilidad de sus suelos empleando compost.

Afortunadamente descubrieron que, cuando era utilizado junto con las otras prácticas del SRI, el compost podía aumentar aún más los rendimientos del arroz y, sin duda, a un precio más bajo que el que suponía la aplicación de fertilizantes químicos, incluso cuando los suelos eran “pobres”. En suelos muy ácidos, por ejemplo, agregar fósforo resultaba inútil, ya que este rápidamente se adhería y se volvía inasequible en ellos.

El compost era elaborado por los agricultores principalmente con paja de arroz y cualquier otro tipo de biomasa disponible (malezas, hierba, arbustos, hojarasca, etc.), dejando que se descompusiera durante un periodo de treinta a sesenta días. Utilizaban una cantidad *mínima o nula de estiércol de establo*, ya que muchos de ellos eran demasiado pobres como para poseer su propio ganado. El material vegetal contenía los micronutrientes necesarios para sintetizar enzimas y construir células.

Utilizado junto con otras prácticas del SRI, el fertilizante químico puede incrementar los rendimientos obtenidos. De acuerdo con ensayos factoriales efectuados repetidamente en Madagascar, se obtuvieron rendimientos 50 % más altos con el uso de fertilizantes, cuando los demás métodos del Sistema fueron empleados (Uphoff y Randriamiharisoa 2002). No obstante, cuando el compost fue aplicado junto con las otras técnicas del SRI, *en lugar del fertilizante*, los rendimientos promedio aumentaron en 17 % (*ibidem*).

Según la ATS, Laulanié no consideró el uso de compost como un *requisito* para aplicar el SRI, sino como un *acelerador* o un *impulsor*. En varios estudios efectuados con ensayos controlados se descubrió que ciertas *combinaciones de optimización* de fuentes orgánicas e inorgánicas de nutrientes pueden generar los rendimientos más altos, como en Lin *et al.* (2011). Combinar fuentes de nutrientes en la denominada *G/N* puede producir un rendimiento mayor que el obtenido con cualquier tipo de corrección de suelos, si las cantidades y los tipos aplicados son los apropiados.

Existe una condición por considerar y evaluar en este sentido. El uso de fertilizantes químicos no debe ser tal o tanto que *los organismos del suelo que contribuyen a aumentar la productividad de las plantas de arroz del SRI sean inhibidos o afectados por el fertilizante*. Proporcionar al suelo suficientes correcciones orgánicas esenciales para sostener “la vida en el suelo” es la clave del éxito del Sistema.

En Indonesia dos versiones del SRI fueron impulsadas por el equipo de asistencia técnica de Nippon Koei: (a) el *SRI básico*, en el que la dependencia de los fertilizantes químicos de los productores es reducida en 50 %, mientras que la cantidad de compost agregado a los suelos es aumentada para respaldar el crecimiento del cultivo; y (b) el *SRI orgánico*, en el que solo se emplean insumos orgánicos (Sato y Uphoff 2007).

En algunos sistemas de comercialización esta última califica para un sobreprecio en el mercado, lo que resta importancia a los niveles de rendimiento absolutos en relación con la rentabilidad.

Por diversas razones económicas, medioambientales, éticas y de salud algunos proponentes del SRI muestran una mayor preferencia por su versión orgánica; no obstante, este puede ser parcial, mayoritaria o totalmente orgánico. Si no se aplican insumos orgánicos al suelo mientras las otras prácticas del Sistema son utilizadas, esta constituiría una versión muy débil o mínima del SRI. Asimismo, aunque pueda darse un mejoramiento de los rendimientos solo con el fertilizante químico, no se puede esperar obtener todos los beneficios de esta gestión.

A menudo, cuando los agricultores transforman sus sistemas de cultivo, que anteriormente dependían de los fertilizantes químicos, en métodos de producción totalmente orgánicos, deben *pasar por un periodo de transición* durante el cual sus rendimientos pueden resultar más bajos por uno o dos años, mientras el sistema del suelo se ajusta al nuevo régimen nutricional y la cantidad y la diversidad de los organismos del suelo aumentan gradualmente. Los sistemas del suelo, que actualmente son más dependientes de los fertilizantes químicos, suelen requerir cierto tiempo para funcionar sin recibir un suministro de nutrientes inorgánicos y para desarrollar y revitalizar la biota del suelo, a menudo mermada o desequilibrada por el uso de fertilizantes químicos.

Cabe observar que, cuando los productores empiezan a utilizar los métodos del SRI –a diferencia de la experiencia usual de transformación de prácticas convencionales de cultivo dependientes de fertilizantes en agricultura orgánica – *rara vez tiene lugar una fase de transición* durante la cual los rendimientos se reducen por un tiempo antes de recuperarse y luego aumentar. Normalmente los productores que adoptan las prácticas del SRI con una sustancial o total dependencia de la fertilización orgánica obtienen un aumento satisfactorio en los rendimientos desde el primer año de su implementación. Aparentemente esto se debe a un “golpe de suerte” en términos de productividad, que se puede lograr convirtiendo el estado anaeróbico de los suelos de los arrozales en condiciones aeróbicas, bien provistas de oxígeno.

Con la volatilidad de los precios del petróleo y el incremento de los precios de los fertilizantes químicos y otros insumos agroquímicos, podemos prever que habrá un interés creciente en utilizar sistemas de producción independientes de la adquisición de tales insumos. Además, aumenta la preocupación por la calidad del suelo y de los recursos hídricos y por la salud humana y del suelo, que pueden verse afectadas por las continuas aplicaciones de agroquímicos

Prevedemos que habrá una demanda creciente por parte de los consumidores de todo el mundo de productos alimenticios orgánicos y alimentos producidos sin utilizar nutrientes químicos o protección de los cultivos. Asimismo, los ciudadanos solicitarán reducir la acumulación de nitratos en las fuentes de aguas subterráneas y superficiales y detener el depósito de sustancias químicas tóxicas en sus suelos y aguas.

Esperamos que con el tiempo las versiones orgánicas del SRI ganen popularidad, productividad y rentabilidad; sin embargo, la decisión sobre utilizar materiales de producción orgánicos y/o inorgánicos deben tomarla los agricultores, teniendo en cuenta las preferencias de los consumidores, los reglamentos para la protección del medioambiente, los rendimientos netos, su propio pensamiento y valores y otras consideraciones pertinentes.



*Saepul Bahri, presidente de la Cooperativa de Agricultores Simpatik, ubicada en Java Occidental, **Indonesia**, con Emily Sutanto, fundadora y ejecutiva de PT Bloom Agro, y Stefan Fak, de Lotao, en las modernas instalaciones de la cooperativa, donde se procesa el arroz tradicional orgánico que sus 2300 miembros cultivan y exportan a Estados Unidos, Singapur, Malasia y Alemania. Simpatik trabaja con Bloom Agro, una empresa exportadora indonesia que comercia con Lotus Foods (<http://www.lotusfoods.com/index.php/products/organicproducts/organic-volcano-rice>) y una firma alemana denominada Lotao (<http://www.lotusfoods.com/index.php/products/organic-products/organic-volcanorice/>), facilitando las importaciones de arroz de especialidad orgánico desde Indonesia a los mercados de Estados Unidos, Europa y varios países asiáticos.*

7. ¿Cuáles limitaciones existen para utilizar los métodos del SRI?

Tras la anterior revisión de requerimientos para utilizar los conocimientos del SRI, las principales limitaciones para emplear sus métodos que deben ser consideradas son:

Suministro y control del agua: Aunque el SRI reduce los requerimientos de agua, ninguna planta puede crecer sin ella, por lo que se debe contar con un *suministro fiable y apropiado del líquido*. Asimismo, debe haber medios seguros para *drenar cualquier exceso de agua*, a fin de que el suelo pueda permanecer aeróbico la mayor parte del tiempo, con una buena provisión de oxígeno para las raíces de las plantas y los organismos del suelo. Donde el agua disponible es insuficiente, la implementación del SRI resulta imposible, y donde no se tiene control sobre un suministro abundante del líquido, dicho sistema no es recomendado, especialmente si se carece de instalaciones de drenaje y el suministro de agua del campo es constantemente excesivo.

Temperatura: Las plantas también requieren calor para crecer. Si las temperaturas son muy frías, el SRI no es factible, aunque es posible aplicarlo trasplantando plántulas mayores de quince días, ya que estas aún son jóvenes en términos biológicos debido a que las plantas que carecen de calor crecen más lentamente.

Un sistema de cultivo de arroz denominado 3-S, un “pariente” chino del SRI, fue desarrollado en los noventas en la provincia de Heilungjiong, cerca de Manchuria, al norte de China. El 3-S emplea plántulas de 45 días de edad en un sistema que se ha extendido a decenas de miles de hectáreas, con rendimientos promedio de 8 t/ha a 9 t/ha. Las plántulas son cultivadas en invernaderos de plástico mientras aún hay nieve en el suelo (véase imagen abajo) y son trasplantadas una por una, dejando un amplio espacio entre ellas, irrigándolas de manera limitada y proporcionándoles la mayor cantidad posible de materia orgánica para mejorar la fertilidad del suelo. En el frío clima de Heilongjiong las plántulas de arroz de 45 días son biológicamente equivalentes a las que han crecido solo por quince días en un ambiente tropical mucho más cálido.



A continuación, en la imagen de la derecha, se presentan dos arrozales adyacentes cultivados con la misma variedad. En el de la izquierda se aplicaron las prácticas usuales de producción y en el de la derecha, el sistema 3-S. La diferencia en la maduración del

cultivo es muy visible. De pie, entre las parcelas, usando una camisa azul y una gorra blanca, se encuentra el ya fallecido profesor Jin Xueyong, de la Universidad Agrícola del Noreste, ubicada en Harbin, quien desarrolló el 3-S por su propia cuenta sin conocer el trabajo efectuado por el padre Laulanié en Madagascar. Una vez que supo sobre el SRI, reconoció la afinidad entre ambos sistemas, por lo que patrocinó las visitas que realizó el autor a Harbin en 2003 y 2004. Mediante sus respectivos métodos de gestión, el 3-S y el SRI aprovechan los mismos potenciales genéticos de las plantas de arroz.

Restricciones de mano de obra: Los métodos del SRI no resultan exitosos si no se dispone de suficiente mano de obra o paciencia para aprender los nuevos métodos y manejar con cuidado las plántulas. Al principio puede haber cierta resistencia por parte de los obreros contratados a utilizar los nuevos métodos, ya que prefieren seguir aplicando las prácticas familiares o no desean tener más cuidado en su trabajo si no son mejor compensados o si perciben que sus empleadores son quienes reciben todos los beneficios de su meticulosa labor. En pocos días los obreros suelen reportar que los métodos de trasplante del SRI les resultan físicamente más fáciles y que la escarda efectuada mediante una deshierbadora rotativa es considerada una mejora con respecto a la que se realiza manualmente (Mrunalini y Ganesh 2008).

Plagas del cultivo: Los nematodos que se alimentan de raíces (*Meloidogyne* spp) son una limitación para la práctica del SRI en el norte de Tailandia, donde esta plaga del suelo es endémica y más abundante cuando los suelos no se mantienen inundados durante toda la temporada (Sooksa-nguan *et al.* 2009). Esta plaga es controlable a través de la modificación de los tiempos de gestión del agua, esto es, inundar los campos por periodos más largos o más a menudo que lo recomendado por el SRI; no obstante, tener suficientes espacios de tiempo secos entre los periodos de inundación aún significa obtener algunos beneficios del cultivo de arroz, como resultado de una mayor aireación del suelo.

En el sudeste asiático el **caracol manzana** (golden apple snail) constituye una plaga importante para muchos cultivadores de arroz. Un agricultor que utiliza los métodos del SRI en Filipinas diseñó un programa de gestión de los recursos hídricos que es compatible con el SRI y los controles del caracol manzana. Durante los primeros veinte días posteriores al trasplante de las plántulas mantuvo el suelo de los arrozales lo suficientemente inundado como para impedir la eclosión. Tras dicho periodo dejó secar el campo, a fin de que los caracoles salieran de los huevos y se alimentaran de las malezas jóvenes a medida que estas aparecieran. Luego de los veinte días las plantas cultivadas mediante el SRI se volvieron tan duras que los caracoles prefirieron comer las suaves malezas jóvenes antes que las plantas de arroz, debido a lo cual el productor afirma que estos animales realizan el control de malezas por él (Porte *et al.* 2006). Vale la pena desarrollar esta estrategia, ya que las infestaciones del caracol pueden constituir una limitación para los agricultores, que vuelve poco factible la siembra de un número menor de plántulas más jóvenes.

En China un agricultor combina la **cría de patos** con la gestión del SRI para controlar las malezas. Mantiene a sus patitos fuera de sus arrozales hasta haber transcurrido veinte días desde el trasplante, los cuales, para entonces, prefieren las jóvenes malezas antes que las plantas de arroz, de más edad y rápido crecimiento. Las aves lo ayudan a controlar las malezas, además de los insectos y los caracoles, que forman parte de su dieta (Uphoff 2007b). Asimismo, los huevos y la carne de pato constituyen una fuente adicional de ingresos para él. Lo anterior sugiere que es posible combinar los métodos del SRI con el sistema integrado de gestión del cultivo del arroz Aigamo (Furuno 2002). Un video sobre el uso a gran escala de patos en el control de las malezas en los arrozales, efectuado en Tailandia, está disponible en: www.youtube.com/watch?v=Kx3cfoPjyR4.

Estos ejemplos de control de plagas ponen énfasis en una observación general en torno al uso y la extensión de las prácticas del SRI. La difusión de este sistema no debe ser considerada una cuestión de “extensión”, esto es, divulgar una tecnología fija a todos y cada uno de los agricultores, proporcionándoles ciertas instrucciones, sino de *resolución de problemas*. Los productores deben aprender y entender los *principios* y las *prácticas* del SRI a fin de que, mediante su conocimiento sobre tales principios, puedan adaptar sus prácticas del SRI a las oportunidades y las condiciones locales.

En América en ocasiones se dice que existen dos tipos de abogados: los “se puede” y los “no se puede”. Cada vez que requerimos asesoría o tenemos dificultades se nos recomienda solicitar la asistencia del primer tipo de abogado. En términos de la aplicación del SRI, existen agrónomos “se puede” y “no se puede”.

El primero sabe qué no se puede o se debe hacer; sin embargo, se enfoca en descubrir *cómo lograr ciertos objetivos, dadas las limitaciones*. Propone modificaciones adecuadas a las prescripciones generales, realizando recomendaciones que abordan y traspasan las limitaciones para alcanzar ciertas metas. Por otra parte, los agrónomos “no se puede” saben y dan muchas razones por las que la aplicación de prácticas nuevas o convencionales *no tendrá éxito*, lo que no resulta de gran ayuda.

Por supuesto, existen varias y, en ocasiones, muchas barreras por trascender cuando se introduce y se amplía el SRI. En algunas situaciones los métodos del Sistema no darán los resultados esperados o no lo harán a un costo razonable o en un plazo aceptable.

El SRI no es propuesto como una fórmula milagrosa o una solución universal. Sus ideas y experiencias son consideradas como componentes de la innovación y el mejoramiento. Deseamos que quienes pueden aumentar la productividad de la tierra y de otros recursos de los que disponen tengan acceso fácil y gratuito a ejemplos, información y conocimientos sobre este sistema.

Se ha descubierto que los principios y la estrategia del SRI explicados en este libro revisten gran importancia y que son aplicables a otros cultivos, tal como se muestra de la páginas 158 a la 163. La mayor parte de las limitaciones son más relativas que

absolutas, por lo que deben volverse *enfoques* de adaptación e innovación, en lugar de ser percibidas principalmente como *barreras*.



*Cultivo de arroz realizado a través del SRI, ubicado a 2650 m s. n. m. en el pueblo de Dapka, en el distrito de Humla, al noroeste de **Nepal**. La altura a la que se encuentra Dapka es tan significativa que el arroz no es un cultivo tradicional allí. Con la asistencia del Centro de Permacultura del Himalaya, Hanse Buddha, el agricultor que aparece en la fotografía, probó los métodos del SRI, utilizando un espaciado amplio y plántulas con apenas dos hojas, con los que obtuvo resultados muy satisfactorios.*



*Mahamadou Hamadou, el primer productor en emplear el SRI en la región de Tombuctú, en **Mali**, inspecciona su campo ubicado en el borde del desierto del Sahara, el cual en 2007 le generó rendimientos de 9 t/ha. Como resulta evidente, los métodos del Sistema pueden ser adaptados a una amplia variedad de condiciones físicas.*

7.1 ¿En dónde sería improbable que los métodos del SRI resulten exitosos?

Los beneficios de la gestión de cultivos del SRI han sido demostrados en diversos entornos, como se observa en las dos fotografías anteriores y en las que se presentan a continuación. No obstante, existen limitaciones en todo proceso biológico, por lo que ciertamente las ventajas que ofrecen los nuevos métodos no son iguales en todas partes. A fin de brindar un contexto a esta respuesta, es importante empezar con un comentario acerca de las primeras pruebas sistemáticas experimentales generadas respectiva y colectivamente sobre los rendimientos obtenidos por medio de las prácticas del SRI.

En 2000 y 2001 se llevaron a cabo ensayos factoriales de gran escala en dos diferentes agroecosistemas localizados en **Madagascar**. Se empleó un diseño de investigación estándar, con ensayos repetidos que se ordenaron en un diseño en bloque aleatorio.

Seis variables (edad de la plántula, espaciamiento y gestión del recurso hídrico, entre otras) fueron probadas en todas las diferentes combinaciones, primero en el *clima tropical* de Morondava, una ciudad ubicada en la costa oeste de Madagascar, a nivel del mar, en suelos pobres y arenosos y, posteriormente, los ensayos fueron repetidos en el *clima templado* de Anjomakely, en la alta meseta central del país, localizada a 1200 m s. n. m. y con mejores suelos arcillosos.

A pesar de las grandes diferencias en las condiciones agroclimáticas, los *patrones* de rendimiento como respuesta a las diferentes prácticas del SRI –evaluadas en forma respectiva y utilizando todas las diferentes combinaciones– fueron esencialmente las mismas en ambos conjuntos de ensayos (N = 288 y N = 240).

Aunque los niveles de rendimiento alcanzados en los dos conjuntos de ensayos fueron diferentes (inferiores en los suelos más pobres), los métodos del SRI triplicaron los obtenidos mediante las prácticas usuales. Repitiendo seis veces los tratamientos, la significación estadística de las diferencias fue muy sustancial. Los resultados fueron presentados en Randriamiharisoa y Uphoff (2002) y en Uphoff y Randriamiharisoa (2002).

En **Nepal** los métodos del SRI han sido utilizados con éxito desde las llanuras meridionales en la región de *Terai*, con su clima subtropical a varios cientos de metros sobre el nivel del mar (página 141), hasta los 1700 m s. n. m. (página 90) e incluso los 2650 m s. n. m. (página anterior), donde las condiciones climáticas son similares a las de las zonas montañosas de Afganistán, lo que se analizará más adelante.

En **África** los resultados positivos del SRI han sido obtenidos en condiciones que oscilan entre el clima húmedo estacional de las tierras bajas de Gambia (Ceasay *et al.* 2006) y el clima tropical semiárido de la región montañosa de Kenia (Mati *et al.* 2011; Ndiiri *et al.* 2013) y la región Tombuctú de Mali, en el borde del desierto del Sahara (Styger *et al.* 2011).



*A la izquierda, un vivero administrado a través del SRI, ubicado en la región de Tombuctú, **Mali**, con plántulas de ocho días de edad listas para ser trasplantadas. A la derecha, el trasplante de plántulas jóvenes cultivadas mediante dicho sistema.*



A la izquierda, un agricultor maliense de la región de Tombuctú muestra la diferencia entre plantas de arroz “normales” a la izquierda y una planta de arroz cultivada a través del SRI a la derecha. En esta región los rendimientos usuales de los arrozales son de 4.5 t/ha a 5.5 t/ha, mientras que los obtenidos por medio del SRI son de 7 t/ha a 9 t/ha. A la derecha, un productor afgano sostiene una planta producida mediante el SRI a la izquierda y una planta de arroz común a la derecha. En la provincia de Baghlan los rendimientos obtenidos de manera convencional son de 5 t/ha a 5.5 t/ha, mientras que con el SRI son de 7 t/ha a 10 t/ha.



A la izquierda, agricultores afganos en la provincia de Baghlan, ubicada a 1600 m s. n. m., trasplantan plántulas de trece días de edad, con un espacio de 30 cm x 30 cm entre ellas. A la derecha, un productor afgano inspecciona su arrozal cultivado por medio del SRI treinta días después del trasplante.



Planta de arroz cultivada utilizando los métodos del SRI en la provincia de Baghlan. A los 72 días posteriores a su trasplante ya presentaba 133 brotes. Los rendimientos obtenidos de este campo fueron de 11.56 t/ha.

Por consiguiente, uno de los aspectos notables del SRI es su versatilidad, aunque no se debe dar por un hecho que sus métodos serán exitosos en todas partes. Estos siempre deben ser probados en circunstancias específicas para saber cómo funcionan. A menudo se deben efectuar modificaciones *in situ*.

De acuerdo con estos comentarios e imágenes introductorios, no podemos esperar que las prácticas del SRI sean muy o del todo exitosas en ciertos contextos.

Clima frío: Las plántulas son vulnerables a las bajas temperaturas, lo que constituye un factor limitante. La edad biológica de las plantas de arroz es calculada según su etapa de desarrollo –por el número de hojas que han producido, en lugar de la cantidad de días naturales transcurridos desde la siembra o la germinación.

En climas más fríos se debe empezar con plántulas de quince a veintidós días de edad, ya que estas serán más equivalentes en términos fisiológicos a las de ocho a doce días de edad que han crecido con temperaturas más cálidas. Reportar la edad de las plántulas con base en el número de días transcurridos tras la siembra o el trasplante es una práctica común; sin embargo, la edad de las plantas es evaluada de manera más precisa y significativa considerando la *fase de hojas* (número de hojas). En el ámbito de la práctica del SRI consideramos como “plántulas jóvenes” aquellas plantas que se encuentran en sus fases de dos a tres hojas e incluso mayores.

Un sistema de producción de arroz conocido como 3-S, concebido por el ya fallecido profesor Jin Xueyong de la Universidad Agrícola del Noreste, ubicada en Harbin, es muy similar al SRI, como se indica en las páginas 109-110: utiliza plántulas individuales, un espaciamiento amplio, una reducida cantidad de agua y una mayor cantidad de materia orgánica. Mediante el trasplante de plántulas individuales de 45 días de edad, cultivadas en viveros e invernaderos establecidos antes de que la nieve se derritiera, se obtuvieron rendimientos de 8 t/ha a 9 t/ha con los métodos del 3-S (Jin *et al.* 2005; <http://sri.cals.cornell.edu/countries/china/cn3ssys.html>). En relación con las bajas temperaturas, se deberán realizar algunas modificaciones de las prácticas, en particular con respecto a la edad de las plántulas.

Control del agua: Si el estado de los suelos de un campo no puede mantenerse en su mayoría aeróbico, los beneficios derivados de las prácticas del SRI serán reducidos o nulos. Los suelos de las zonas bajas que son continuamente anegados no son apropiados a la práctica de este sistema, ya que los organismos del suelo aeróbico no pueden medrar en un ambiente carente de oxígeno. No obstante, en dichas áreas se pueden habilitar *instalaciones de drenaje* para eliminar el exceso de agua. Los mayores beneficios económicos obtenibles por medio de la aplicación de los métodos del SRI pueden volver estas inversiones en infraestructura económicamente ventajosas.

En Indonesia los agricultores individuales, cuyos arrozales se hallan en el medio de una zona bajo riego controlado de un sistema de irrigación de gran escala, tendrán poco control sobre su suministro de agua, lo que dificulta la gestión del SRI, dado que el agua proveniente de los campos inundados de sus vecinos puede desplazarse lateralmente hacia sus campos. Por lo tanto, algunos productores han ideado prácticas de gestión del suelo y el agua sobre el terreno que les permiten utilizar los métodos del SRI con eficacia: *lechos elevados* construidos en sus campos, junto con *canales de drenaje* excavados alrededor de los bordes interiores para ayudarlos a eliminar el exceso de agua más rápidamente.

En el estado de Tripura en la India, donde el promedio de precipitaciones es de 2500 mm/año, se descubrió que colocando *pequeños canales de drenaje paralelos* a lo largo de los campos del SRI cada ocho o nueve hileras, el suelo se puede mantener lo suficientemente drenado como para aplicar los métodos del Sistema con éxito. Aunque con ello se sacrifica casi el 10 % de la superficie, también se aumentan los rendimientos

del restante 90 % del área, con lo que se logra más que compensar la reducción del área cultivada.



Arrozal cultivado por medio del SRI en el estado de Tripura, India, doce días después del trasplante. Las burbujas en la superficie del suelo muestran la actividad de las lombrices de tierra y otros tipos de actividad biológica en condiciones más aeróbicas del suelo a través de dicho sistema.

Estos ejemplos muestran cómo se pueden introducir adaptaciones e innovaciones para superar la limitación que supone el exceso de agua. Las numerosas ventajas del SRI pueden proporcionar a los agricultores y los gobiernos una sólida justificación para invertir en el mejoramiento de las estructuras de control del agua: compuertas, canales, conductos e instalaciones de drenaje. Tales beneficios múltiples brindan también un incentivo a los agricultores – una vez que estos se han puesto de acuerdo sobre las ventajas de aplicar las prácticas del Sistema – para formar *asociaciones de usuarios del agua* que puedan tomar las medidas requeridas para manejar cuidadosa y eficientemente su suministro del líquido, a fin de distribuirlo de manera moderada, pero confiable y aprovechar las oportunidades que brinda el SRI.

Suelos: Las características del suelo tienen un efecto significativo en la productividad del cultivo en general. Los mejores resultados obtenidos a través del SRI se han visto en los suelos ligeramente ácidos (con un pH inferior a 6.0); sin embargo, los mejores rendimientos se lograron en suelos moderadamente alcalinos (Jagannath *et al.* 2013). No es de extrañar que los beneficios derivados de los métodos del Sistema son menores en suelos muy ácidos y muy alcalinos; no obstante, el SRI supera los métodos de gestión convencionales (*ibidem*).

Las evaluaciones iniciales del SRI efectuadas en el estado de Punjab, en la India, demostraron que sus métodos generaban rendimientos 30 % inferiores en suelos muy afectados por la salinidad, mientras que en suelos pesados arcillosos (pegajosos) los rendimientos fueron 70 % más altos. En otras tres categorías de suelos consideradas

como más típicas, el aumento promedio en los rendimientos obtenidos por medio del Sistema fue de 62 %, tal como lo informó Amrik Singh, de ATMA, Gurdaspur.

De acuerdo con una evaluación de la EUA en el SRI y la gestión de cultivos convencional en diferentes tipos de suelo (texturas), los suelos limosos, arenosos limosos y arenosos arcillosos proporcionan los valores más altos de EUA en términos del agua de riego. Los valores *totales* más altos de EUA se obtuvieron en los suelos limosos y arcillosos (Jagannath *et al.* 2013). En este metaanálisis las ventajas de la gestión del SRI fueron evidentes en todos los tipos de suelo (*ibidem*).

Según investigaciones realizadas en la India, *la aplicación de compost* u otra materia orgánica en suelos salinos puede alterar su pH y volverlos más fértiles, probablemente debido al mejoramiento de la estructura del suelo que facilita el crecimiento de las raíces, entre otros factores (Rangarajan *et al.* 2002). Por medio de aplicaciones de materia orgánica los suelos salinos pueden resultar aptos para emplear los métodos de producción del SRI; sin embargo, investigaciones sobre su utilización en suelos salinos en Mozambique arrojaron resultados positivos, pero no de manera uniforme (Menete *et al.* 2008; también Ferichani y Prasetya 2017).



Maria Zelia Menete, junto a una de sus parcelas de ensayo ubicadas en Mozambique, donde evaluó el impacto de la gestión del SRI en la mitigación de los efectos de la salinidad del suelo.

Se ha discutido que el SRI aumenta los rendimientos particular y posiblemente en los suelos con un alto contenido de *hierro* (Dobermann 2004). No obstante, ensayos realizados en 2003 en los veintidós distritos del estado de Andhra Pradesh, en la India, contradicen la conclusión de que los beneficios de este sistema se limitan a los suelos que presentan hierro en exceso. Funcionarios de la Universidad Agrícola Acharya N.G. Ranga (ANGRAU) evaluaron el SRI por medio de parcelas ubicadas una al lado de la otra, con una amplia variedad de suelos y en diversas condiciones agroecológicas. En

los ensayos efectuados los métodos del SRI generaron rendimientos en promedio 2.5 t/ha más altos en todo el estado (Satyanarayana *et al.* 2006), por lo tanto, no existe una indicación de que el SRI constituya un “nicho de innovación”, que resulta beneficioso solo cuando se utilizan ciertos tipos de suelo.

Ensayos realizados en los veintidós distritos mostraron mejores rendimientos con la gestión del SRI, por medio de la cual se redujeron las aplicaciones de agua y fertilizante. De forma sorprendente los incrementos promedio más altos (de 4.8 t/ha) tuvieron lugar en los suelos más livianos y bien drenados de la región interior del estado (Rayalseema), mientras que en los suelos más pesados, ubicados en zonas litorales bajas, el incremento promedio con los métodos del Sistema fue de 1.8 t/ha (*ibidem*). Aumentos más significativos fueron vistos en los suelos que habían sido considerados previamente como inferiores en relación con el cultivo del arroz, en comparación con las zonas del delta de Andhra Pradesh.

De acuerdo con investigaciones llevadas a cabo en Panamá en torno a los efectos del tipo de suelo en el desempeño del SRI, los aumentos en los rendimientos logrados por medio de dicho sistema pueden ser más altos en los suelos clasificados como “pobres” que en los suelos categóricamente “mejores”, en particular en aquellos con un bajo contenido de fósforo (Turmel 2011). El análisis de setenta conjuntos de datos provenientes de quince países mostró que los métodos del SRI generan incrementos más significativos en los rendimientos en términos absolutos y relativos en suelos clasificados como “pobres”, según los criterios de la FAO, que en los catalogados como “buenos” (Turmel *et al.* 2011).



*El área que rodea la ciudad de Tombuctú, ubicada en la región central de **Mali**, en el borde del desierto del Sahara, puede ser considerada como una de las zonas en las que la obtención de altos rendimientos del cultivo del arroz resulta más difícil; no obstante, mediante un buen y moderado uso del agua de riego disponible y los métodos del SRI, es posible obtener buenos resultados, como se mostró en la página 114. Aquí, productores malienses que participaron en el primer programa de capacitación sobre el SRI, que se llevó a cabo en la antigua ciudad amurallada de Tombuctú y fue dirigido por Erika Styger, en aquel momento trabajo con AFRICARE, quien aparece en la fila de atrás.*

Las familias rurales pobres a menudo deben cultivar sus productos en suelos más pobres que los que manejan y poseen los agricultores más ricos. Ello hace del SRI una innovación inusual, ya que resulta más productivo para quienes cuentan con una dotación pobre o limitada de recursos.

7.2 ¿Todos los métodos del SRI deben ser usados de manera total y precisa?

Una y otra vez vemos que utilizando al mismo tiempo todas las prácticas del SRI recomendadas, con la precisión y el cuidado que corresponde, se obtienen las plantas más productivas y robustas. No obstante, cada práctica mejora de diferentes maneras el medio de cultivo de las plantas de arroz bajo y sobre la tierra. El empleo de las ideas y los métodos del Sistema *no debe ser considerado como una proposición “todo o nada”*, como se muestra en la evaluación de estos métodos en trece estados de la India, aplicados por investigadores del IWMI y la TNAU (Palanasami *et al.* 2013).

La sinergia entre las prácticas da resultados cuando mejorar el crecimiento y el funcionamiento de las raíces conduce a un follaje más grande y saludable. Además, cualquier mejoramiento obtenido en la estructura, el vigor y la tasa de la fotosíntesis beneficia las raíces. Las plantas funcionan como un conjunto, pero la mejora en ciertas partes o procesos sí puede contribuir a dicho conjunto.

Se deben tomar en cuenta numerosas interacciones entre las prácticas del SRI recomendadas. Un espaciamiento más amplio favorece más el crecimiento de las plantas cuando se aplica a estas a una edad temprana. Asimismo, se presenta una mejor respuesta de crecimiento de las plantas cuando, además de agregarle materia orgánica, el suelo es aireado de manera activa. Cuando las plántulas son trasplantadas, se debe tener cuidado de que sus raíces no se asfixien bajo una capa de agua estancada en el campo. Por ello es que las prácticas del SRI son descritas como componentes de un “sistema”, cuyos resultados en conjunto son mayores que los de la suma de sus partes.

Los agricultores que entienden los principios del SRI y aplican sus prácticas en la medida de sus posibilidades son capaces de mejorar el desempeño de su cultivo mediante el cuidadoso trasplante de plántulas individuales, una reducida densidad de plantas, una gestión modificada del agua, suplementos nutricionales más orgánicos para el suelo y un control de malezas que lo airea. Estos son los principales elementos del Sistema, cada uno de los cuales presenta ventajas. Cuando se utilizan juntos generan un ambiente óptimo para el cultivo del arroz.

Los productores que *carecen de un control completo del agua* o cuyo control del líquido es limitado con frecuencia pueden obtener beneficios del uso de una combinación de las otras prácticas, a la vez que se esfuerzan por reducir el uso excesivo del agua de irrigación. El momento más crítico del cultivo lo constituyen las primeras dos semanas, en las que las plantas establecen los sistemas de raíces y se preparan para acelerar su producción de brotes. Evitar regarlas en exceso en este periodo es el factor más importante.

Si en las primeras semanas la inundación no puede ser evitada, la aplicación del SRI se vuelve mínimamente favorable. Los beneficios totales de la buena utilización de todas las otras prácticas del Sistema no serán obtenidos cuando no es posible mantener en su mayoría aeróbicas las condiciones del suelo. Aun así, a pesar de contar con un deficiente control del agua, los agricultores son capaces de aprovechar la experimentación para ver cómo se puede mejorar el rendimiento de sus cultivos, valiéndose de lo que han aprendido de los principios del SRI.

Donde la *mortalidad de las plántulas* constituye un problema causado por condiciones atmosféricas extremas, un control del agua incompleto y plagas como nematodos o caracoles, sembrar varias plántulas en un montículo es razonable. Asimismo, cuando el *suelo no es muy fértil*, un productor puede obtener mayores rendimientos sembrando dos plántulas por montículo en lugar de solo una (Andrianaivo 2002).

No obstante, con el tiempo el suelo suele volverse más fértil mediante la gestión de cultivos del SRI. Como resultado, los productores cuyo suelo es pobre deben eventualmente ser capaces de lograr rendimientos más altos por medio de la siembra de una sola plántula por montículo, ya que reduciendo la competencia entre las plantas con un único y más profuso sistema de raíces se facilita la utilización óptima de los recursos del suelo.

Los agricultores que realizan una siembra directa y que plantan varias semillas juntas en un montículo deben eliminar las plantas más débiles una vez que se determine cuál de las plántulas emergentes ha logrado el mejor inicio. No existe ningún inconveniente en colocar más de una planta en un montículo; solo se desaprovecha cierto rendimiento cuando los sistemas de raíces no se desarrollan en su totalidad debido a que inhiben el crecimiento de los demás. Asimismo, el uso de dos plántulas o dos semillas por montículo duplica los requerimientos de semillas del productor, por lo que emplear una única plántula o semilla supone un ahorro de dinero.

Si las semillas o las plantas jóvenes de un montículo determinado no crecen, no se perderá la producción de toda el área, ya que las plantas que están alrededor tendrán más espacio para que crezcan sus brotes. Las plantas adyacentes llenarán parte o incluso todo el espacio que dejan algunas plántulas que no sobreviven o algunas semillas que no germinan. A menos que una cantidad significativa de plántulas muera o que muchas semillas no germinen, la reducción de los rendimientos de un campo cultivado mediante el SRI en el que, por ejemplo, el 5 % de las semillas o las plántulas mueran, no es lo suficientemente grande como para que valga la pena efectuar una replantación.

Si no se dispone de una *deshierbadora mecánica* o de mano de obra que la utilice, las malezas pueden ser controladas a mano o usando herbicidas. No obstante, aunque estos otros medios de control de malezas solucionan dicho problema, no aumentan los rendimientos a través de la aireación activa del suelo y el estímulo del crecimiento y del impacto de los organismos beneficiosos que habitan allí. Ciertamente los herbicidas pueden tener efectos supresores en estos últimos y otros efectos nocivos en el medioambiente.

Si los agricultores no cuentan con suficiente biomasa o mano de obra para elaborar y aplicar *compost*, pueden utilizar en su lugar fertilizantes químicos. La provisión de nutrientes inorgánicos suele tener un efecto positivo en los rendimientos cuando se combina con las otras prácticas del SRI. Sin embargo, los fertilizantes comerciales a menudo son costosos, por lo que puede que a los productores que carecen de suficiente dinero en efectivo esta opción les resulte inviable o cara.

El principio básico del SRI no es *emplear solo materiales orgánicos*, sino *agregar al suelo tanta materia orgánica como sea posible*. Los efectos negativos de la utilización de fertilizantes inorgánicos en la estructura y el funcionamiento del suelo siempre deben ser considerados, aun cuando no sean percibidos con facilidad y de manera inmediata.

Los productores que no pueden elaborar ni aplicar suficiente *compost* para satisfacer totalmente las necesidades de nutrientes de su suelo y su cultivo pueden aplicar una combinación de materiales orgánicos e inorgánicos en lo que se conoce como *G/N*. De acuerdo con varias evaluaciones (entre ellas, Lin *et al.* 2011), ello puede incrementar los rendimientos más allá de lo que puede ser obtenido empleando solo materiales orgánicos. *Las cantidades y las combinaciones óptimas* de materiales dependen del estado de fertilidad del suelo, que está condicionado en gran medida por la abundancia y la diversidad de los organismos beneficiosos que viven en él.

Dado el costo extra que supone la compra de fertilizantes, los agricultores deben considerar si el incremento en los rendimientos que estos pueden generar se justifica en términos económicos. La rentabilidad de los diferentes medios de mejoramiento de la fertilidad del suelo debe ser no solo sobreentendida, sino evaluada adecuadamente, ya sea a favor de la fertilización orgánica o de la inorgánica. En la actualidad se dispone de poca información sistemática con base en la cual el agricultor pueda elegir entre la fertilización orgánica y la inorgánica o determinar cuáles son las combinaciones que optimizan a cada una.

Los productores no deben tomar una decisión con respecto a aplicar o no las prácticas del SRI con base en su posibilidad de emprender *todas las prácticas recomendadas*, por ejemplo, mantener un óptimo control del agua o realizar por completo una fertilización orgánica. Las recomendaciones del Sistema les indican cómo obtener *los mejores resultados agronómicos*; no obstante, varias consideraciones sobre costos y disponibilidad de los distintos insumos pueden volver más ventajoso en términos económicos a un rendimiento inferior *al rendimiento agronómico más alto obtenible*. Se dice que *no se debe permitir que lo mejor se convierta en el enemigo de lo bueno*. Lo que se considera como “lo mejor” establece un estándar para evaluar las alternativas, pero lo que verdaderamente es “lo mejor” para un agricultor en una situación determinada dependerá de varios factores.

La mayoría de los productores puede obtener mejores resultados que los actuales entendiendo las *recomendaciones* para aplicar las prácticas del SRI y, al mismo tiempo, *los motivos* por los cuales estas prácticas son recomendadas. Con dicha comprensión

ellos pueden ajustar e innovar apropiadamente sus prácticas, tomando en cuenta las oportunidades y las limitaciones físicas y los costos y los beneficios económicos.

Los agricultores deben considerar factores económicos y agronómicos en su toma de decisiones, a fin de asegurar y aumentar los recursos netos de sus familias. Demasiadas recomendaciones agronómicas no tienen suficientemente en cuenta la economía y la disponibilidad de mano de obra, factores que pueden dominar sus decisiones.

Un ejemplo de ello sería decidir efectuar escardas mecanizadas y su cantidad. Muchos productores afirman que carecen de suficiente mano de obra familiar y dinero para contratar obreros que lleven a cabo hasta cuatro escardas en su cultivo de arroz, lo que constituye la práctica ideal recomendada. Está bien comenzar con un plan para realizar como mínimo dos escardas para controlar las malezas.

Los agricultores que desean practicar la *agricultura basada en pruebas* deben escoger media decena de hileras de su campo, en las que llevarán a cabo una tercera escarda de diez a doce días después de haber efectuado la segunda. Posteriormente deben realizar en la mitad de esas hileras una cuarta escarda, luego de diez a doce días. Al final de la temporada podrán comprobar si en las condiciones de su suelo, entre otras, hubo un mejoramiento considerable en el macollamiento y la formación de granos en las plantas a las que se les realizó una tercera o incluso una cuarta escarda, a fin de justificar la realización de este esfuerzo extra y el gasto que supuso efectuar escardas mecanizadas que airean el suelo, más allá de la cantidad mínima de dos.

Sabemos que los productores de Madagascar y Nepal han sido capaces de agregar varias toneladas por hectárea a los rendimientos de sus arrozales mediante una tercera o cuarta escarda mecanizada, en lugar de solo dos (página 135). Cuán rentable resultará realizar una cantidad de escardas superior a la mínima depende de las características y la dinámica del suelo y de los costos directos o los costos de oportunidad de mano de obra. Estas son consideraciones empíricas que deben ser evaluadas en las condiciones propias de cada agricultor.

Un experimento similar puede ser efectuado con el número de plantas por montículo. Los productores deben determinar en forma empírica si colocar una o dos plántulas por montículo resultará mejor en las condiciones de su suelo, entre otras, lo que se puede hacer sembrando en algunas partes una por montículo y en otras, dos. Además, deben contar la cantidad de brotes por montículo (de varias plantas, no solo de una) y también la de granos por panoja en los distintos montículos.

Posiblemente descubrirán que sembrar dos plantas por montículo les brindará una mayor productividad, en cuyo caso esa debe ser su práctica del SRI, aunque no necesariamente para siempre. Con el tiempo la gestión de este sistema suele mejorar la fertilidad del suelo, por lo que los productores deben continuar plantando una única plántula en algunos montículos, para saber si en el futuro ello les proporcionará plantas más productivas.

Muchas prácticas actuales limitan la expresión de los potenciales genéticos totales de las plantas, inhibiendo el macollamiento, degenerando las raíces y volviendo a las plantas más vulnerables al estrés biótico y al abiótico. Por consiguiente, capitalizar ciertas prácticas de la gestión del SRI puede resultar beneficioso, aunque no todas ellas pueden ser o serán aplicadas del modo considerado como el ideal.

Esta discusión subraya la idea de que el SRI no es una tecnología, sino un conjunto de ideas, principios y experiencias que animan a los productores y a quienes trabajan con ellos a *pensar libremente* en relación con su experiencia y capacitación previas. La afirmación de que los conocimientos del Sistema no son pertinentes para un agricultor porque se carece de un control completo del agua, de suficiente biomasa o de mano de obra es malinterpretar la importancia del SRI para la actividad agrícola que este realiza.

Si al principio un grupo familiar carece de bastante fuerza laboral para cultivar todo su campo con los métodos del SRI, ello no constituye una razón suficiente para desestimar las oportunidades que este ofrece. Debido a que sus métodos aumentan la productividad de *todos* los factores de producción –*semillas, agua, tierra, mano de obra y capital*– una familia obtendrá *más beneficios económicos netos derivados del uso de estos en la mayor área posible de su arrozal*, no necesariamente en toda ella.

Un productor que, debido a su limitada disponibilidad de mano de obra no puede cultivar toda su tierra empleando los métodos del SRI, aprovechará la aplicación de estos en parte de su tierra, dejando una parte *sin explotar*, en lugar de cultivarla toda utilizando métodos disponibles que se hallan por debajo de los más productivos. Los agricultores deben obtener los rendimientos más altos por unidad de mano de obra (por hora o por día) y por unidad de tierra (acre o hectárea), además de los más altos beneficios en cuanto al agua.

La tierra que no es cultivada con arroz con cáscara usando los métodos del SRI puede ser destinada al cultivo de otros productos, cuando la disponibilidad de mano de obra lo permita, lo que aumentará los ingresos netos de los grupos familiares. Las decisiones en torno al sistema de cultivo del SRI deben tomarse en el contexto del sistema agrícola total del grupo familiar. Una productividad más alta derivada de la propia tierra, mano de obra, agua, semilla y capital constituye la clave del éxito de esta actividad agrícola.

7.3 ¿Surgen problemas significativos como resultado del desistimiento del SRI?

En uno de los primeros informes sobre el SRI publicados en Madagascar (Moser y Barnett 2003) se reportó que, aunque los métodos este sistema ciertamente incrementaban de manera sustancial los rendimientos obtenidos por los productores, se presentaba una alta tasa de desistimiento de sus métodos de hasta el 40 %, luego de que los agricultores los probaban, sobre todo debido al mayor requerimiento de insumos de mano de obra para utilizar las nuevas prácticas. Se llegó a la conclusión de que

aunque el SRI hacía un uso intensivo de la mano de obra, al menos al inicio, lo que debía favorecer a los pobres, no era una innovación que los muy pobres podían aprovechar fácilmente. Pero, ¿por qué motivo?

Los grupos familiares muy pobres requerían un flujo continuo de ingresos (incluso escaso) para sobrevivir. Aun cuando estos grupos reconocían que los métodos del SRI podían proporcionarles rendimientos más altos, parecía que no podían permitirse adoptar dichos métodos, ya que su precariedad limitaba su capacidad para hallar rendimientos diferidos de la inversión de más mano de obra en las prácticas del Sistema. Los productores que podían beneficiarse del SRI desistían de su aplicación porque resultaba “demasiado intensivo en cuanto al uso de la mano de obra” o por otros motivos.

Como ya se mencionó, la preponderancia de las pruebas sugiere que el SRI en realidad ahorra o puede *ahorrar mano de obra* o que al menos resulta *neutral* en este sentido en la mayoría de los casos, en lugar de ser más intensa en términos de mano de obra (páginas 62-64 y 95-97). No obstante, la cuestión del desistimiento permanece, por lo que debe ser abordada.

De acuerdo con pruebas obtenidas en **Madagascar**, provenientes de una base de datos más grande y recolectadas durante un periodo más largo, el desistimiento del SRI no constituyó un gran problema en dicho país. Esta conclusión proviene de la evaluación de un gran proyecto de irrigación (Hirsch 2000), financiado por Francia y realizado en el altiplano al mismo tiempo que el proyecto de la USAID, en el que el CIIFAD trabajó conjuntamente con la ATS en la evaluación y la extensión del SRI en la zona de Ranomafana.

Mediante el uso de los métodos del Sistema, los agricultores ubicados alrededor del Parque Nacional de Ranomafana obtuvieron rendimientos promedio de 8 t/ha, es decir, cuatro veces el rendimiento común de 2 t/ha que habían conseguido en los mismos campos y con las mismas variedades empleando sus métodos convencionales. Como se muestra en el cuadro de la página siguiente, el proyecto francés ejecutado en la zona central de Madagascar arrojó resultados muy similares a los obtenidos en Ranomafana.

En el proyecto de Francia los resultados del SRI fueron comparados con los de las prácticas de los productores y de los del *Système de Riziculture Améliorée* (SRA), esto es, el Sistema de Cultivo Mejorado del Arroz”, compuesto por las prácticas “modernas” recomendadas por los investigadores del Gobierno: nuevas semillas, fertilizante inorgánico, plantación densa en hileras e inundación continua. Como se puede apreciar en los datos, hay pocos indicios de desistimiento del SRI, aunque no fue promocionado por ningún programa formal de extensión como en Ranomafana, sino que fue difundido principalmente de agricultor a agricultor. Los siguientes datos fueron reunidos en sistemas de irrigación dentro del área del proyecto.

Rendimientos del arroz obtenidos en el altiplano de Madagascar de 1994-1995 a 1998-1999, regiones de Antsirabe y Ambositra combinadas

ÁREA	Prácticas de los agricultores	SRA	SRI
1994-1995	1875.5	4361.9	34.5
1995-1996	1501.5	5224.5	88.7
1996-1997	1419	3296.7	226.7
1997-1998	3122	2893	229.7
1998-1999	2768.1	2628	542.8
RENDIMIENTO			
1994-1995	2.02	3.96	8.62
1995-1996	1.96	3.41	7.89
1996-1997	2.08	3.30	10.68
1997-1998	2.84	3.78	8.59
1998-1999	2.97	4.61	8.07
PROMEDIO	2.36	3.77	8.55

Fuente: Datos de Hirsch (2000), anexos 13 y 14.

El desistimiento no ha sido reportado como un problema específico para la difusión del SRI en ningún otro lugar, excepto en el estado **Andhra Pradesh**, en la India (Adusumilli y Laxmi 2009). Aunque no hay datos sistemáticos acerca del desistimiento en dicho estado, el motivo más común que los agricultores dan para dejar de usar los métodos del Sistema ha sido lo poco fiable que resulta el suministro de electricidad que bombea el agua para la irrigación, por lo que prefieren mantener sus arrozales tan inundados como sea posible.

El control del agua es importante en el SRI, por lo que la falta de energía para bombear el agua de riego constituye un obstáculo para adoptarlo y seguir implementándolo. Sin embargo, ello no es una limitación del Sistema en sí, sino de la infraestructura que abastece a los productores de arroz. Si el desabastecimiento o los cortes de electricidad disuaden a los agricultores de aplicar los métodos del SRI, ello no se refleja en la *agronomía* del Sistema, sino en la *práctica* de sus métodos en ciertas condiciones locales. Estas son cosas diferentes, por lo que no deben ser confundidas.

En el estado de **Tripura**, en la India, el uso del SRI se ha incrementado de forma dramática, como se muestra más adelante. Luego de varios años desde el inicio de la evaluación en la explotación agrícola en 2002 y del ajuste de las prácticas del SRI las

condiciones locales, en 2005 el gobierno del estado de Tripura decidió apoyar su difusión. Baharul Majumdar, un especialista en el cultivo del arroz del Departamento de Agricultura, quien ejerció un liderazgo en este esfuerzo de extensión del SRI, afirma que no ha tenido noticias de ningún agricultor de Tripura que haya desistido de los métodos una vez que estos fueron demostrados y evaluados en el campo (comunicación personal).

En el siguiente cuadro se muestra el uso del SRI en el estado de Tripura. Como suele ocurrir cuando una innovación se extiende con rapidez, los mejoramientos registrados en los rendimientos han disminuido ligeramente con el tiempo, lo que se puede atribuir a la veloz expansión y la inferior calidad de la capacitación y la supervisión, a medida que el esfuerzo de extensión se amplía. No obstante, los incrementos significativos en los rendimientos y la producción han sido obtenidos en su mayoría en condiciones de secano. Con las reducciones en sus costos de producción, los ingresos netos de los productores aumentan en una proporción mayor que sus rendimientos más altos. El crecimiento del área no se ha incrementado tan rápidamente en los últimos años, pero ello se explica en parte porque son tantos los agricultores que están aplicando algunas o todas las prácticas del SRI, que resulta difícil realizar un recuento del área cultivada empleando los métodos del Sistema.



*Campos del SRI en el pueblo de Debipur, ubicado en el estado de Tripura, **India**, con banderas amarillas que indican la adopción de dicho sistema.*

**Expansión del SRI en el estado de Tripura, India,
del periodo 2002-2003 al 2013-2014**

Año	N.º de agricultores	Área (ha)	% del arrozal	Rendimiento promedio del grano (t/ha)		
				Tripura	SRI	Diferencia
2002-2003	44	8.8	0.003	2396	5360	2964
2003-2004	88	17.6	0.007	2352	5025	2673
2004-2005	440	176	0.07	2383	4690	2307
2005-2006	880	352	0.14	2503	4271	1768
2006-2007	73 390	14 308	6.1	2550	4321	1771
2007-2008	162 485	30 845	13.0	NA	NA	NA
2008-2009	~250 000	39 491	17.3	NA	NA	NA
2009-2010	NA	59 474	25.7	NA	NA	NA
2010-2011	NA	72 815	29.3	NA	NA	NA
2011-2012	NA	86 300	34.7	NA	NA	NA
2012-2013	>500 000	87 978	37.2	NA	NA	NA
2013-2014	>500 000	92 431	39.3	NA	NA	NA

Fuente: Departamento de Agricultura, Agartala, Tripura

En **Camboya** la introducción del SRI comenzó en 2000 con veintiocho productores, quienes fueron alentados y respaldados por el CEDAC. En 2012 su número había aumentado a más de 200 000. Ahora es difícil realizar un seguimiento al alcance de su utilización, dado que muchas de las prácticas se han extendido más allá de quienes aplican el SRI deliberadamente como un sistema.

En 2007 el CEDAC evaluó a profundidad la adopción y la no adopción del SRI en veintiun pueblos de tres distritos donde el Sistema había estado disponible durante al menos cinco años. El equipo de encuestas entrevistó a 348 adoptantes y a 292 no adoptantes. Según el estudio, 46 % de los grupos familiares de estos pueblos empleaban los métodos del SRI con resultados satisfactorios demostrables.

En relación con la no adopción, la encuesta del CEDAC determinó que *el número promedio de grupos familiares que no adoptaron el Sistema*, es decir, los que probaron sus métodos y desistieron de ellos, fue de solo uno de cada doscientos por pueblo (CEDAC 2008). De acuerdo con dicha entidad, en Camboya, donde en la actualidad se cuenta con amplia experiencia sobre el SRI, la tasa de no adopción en las zonas de cultivo de arroz es insignificante, ya que en términos generales resulta inferior al 1 %.

Mediante la evaluación del CEDAC se identificaron los métodos del Sistema que habían sido adoptados en menor escala o que no fueron adoptados del todo debido a que los productores los consideraron difíciles de aplicar, como por ejemplo, la frecuente escarda que airea el suelo. Solo algunos productores jemerres emplean todos los métodos según lo recomendado, lo que explica en parte por qué los rendimientos obtenidos en Camboya a través del SRI han sido en general más bajos que los logrados en otros lugares por medio de este sistema.

El motivo principal por el que el promedio de los rendimientos del SRI en Camboya es inferior es que *más del 80 % de sus agricultores carecen de instalaciones de irrigación* y dependen del agua de lluvia. Con respecto a la no adopción, el estudio confirmó las observaciones efectuadas en otros países, según las cuales una vez que los productores aprenden y usan las prácticas del Sistema, muy pocos de ellos desisten de ellas.

En la **India** el Consorcio Nacional para el SRI (NCS) encargó una evaluación entre estados de las razones de la no adopción del Sistema, la cual analizó el periodo 2007-2012 e incluyó a 715 agricultores de seis distritos de los estados de Bihar, Odisha, Chhattisgarh y Jharkhand, unos de los distritos más pobres del este del país, donde la ONG PRADAN introdujo el SRI.

Se descubrió que el desistimiento oscilaba entre 2 % y 11 % en los seis distritos. Cuando se probaron las causas, todas ellas resultaron ser involuntarias, principalmente limitaciones en cuanto a la irrigación y la mano de obra y problemas de salud. *Casi no hubo casos de desistimiento voluntario*, ya que con los nuevos métodos los rendimientos promedio de los arrozales se duplicaron, esto es, pasaron de 2.83 t/ha a 5.5 t/ha (Barah *et al.* 2014).

Nunca se ha asegurado o sugerido que las prácticas del SRI sean apropiadas para todos los agricultores. Ninguna innovación agrícola favorece a todos los grupos familiares. El desistimiento que ha tenido lugar niega los beneficios que el Sistema puede ofrecer a un gran número de productores. Hasta el momento no existe evidencia, además del estudio inicial efectuado en Madagascar, de que este haya constituido un problema significativo. Ninguna innovación debe considerarse como ideal para todos los agricultores.



*Fotografía icónica tomada en 2006 de Im Sarim, una productora en **Camboya**, quien sostiene una única planta de arroz cultivada a través del SRI y sacada de su campo ubicado en el pueblo de Peak Bang Oang, en la provincia de Takeo. Su campo de 500 m² produjo una cosecha de 333 kg, con un rendimiento de 6.7 t/ha, lo que representa casi el triple del rendimiento obtenido anteriormente. Una parte de su campo generó 1.1 kg de arroz con cáscara en un área de 1 m², lo que es equivalente a un rendimiento de 11 t/ha.*

Seis meses después de haberse tomado esta fotografía, durante una visita que efectuó al pueblo junto con Y.S. Koma, presidente del CEDAC, el autor conoció a Im Sarim y le expresó su agradecimiento por haber producido una planta tan singular, vista por muchas personas alrededor del mundo. Su cara mostró decepción. Cuando le pregunté por qué se veía triste, me dijo con un tono de lamento, más que de presunción: “Si hubiese sabido cómo iba a utilizarse la fotografía, habría buscado la planta más grande para mostrársela al Dr. Koma”.

8. ¿Por qué deben ser cambiadas las actuales prácticas de cultivo de arroz?

¿Por qué se debe comenzar con plántulas? Ciertamente, debido a que son más grandes, las plantas de mayor edad resultan más fáciles de manejar; sin embargo, una vez que han iniciado su cuarto filocrono de crecimiento (páginas 164-173), por lo general cerca del decimoquinto día desde la siembra de las semillas en el vivero, estas comienzan a perder su potencial de macollamiento y crecimiento de las raíces. Cuando se emplean las otras prácticas del SRI, las plántulas menores de quince días presentan una mayor capacidad para crecer y son más fértiles. Las plantas cultivadas mediante este sistema pueden producir más de cien brotes, lo que contrasta con los cinco a diez o, como máximo, veinte brotes que las plantas de arroz generan cuando son cultivadas a partir de vástagos trasplantados a las tres o cuatro semanas de edad o incluso mayores.



*A la izquierda, una plántula de diez días de edad, lista para ser plantada utilizando los métodos del SRI. A la derecha, la cepa de una planta de arroz cultivada por medio de dicho sistema utilizando una única semilla, con 223 brotes y un gran sistema de raíces, presentada al autor en 2009 por agricultores de Panda'an, **Indonesia**. Esta planta de arroz, la más grande que produjeron esa temporada, mostró el potencial de crecimiento que puede ser obtenido a través de las prácticas de gestión del SRI y que no suele ser visto en las plantas de arroz.*

¿Por qué se deben cambiar las prácticas de trasplante y vivero? Las prácticas habituales de trasplante incluyen el retiro de las plántulas de más edad de un vivero que se ha mantenido continuamente inundado, lo que implica que las plántulas se han desarrollado inicialmente en un suelo que carece de oxígeno, donde su aglomeración inhibe el crecimiento de las raíces. Cuando las plántulas se sacan de un vivero convencional, sus raíces no son protegidas apropiadamente, ya que a menudo quedan expuestas al aire libre y a la luz solar durante horas o incluso días antes de ser trasplantadas al campo principal y, como resultado, las raíces se secan y maltratan.

Estas plántulas son hundidas en el suelo inundado, donde el oxígeno es escaso o inexistente. Cuando son introducidas en el suelo, *las puntas de las raíces* se invierten hacia arriba, por lo que el perfil de la planta *adquiere la forma de una J*. Puede tomarles días retomar su dirección hacia abajo y reanudar su crecimiento. Estas prácticas dan como resultado un *shock de trasplante*, un efecto muy conocido que hace que las plantas se marchiten durante un periodo de cinco a diez días o incluso mayor. Con frecuencia se tornan amarillentas por la falta de nitrógeno y pierden la dinámica del crecimiento en un momento crítico determinado.

Por otra parte, las plántulas cultivadas en el suelo bien oxigenado de un vivero, sin aglomeración, presentan un mejor funcionamiento (Mishra y Salokhe 2008). Las plántulas desarrolladas por medio del SRI son retiradas con cuidado de su vivero en forma de jardín, con bolsas con tierra y semilla sujetas a las raíces. Son trasplantadas rápida y cuidadosamente al campo principal, evitando que sus raíces se sequen al sol.

Estas plántulas son trasplantadas con meticulosidad al suelo aeróbico, colocando las raíces en dirección *horizontal* y de manera *superficial* (1 cm a 2 cm), de modo que la planta pueda reanudar su crecimiento casi de inmediato. El perfil de la planta adquiere forma de *L o I, más que de J*. Evitar o minimizar el *shock de trasplante* aumenta de siete a catorce días el crecimiento vegetativo de las plantas de arroz antes de su floración (anthesis), lo que incrementa significativamente la cantidad de brotes y el crecimiento de las raíces.

¿Por qué debe haber un espaciamento tan amplio? ¿Por qué se debe reducir el número de plantas de manera tan significativa? Cuando muchas plantas de arroz se colocan en un espacio reducido, es decir, de tres a seis plantas agrupadas en cada montículo y con poca distancia entre los montículos, las raíces no tienen suficiente espacio para crecer y disminuye la cantidad de luz solar que puede llegar a las hojas inferiores de las plantas.

Las mediciones efectuadas en 2002 por Anischan Gani en el Instituto de Investigaciones sobre el Arroz de Indonesia en Sukamandi demostraron que, con el pequeño espaciamento usual entre las plantas, muy poca luz solar que respalde los procesos de fotosíntesis llega a las hojas que se ubican en la parte inferior. Ello significa que, en lugar de *aumentar* la energía de la planta, estas hojas la *extraen de ella* como un “parásito”.

Las raíces de las plantas de arroz obtienen la mayor parte de su energía de las hojas que están en la parte inferior de la planta, tomando carbohidratos del follaje que respaldan su metabolismo (Tanaka 1958). Cuando las plantas están aglomeradas y sus procesos de fotosíntesis son interrumpidos, el crecimiento y el funcionamiento de sus sistemas de raíces se ven debilitados, lo que pone en peligro su capacidad para apoyar el crecimiento y el funcionamiento del follaje, lo que constituye una dinámica circular.

Radiación interceptada (Im/m^2) en la etapa inicial de la variedad Ciherang con distintos espaciamientos, Sukamandi, temporada seca de 2002

Espaciamiento (cm)	20 x 20	30 x 30	40 x 40	50 x 50
Población de plantas/ m^2	25	11.1	6.3	4
Radiación sobre el follaje	235	235	243	254
Radiación dentro del follaje	78	88	131	153
% de radiación dentro del follaje	33.2	37.4	53.9	60.2
Panojas eficaces por montículo	18.6	21.9	35.5	44.5
% de brotes productivos	66.7	72.5	86	99.6

La radiación interceptada sobre y debajo del follaje se reporta como un promedio de ocho puntos medido en cada parcela. Fue observada entre las 9:24 a. m. y las 10:40 a. m. del 14 de julio 2002. Datos proporcionados por Anischan Gani, AARD estación, Sukamandi, Indonesia.

Cuando hay menos plantas por metro cuadrado, todas las hojas de la planta de arroz se encuentran activas en la fotosíntesis, mientras que las de la parte de abajo proporcionan fotosintatos a sus sistemas de raíces, volviendo más productiva a toda la planta. Cada planta presenta más brotes y cada uno de ellos tiene más granos, que suelen ser más pesados. Estos cambios en el fenotipo compensan sobradamente la cantidad inferior de plantas por unidad de superficie (Thakur *et al.* 2010).

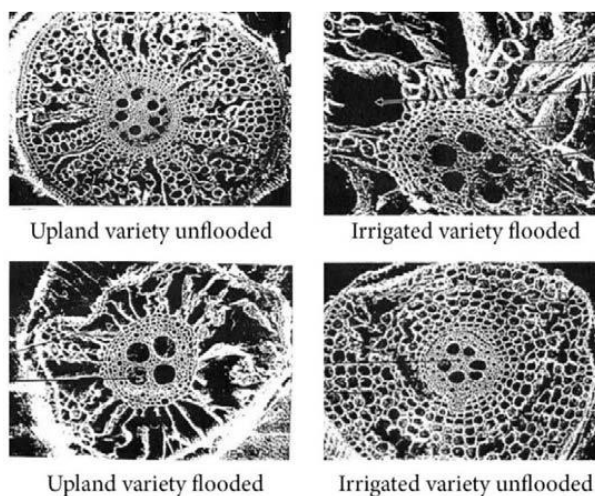


Parcelas experimentales para la realización de ensayos en la estación de investigaciones sobre el arroz de Sukamandi, Indonesia.

¿Por qué se debe dejar de inundar los arrozales? El arroz puede sobrevivir mejor en condiciones de inundación que la mayoría de las plantas, debido a la estructura interna de sus raíces, que se *deforma* y las hace funcionar de manera diferente. La corteza de las raíces está compuesta por células agrupadas alrededor de una columna de tejidos vasculares ubicada en el centro de la raíz, es decir, la *estela*. Dichos tejidos vasculares, conocidos como *xilemas*, transportan hacia arriba el agua y los nutrientes, mientras que otros tejidos similares, los *floemas*, transportan hacia abajo carbohidratos y otros compuestos sintetizados.

Cuando el suelo carece de oxígeno, esto es, se torna hipóxico, la desintegración de numerosas células corticales produce *aerénquimas* (burbujas de aire) en las raíces (véanse las imágenes que aparecen a continuación). Estas permiten que el oxígeno se disipe de forma pasiva desde las partes de la planta ubicadas en la superficie hacia las raíces y, eventualmente, hacia sus puntas, que requieren oxígeno para continuar creciendo. Este cambio en la estructura y el funcionamiento de las raíces proporciona un poco de oxígeno a las puntas.

En condiciones de inundación, del 30 % al 40 % de la corteza se desintegra, lo que afecta el transporte de agua y nutrientes dentro de la raíz (Kirk y Bouldin 1991). Aunque las plantas de arroz se adaptan a las condiciones hipóxicas mediante la generación de aerénquimas dentro de sus raíces, no necesariamente funcionan *de manera óptima* en tales condiciones. En condiciones de inundación continua, cerca del 75 % del sistema de raíces se deteriora para cuando la planta empieza su floración (antesis) e inicia la formación y el llenado de los granos (Kar *et al.* 1974).



*Secciones transversales de las raíces de plantas de arroz cultivadas en diferentes condiciones de suelo y agua. A la izquierda se observa una variedad de arroz de secano (IRAT 13) cultivada en condiciones de no inundación (arriba) y de inundación (abajo). A la derecha, una variedad de arroz irrigado (IRAT 173) cultivada en condiciones de inundación (arriba) y de no inundación (abajo). En ambas variedades las células de la corteza que se hallan alrededor de la estela (los tejidos vasculares en el centro de la raíz) se desintegran en condiciones de inundación; sin embargo, las burbujas de aire que se forman (aerénquimas) en la variedad de arroz irrigado son más grandes y funcionales (Puard *et al.* 1986).*

Nadie conoce con exactitud cuándo o por qué inició la práctica de inundar los arrozales de manera continua. Evidentemente el arroz evolucionó como una planta de tierras altas en suelos con buen drenaje; no obstante, varios milenios atrás el arroz ya había sido cultivado en campos ubicados en zonas bajas, con suelos inundados y saturados, probablemente debido a que ningún otro cultivo de cereales podría haber sido llevado a cabo allí. Con el tiempo el arroz fue plantado en campos inundados de forma intencional, a fin de ahorrar mano de obra para el control de las malezas, dado que las otras plantas, incluida la mayoría de las malezas, son menos capaces de crecer en condiciones hipóxicas del suelo.

La escarda en campos inundados requiere menos mano de obra que la que se realiza en tierras altas no irrigadas, donde el crecimiento de las malezas puede ser muy significativo. No obstante, si estas son controladas por otros medios que no sean la inundación, ello supone realizar cambios en numerosos cálculos. La experiencia del SRI demuestra que se pueden obtener rendimientos mucho más altos de las plantas de arroz cultivadas en un suelo aireado, con pequeñas pero confiables aplicaciones de agua. Ahí las raíces son más grandes y profundas, funcionan mejor y no sufren deterioro, como sucede en los suelos continuamente inundados, es decir, hipóxicos.

¿Por qué se debe utilizar una deshierbadora mecánica manual para controlar las malezas? Esta respuesta se infiere de la anterior. El uso de azadas rotativas o deshierbadoras de cono en dicho control proporciona a los agricultores un “plus” derivado de la *aireación del suelo*, que mejora la salud de las plantas y los rendimientos de su cultivo. Aunque las malezas pueden ser controladas o eliminadas por medio de una escarda manual o el uso de herbicidas, ello supone privarse de los beneficios de la aireación del suelo a través de las prácticas de escarda, que promueven el crecimiento de las raíces e incrementan la cantidad, la diversidad y la actividad de la biota beneficiosa del suelo. Actualmente existen diversos diseños de deshierbadoras mecánicas, como lo que se muestran en las páginas 94-95 y más adelante. A continuación se presentan los resultados de una evaluación llevada a cabo en Nepal en la principal temporada de 2005.

Effect of Active Soil Aeration

412 farmers in Morang district, Nepal,
using SRI in monsoon season, 2005

SRI yield = 6.3 t/ha vs. control = 3.1 t/ha

• Data show how WEEDINGS can raise yield

<u>No. of weedings</u>	<u>No. of farmers</u>	<u>Average yield</u>	<u>Range of yields</u>
1	32	5.16	(3.6-7.6)
2	366	5.87	(3.5-11.0)
3	14	7.87	(5.85-10.4)

Efecto de la aireación del suelo

412 agricultores del distrito de Morang, Nepal, utilizan el SRI en la temporada de los monzones de 2005: rendimiento del SRI = 6.3 t/ha vs. métodos usuales = 3.1 t/ha



*Deshierbadora con rueda de bicicleta, desarrollada por Gopal Bhise en la **India** (The Hindu, 29 de abril de 2010) y una desmalezadora casera, fabricada por un agricultor de **Timor Leste**, con base en imágenes de deshierbadoras.*



*A la izquierda, una deshierbadora de cuatro hileras, diseñada y construida por Gopal Swaminathan, un productor del pueblo de Kadiramangalam, en el estado de Tamil Nadu, la **India**. A la derecha, una desmalezadora producida en serie, diseñada y fabricada por KGVK Agro Ltd. Esta compañía, ubicada en Ranchi, la India, fue establecida por la gran corporación de productos metálicos Usha Martin Ltd., como una iniciativa de responsabilidad social corporativa (RSC) en apoyo al SRI, que fabrica y vende equipo de alta calidad para implementar dicho sistema (<http://www.kgvkagro.in/contact-us.htm>).*

¿Por qué emplear compost en lugar de fertilizante químico? Esta respuesta se deriva de lo expuesto anteriormente. El SRI fue desarrollado por el padre Laulanié utilizando fertilizante químico como la principal fuente de nutrientes complementarios del suelo. Sin embargo, a finales de los ochenta, cuando los pequeños productores de Madagascar ya no pudieron permitirse comprar fertilizantes, ya que el Gobierno retiró el subsidio correspondiente, el padre experimentó con el compost, con el que se obtuvieron resultados aún mejores.

Se han confirmado las ventajas del uso del compost en ensayos factoriales. Si menos del total de las prácticas del SRI se utilizan juntas, *el uso de un subconjunto de ellas* puede ofrecer rendimientos más altos con los fertilizantes químicos que con el compost. No obstante, cuando todas las prácticas son empleadas junto con el compost, los rendimientos superan los obtenidos con los fertilizantes (Randriamiharisoa y Uphoff 2002; Uphoff y Randriamiharisoa 2002).

El compost es más que una simple fuente alternativa de nutrientes, evaluada en términos de las cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio que contiene, ya que esto es inferior a lo que proporciona el fertilizante químico. Sin embargo, aunque el compost contiene una menor cantidad de macronutrientes (N, P y K), incluye *un gran número de micronutrientes*, entre ellos hierro, cinc, cobre y molibdeno, que ayudan a las plantas a sintetizar las enzimas, que son esenciales para su metabolismo.

El compost constituye una fuente más completa y equilibrada de nutrientes para los organismos del suelo y para la misma planta. Además, contribuye a mejorar la estructura y el funcionamiento de los sistemas del suelo, respaldando con más eficacia los organismos del suelo y la compleja red alimentaria que opera bajo tierra en un suelo saludable y productivo (Uphoff *et al.* 2006).

Un suelo bien estructurado presenta más *espacio poroso*, lo que significa que *el aire y el agua* están distribuidos de manera uniforme en su volumen. Dicha porosidad mejora la capacidad del suelo para absorber y retener el agua, de modo que la lluvia no se escurra, llevándose consigo partículas de la capa superior del suelo y reduciendo la cantidad y el valor de este. La actividad biológica del suelo contribuye al *reciclaje de nutrientes* en él y al movimiento de estos desde la parte “inaccesible” del suelo, para volverse “accesible” en la solución de este (Bonkowski 2004; Doebbelaere *et al.* 2003; Turner y Haygarth 2001; Thies y Grossman 2006).

¿Por qué la protección agroquímica contra las plagas y las enfermedades se vuelve menos necesaria con el SRI? Las plantas de arroz cultivadas con los métodos del SRI son más resistentes a las plagas y las enfermedades por diversos motivos. El uso de medios agroquímicos de protección se torna menos necesario o menos económico. A través de la gestión del Sistema los agricultores comúnmente descubren que el grado de daños y pérdidas es insuficiente para justificar la inversión de dinero y mano de obra en la protección agroquímica de los cultivos.

Una posible explicación de la resistencia del SRI a las plagas es que, cuando las plantas son cultivadas en un suelo no inundado, estas *absorben más silicio*. Esto explicaría el hecho de que los brotes y las hojas de las plantas de arroz son más duras y fuertes, por lo que no son derribadas (encamamiento) por los fuertes vientos y lluvias (páginas 147-149). Los insectos masticadores, al encontrar hojas y tallos más duros, desisten de triturarlas. Asimismo, las condiciones microclimáticas más secas en el follaje resultan menos favorables para que varios tipos de insectos y otros organismos vivan y se multipliquen.

Una teoría denominada **trofobiosis**, propuesta por un científico francés especialista en agricultura (Chaboussou 2004), es coherente con las prácticas del SRI, ya que reduce o detiene el uso de fertilizantes químicos y de agroquímicos. De conformidad con la teoría de Chaboussou, la vulnerabilidad de las plantas a los ataques de insectos, bacterias, hongos e incluso virus es consecuencia de *desequilibrios o deficiencias nutricionales*. Estas afectan el metabolismo de las plantas, que de otro modo (a) convertiría los aminoácidos en moléculas de proteínas más complejas y (b) metabolizaría los azúcares simples producidos por la fotosíntesis en polisacáridos más complejos. Estas moléculas más grandes (aminoácidos y polisacáridos) son más difíciles de utilizar para los insectos depredadores, las bacterias, los hongos e incluso los virus.

Cuando el *nitrógeno inorgánico* es provisto de manera abundante a las plantas a través de fertilizantes sintéticos, estas absorben más N y sintetizan más aminoácidos, que son los componentes básicos de las proteínas. No obstante, debido al desequilibrio en su nutrición, las plantas no convierten rápida ni eficientemente estos aminoácidos en proteínas, lo que deja un excedente de estos en su savia y en el citoplasma de sus células. Estas moléculas simples resultan atractivas para los insectos, las bacterias y los hongos patógenos, e incluso los virus.

De manera similar, la aplicación de *pesticidas inorgánicos*, en particular los clorados, interfieren en el metabolismo de las plantas, de modo que los azúcares simples que estas producen mediante la fotosíntesis no logran consolidarse en forma rápida y continua en polisacáridos. Así, las plantas producen una gran cantidad de azúcares simples en su savia y citoplasma, que ofrece a las plagas y los patógenos la oportunidad de alimentarse con facilidad y ampliar sus poblaciones.

Estos “excedentes” de aminoácidos y azúcares simples en la savia y el citoplasma vuelven a la planta vulnerable a la depredación y las enfermedades. Esta explicación es apoyada por amplias investigaciones publicadas en literatura revisada por pares hace muchos decenios. Observemos que Chaboussou no respaldaba las prácticas “orgánicas” *per se*, ya que proponía que las deficiencias de nutrientes en el suelo que dificultan o desequilibran el metabolismo de las plantas deben ser subsanadas por medios inorgánicos, si no se dispone de insumos orgánicos. No obstante, en la práctica, su teoría apunta hacia la reducción o incluso la eliminación del uso de los agroquímicos.

Debe realizarse más investigación sobre esta teoría de la *trofobiosis*, que ha sido pasada por alto o ignorada en gran medida por las instituciones de investigación, y sobre mecanismos de resistencia a plagas y enfermedades de las plantas de arroz cultivadas por medio del SRI. Estas relaciones y sus explicaciones justifican una evaluación sistemática y objetiva. Mientras tanto, el fenómeno de la resistencia de las plantas cultivadas mediante el Sistema, aunque no siempre es observado, es confirmado por la experiencia de muchos agricultores y por ensayos y evaluaciones científicas (por ejemplo, Dung *et al.* 2007; Gopal *et al.* 2010; Karthikeyan *et al.* 2010).

¿El trasplante es necesario? ¿Los cultivos de arroz pueden ser establecidos a través de la siembra directa? Aunque fue desarrollado para los agricultores de Madagascar, quienes estaban trasplantando sus cultivos de arroz, *el SRI no requiere el trasplante*. El principio operativo del Sistema es que si un cultivo de arroz es establecido por medio del trasplante, las raíces de las plántulas, que son esenciales para su crecimiento en el futuro, deben ser *manejadas con mucho cuidado y protegidas de cualquier daño*. Dado que el padre Laulanié recomendaba muchos cambios en las prácticas de los agricultores para la producción de arroz, probablemente llegó a la conclusión de que si se efectuaban cambios significativos en los métodos de establecimiento de cultivos, como dejar de realizar trasplantes, haría que la aceptación del SRI resultara aún más difícil.

Algunos productores que no utilizan el trasplante o cuya mano de obra es escasa, condición que vuelve a dicha actividad difícil de practicar, han adaptado los conceptos del SRI a métodos de siembra directa, junto con las demás prácticas del Sistema. Su objetivo es reducir los requerimientos de mano de obra, aunque ello suponga cierta reducción de sus arrozales, dado que no solo se preocupan por las cuestiones agronómicas, sino también por favorecer su economía.

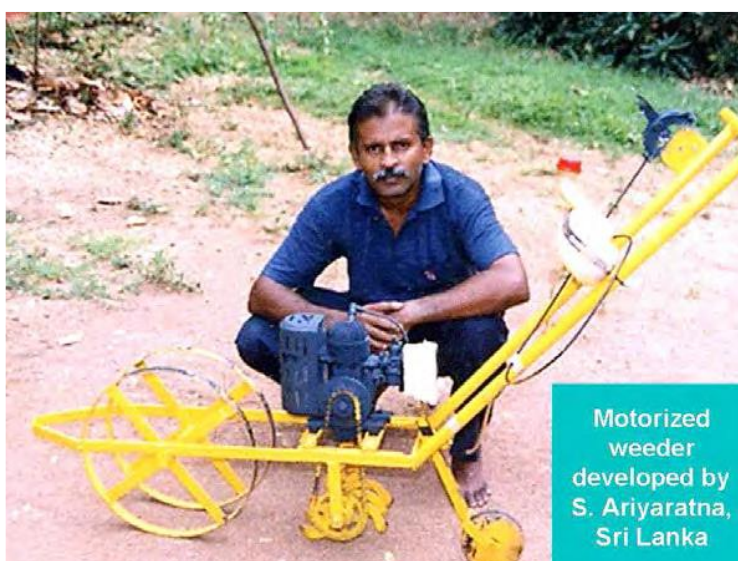
Un método de establecimiento de cultivos, desarrollado por un agricultor ceilanés, se fundamenta en sembrar a voleo semilla germinada en un campo fangoso y nivelado y *podar las plantas resultantes, formando cuadrados*, como se hace en el SRI. Una evaluación de este método, efectuada por científicos de la TNAU, en la India (Ramasamy *et al.* 2006), arrojó resultados positivos, incluida la reducción de 40 % en los requerimientos de mano de obra por hectárea: sin viveros ni trasplante.

Subasinghe Ariyaratna, el productor, utiliza cinco veces más semilla que la que emplearía estableciendo su cultivo del SRI mediante el trasplante. En lugar de establecer y trasplantar un vivero del Sistema, que requeriría solo 5 kg de semilla por hectárea, siembra a voleo semilla germinada en dosis de 25 kg/ha.

Cuando las plantas jóvenes que brotan en el campo tienen de diez a doce días de edad, Ariyaratna desmaleza su campo *como si* hubiese trasplantado a él las plántulas del SRI, con un espaciamiento de 25 cm x 25 cm. Su “escarda” ralea radicalmente el grupo de plantas de arroz, eliminando cerca del 80 % de las plantas jóvenes y dejando el restante

20 % en una cuadrícula. Se suele dejar una planta en las intersecciones de los transectos de la deshierbadora, pero puede haber de dos a tres plantas y, ocasionalmente, ninguna planta en este espacio intersecado. Cuando no se cultivan plantas, las que se hallan en la inmediación crecen más y llenan la mayor parte del espacio abierto.

Esta metodología tiene como objetivo establecer una población dispersa de plantas, espaciada de manera uniforme y amplia. Ya que no hay necesidad de construir ni de administrar un vivero ni de realizar trasplantes, los requerimientos de mano de obra del SRI se reducen en forma significativa. Ariyaratne dice que esta adaptación genera rendimientos de al menos 7.5 t/ha. Sabe que este es un rendimiento menor que el obtenible por medio de un campo del SRI gestionado con mayor cuidado; no obstante, enfrenta demandas concurrentes para el uso de la mano de obra. Este método de establecimiento y gestión de cultivos le brinda resultados rentables con gastos reducidos de mano de obra.



Lo anterior subraya la importancia de la flexibilidad y la innovación para obtener los beneficios de los principios del SRI en condiciones locales determinadas. Ariyaratne tenía 2 ha de tierra para cultivar arroz y, con sus dos hijos aún jóvenes, su mano de obra era limitada. Realizar compensaciones para economizar mano de obra era una estrategia racional para él.

Agricultores en varios países están probando los conceptos del SRI con innovaciones como lechos elevados, solarización de semilleros, labranza cero e intercultivos con papas, que son impulsadas en Vietnam. Algunos ejemplos de innovaciones de siembra directa se muestran en la página 31.

Una de las versiones actuales más prometedoras del SRI es el establecimiento de cultivos con siembra directa, desarrollado en Vietnam por el SNV, con financiamiento de la Agencia Australiana de Asistencia (<https://www.youtube.com/watch?v=51uNFQL1zMw>).

Las distintas versiones del SRI con siembra directa no contradicen al SRI “clásico” ni compiten con él, sino que son consideradas como sus descendientes, en la medida en que puedan ayudar a los productores a enfrentar las limitaciones de mano de obra, entre otras, y a cumplir sus metas económicas y de diversa índole.



*Sembrador de tambor para la siembra directa por medio del SRI, transportado al campo en una motocicleta en el estado de Andhra Pradesh, la **India** (página 31).*



*Agricultores en el pueblo de Devnagar en **Nepal**, quienes cooperaron con Rajeev Rajbhandari en la introducción y la evaluación del SRI en el distrito de Chitwan, probando el método de solarización (página 40) para el cultivo de plántulas más saludables en un vivero de arroz de este sistema.*

9. ¿Cuáles son los principales beneficios económicos, sociales y de otra índole del SRI?

Los beneficios ambientales son discutidos en la sección de preguntas frecuentes, páginas de la 65 a la 72.



*Capacitación sobre el SRI, dirigida a productores en **Rwanda** en el contexto de un proyecto del FIDA ejecutado en dicho país.*

En ocasiones el SRI ha sido ignorado o rechazado porque los resultados reportados eran “demasiado buenos para ser ciertos”, lo que constituye una base no empírica y desinformada para oponerse a él, que depende de un razonamiento *a priori*, en lugar de ser condicionada por la evidencia. El uso de sus métodos no siempre genera todos los beneficios esperados o reportados; no obstante, la metodología ofrece un número considerable de resultados deseables que pueden ser obtenidos a un bajo costo o sin un costo incremental.

Incrementos en los rendimientos: Los rendimientos del grano por hectárea suelen ser considerados como un indicador sintético de la productividad. Sin embargo, esta medida representa solo *la productividad de la tierra*, no la de los otros factores de producción: mano de obra (ingresos por día), agua (cultivo por gota) o rendimientos por capital (rentabilidad). Como norma, los agricultores están interesados en diversas cuestiones, además del rendimiento agronómico. No obstante, los rendimientos constituyen el elemento que más llama su atención, especialmente cuando la tierra es el factor de producción más escaso y limitante.

Los aumentos en el rendimiento del grano logrados sobre el terreno con los métodos del SRI a menudo oscilan entre el 20 % y el 200 % y en ocasiones son mayores, como lo demuestran los datos que se presentan más adelante sobre Madagascar, la India y Camboya. Las ganancias en productos que son obtenidas con *las reducciones en uno o varios insumos* (mano de obra, agua, capital) son más significativas para los productores

que las logradas mediante una *mayor inversión en dichos recursos*. Asimismo, con los métodos del Sistema suele darse un incremento en la producción de *paja* (biomasa). Este aumento en los rendimientos es importante para los pequeños agricultores, quienes tienen una cantidad mayor de paja utilizable como alimento para los animales, para cubrir los tejados y otras finalidades.

Incrementos en la productividad de los factores: La medida de *producción por unidad de insumo* es más importante que las simples medidas agronómicas de los rendimientos del grano o la paja, ya que el beneficio de *lograr más productos con un mayor gasto en insumos es incierto*, mientras que obtener más con menos resulta siempre provechoso, lo que constituye la versión agronómica de la eficiencia de Pareto.

El SRI es la única innovación que conocemos por medio de la cual la productividad de todos los factores de producción – tierra, mano de obra, agua y capital – puede ser aumentada de manera conjunta. Ello lo ha vuelto dudoso en la mente de las personas que creen que obtener “más con menos” es imposible y que recurren a la insistencia de los economistas en que lo gratuito no existe y que debe haber compensaciones en algún lugar. Sin embargo, esta doctrina se aplica solo a *sistemas cerrados*, en los que debe haber rendimientos decrecientes, y no a *sistemas abiertos*.

Con las prácticas del SRI la aportación de energía y nutrientes proviene de la actividad biológica. Esta es “gratuita”, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones en cuanto a crecimiento, salud y funcionamiento de los organismos. Ello posibilita las amplias ganancias en la productividad de los factores. La *productividad total de los factores* es difícil de medir y reportar de forma sumaria, debido a la dificultad de combinar la tierra, la mano de obra, el agua y el capital incluso en términos monetarios. No obstante, las evaluaciones de cada factor muestran ganancias en su productividad, es decir, una mayor producción por unidad de insumo.

Durante muchos años se afirmó que si las plantas de arroz presentaban *más brotes* (panojas), necesariamente tendrían *menos granos por panoja* (Ying *et al.* 1998). Si los rendimientos disminuyeran para lograr un mayor crecimiento de las plantas, el ahijamiento abundante que resulta de la gestión del SRI sería menos conveniente que la ausencia de dicha limitación. No obstante, la suposición de que hay una relación inversa entre el número de panojas por planta y la cantidad de granos por panoja es irrelevante en el caso de las plantas de arroz cultivadas mediante este sistema, cuyas raíces no se deterioran como consecuencia de la hipoxia. Estas plantas, como sistemas abiertos, capitalizan mejor los recursos en torno a ellas que las plantas con raíces deterioradas.

Con la gestión del SRI, las plantas de arroz pueden producir *brotos más fértiles y más granos por panoja*, volviendo a la producción de arroz una propuesta de *suma positiva*, en lugar de una propuesta de suma cero o de suma negativa. Tener raíces que no envejecen permite a las plantas funcionar como sistemas abiertos y no como sistemas cerrados o, lo que es peor, sistemas en decadencia. Esta diferencia en la fisiología y la morfología de las plantas de arroz es la clave del éxito del SRI (Thakur *et al.* 2010).

Reducciones en los requerimientos de agua: Ya que el arroz irrigado del SRI es cultivado sin emplear la inundación continua, una cantidad inferior de agua es requerida (de 25 % a 50 % menos) para llevar a cabo un cultivo que genera una mayor producción. Por consiguiente, la productividad del agua puede ser duplicada, triplicada o cuadruplicada (Ceesay *et al.* 2006). En ciertas condiciones del suelo quizás resulte imposible lograr un ahorro tan significativo de agua; sin embargo, en otras circunstancias se ha ahorrado hasta dos tercios de este líquido.



*Mustapha Ceesay en una parcela del SRI, ubicada en la Estación de Investigación de Sapu, del Instituto Nacional de Investigación Agrícola de **Gambia**, en donde se desempeñó como director. Allí el cultivo normal de arroz supone un uso excesivo de agua, mientras que el SRI la aplica con moderación.*

La adquisición de insumos no es requerida: Los agricultores pueden usar con éxito y de manera económica los métodos del SRI (a) sin depender de fertilizantes químicos, (b) sin necesidad de adquirir nuevas semillas y (c) sin requerir agroquímicos para controlar las plagas, las malezas ni las enfermedades. Aunque los fertilizantes pueden ser utilizados con resultados positivos, los productores que cuentan con suficiente mano de obra y acceso a biomasa para preparar y aplicar compost pueden obtener rendimientos muy altos, a la vez que mejoran la fertilidad de su suelo.

Una ventaja de la práctica del SRI que los agricultores reportaron en la evaluación efectuada por la GTZ en Camboya (Anthofer 2004) es que no requirieron comprar nuevas semillas o insumos agroquímicos al inicio de su temporada de cultivo, cuando sus recursos en efectivo eran bajos porque habían gastado la mayor parte de sus ganancias de la temporada anterior. El hecho de no tener que comprar insumos al inicio de la temporada también significó que los productores no requerían solicitar préstamos si no contaban con el dinero para adquirirlos. Entrar en un ciclo de endeudamiento constituye el flagelo de muchas unidades familiares rurales, que luego se ven obligadas a trabajar sin descanso para beneficiar a los prestamistas, más que a sí mismas.

De acuerdo con varias investigaciones, *las combinaciones de nutrientes orgánicos e inorgánicos* para el suelo (GIN) pueden generar rendimientos más altos que los complementos orgánicos por sí solos. Lo que resulta más rentable para un agricultor dependerá de los costos respectivos de la compra de fertilizante y de la elaboración de compost. En lugar de fijar una práctica o combinación particular de insumos, los productores que aplican los métodos del SRI deben determinar lo que les permitirá cumplir sus objetivos, considerando los costos y las restricciones de los distintos insumos y también cuestiones como los factores de riesgo (páginas 144-145).

Mayor rentabilidad de la mano de obra y ahorro de esta: Aunque los métodos del SRI requieren más unidades de mano de obra por hectárea que las prácticas convencionales, los rendimientos más altos obtenidos a través de él casi siempre proporcionan a los agricultores *una producción más alta por hora o por día de mano de obra*, lo que aumenta los ingresos de las familias. Como se indicó anteriormente, los productores que emplean el Sistema suelen descubrir que, una vez que dominan sus métodos, pueden efectuar un cultivo más grande sin requerir mano de obra adicional *o incluso con una cantidad menor de ella*. La reducción de la mano de obra y de los insumos de semillas, agua y costos vuelven a este sistema muy atractivo.

Reducción de los requerimientos de mano de obra femenina: Este tema se discutió en las páginas 154-157.

Aumento en los ingresos netos y los beneficios de los agricultores: Si los productores son capaces de lograr una mayor producción con la reducción del costo de los insumos, sus ingresos se incrementarán aún más que su producción. Un informe elaborado en Cuba sobre la producción de arroz a través del SRI en una superficie de 26 ha, ubicada en una finca cooperativa de dicho país (Socorro *et al.* 2008) mostró un aumento en los rendimientos de solo 15 %, es decir, de 4 t/ha a 4.6 t/ha; no obstante, los ingresos netos que la cooperativa recibió como resultado de su producción de arroz fueron 70 % más altos, esto es, 747 pesos/ha, en comparación con los 439 pesos/ha recibidos anteriormente.

Este impacto positivo en los ingresos tuvo lugar debido a: (a) la reducción a la mitad de los costos de la semilla; (b) el uso de fertilizantes disminuido en 89 %, esto es, de 350 kg/ha a 37 kg/ha; (c) 40 % menos cantidad de agua utilizada, lo que constituye un ahorro significativo, ya que el agua de irrigación debía ser extraída mediante bombas de diésel; y (d) la mano de obra requerida para el trasplante se redujo de dieciséis a cinco personas. Tales consideraciones económicas fueron más importantes para los agricultores que el incremento en los rendimientos.

Reducciones en el riesgo económico: Todas las prácticas agronómicas recomendadas por el SRI – uso de plántulas muy jóvenes, solo una planta por montículo, población de plantas reducida, campos no inundados y mayor dependencia de la fertilización orgánica– *parecen ser riesgosas*. Sin embargo, dos evaluaciones en las que

se calcularon los riesgos reales con base en datos obtenidos de un muestreo aleatorio de gran escala indicaron lo contrario.

Una evaluación, llevada a cabo en Camboya para la GTZ, abarcó a cuatrocientos productores que utilizaban el SRI y a cien que no en los mismos pueblos seleccionados en forma aleatoria en cinco provincias (Anthofer 2004). De acuerdo con un análisis del riesgo económico, el riesgo que corrían los productores de no obtener el ingreso neto esperado de su producción de arroz fue significativamente menor con la práctica del Sistema.

Con el SRI se calculó que la probabilidad de no alcanzar el ingreso neto requerido de USD 100/ha era de 17 %, comparada con la de 42 % que suponen los métodos estándar. Se descubrió que los productores de arroz tenían una probabilidad *2.5 veces mayor de perder dinero* cuando cultivaban su arroz a través de métodos estándar. El estudio reveló que: "el SRI es una metodología económicamente interesante para el cultivo del arroz, con un riesgo económico menor, comparado con el de otras prácticas de cultivo" (Anthofer 2004).

Una evaluación del SRI, efectuada en Sri Lanka para el IWMI, consideró a 120 agricultores seleccionados aleatoriamente en dos distritos, la mitad de los cuales utilizaba los métodos del SRI (Namara *et al.* 2003, 2008). Los riesgos económicos de las unidades familiares fueron calculados cuando se aplicaba el SRI y la práctica convencional, de conformidad con tres niveles salariales alternativos. Los insumos de mano de obra fueron valorados según (a) un salario cero, considerando el uso exclusivo de mano de obra familiar; (b) el salario agrícola predominante; y (c) el salario no agrícola prevaleciente, es decir, una evaluación de costo de oportunidad.

En el primer cálculo la probabilidad de que una unidad familiar terminara la temporada con una pérdida económica neta era *nueve veces mayor* cuando se empleaban las prácticas convencionales que cuando se usaban los métodos del SRI. En el caso del salario agrícola predominante, dicha probabilidad resultaba *8.4 veces mayor* y, cuando los insumos de mano de obra son valorados según su costo de oportunidad no agrícola, la probabilidad de que no hubiese una pérdida del cultivo del arroz era *6.4 veces mayor*. Por lo tanto, aunque los métodos de cultivo del Sistema parecieran riesgosos, varios análisis empíricos demostraron que estos reducen los riesgos de los productores, en lugar de incrementarlos, en parte por las razones que se presentan a continuación.

La agricultura climáticamente inteligente (climate-smart agriculture) supone una menor vulnerabilidad a las condiciones meteorológicas adversas y resistencia a los efectos del cambio climático: Se requieren más evaluaciones sobre este tema para analizar su alcance y límites; no obstante, se observa en general que las plantas de arroz cultivadas mediante el SRI son:

- **Más resistentes a la sequía y al estrés hídrico:**



*Esta imagen relata la historia: dos arrozales ubicados en **Sri Lanka**, con el mismo tipo de suelo y clima y plantados con la misma variedad de arroz, tres semanas después de que el suministro de agua para riego fuese cortado debido a la carencia del líquido en el embalse. El campo de la izquierda fue sembrado y administrado usando las prácticas convencionales, incluida la inundación hasta que el movimiento del agua se detuviera. Al campo del SRI a la derecha se le aplicó una cantidad limitada del líquido, por lo que el arroz desarrolló sistemas de raíces más profundos, capaces de resistir el estrés hídrico y de proporcionar un cultivo prácticamente normal con una cantidad de agua mucho menor.*

- **Menos susceptibles a las plagas y las enfermedades** – este tema se discute en las páginas 137-139.
- **Más resistentes a daños y encamado por tormentas** y a ser derribadas por fuertes lluvias y vientos. Este efecto, medido y cuantificado por Chapagain y Yamaji (2009), es comprendido y visualizado con mayor claridad en esta página y la siguiente.



*Parcelas de prueba ubicadas en la TNAU, en la **India**, luego del paso de una tormenta. La parcela en primer plano fue cultivada aplicando los métodos convencionales, mientras que en la de atrás se utilizaron las prácticas del SRI.*



*Arrozales del proyecto de irrigación de Mwea, **Kenia**, luego del paso de una tormenta anormal en noviembre de 2011. El arroz de la izquierda, cultivado aplicando prácticas de cultivo convencionales, sufrió un encamado severo, mientras que el de la derecha, cultivado empleando los métodos del SRI en un campo cercano, no sufrió ningún daño.*



*En el delta del río Mekong, en **Vietnam**, un campo regular, en primer plano a la izquierda, y un campo del SRI a la derecha, después de que una tormenta los azotara (Dill et al. 2013).*



*Una agricultora del pueblo de Đông Trù, **Vietnam**, sostiene una planta de arroz cultivada por medio del SRI a la izquierda y una planta convencional a la derecha, frente a sus campos respectivos, luego del paso de una tormenta en 2005.*

- **Más capaces de recuperarse de las inundaciones**, siempre y cuando sus sistemas de raíces hayan sido establecidos antes de que la inundación tuviese lugar;
- **Más tolerantes a las temperaturas extremas**, siempre que los sistemas de raíces de las plantas estén adecuadamente establecidos en el suelo.

Aunque estos últimos beneficios son importantes, *la resistencia a la sequía, al estrés hídrico, a los daños producidos por las tormentas y al encamado* probablemente se convertirán en algunos de los impactos más significativos del SRI en un mundo que debe *aprender a hacer frente al cambio climático*, con el cual patrones de lluvias atípicos y tormentas de gran magnitud con fuertes vientos y lluvias pueden volverse más comunes y severos. Con una mayor variabilidad en los patrones meteorológicos y una incidencia cada vez más frecuente de “fenómenos extremos”, particularmente las unidades familiares con recursos limitados, que a menudo cultivan en las regiones más vulnerables, requerirán cultivos que puedan tolerar, de la manera más confiable posible, los efectos adversos del estrés climático.

Un ciclo de cultivo reducido, que proporciona rendimientos más altos con mayor rapidez: Los productores que emplean el SRI a menudo reportan que sus cultivos de arroz *alcanzan la madurez de cinco a diez días antes* que los de la misma variedad desarrollados con las prácticas estándar. Cuando los cultivos pueden ser cosechados más pronto, ellos pueden reducir la cantidad de agua requerida para realizar sus cultivos, lo que también disminuye la exposición de estos a tormentas u otros peligros climáticos y a daños causados por plagas o enfermedades que suelen aumentar al final de la temporada. Tales efectos deben ser evaluados más ampliamente.

En 2007, 413 agricultores del distrito de Morang, Nepal, quienes emplearon los métodos del SRI con siete variedades diferentes, lograron la maduración de sus cultivos aproximadamente *quince días antes* del tiempo en que dichas variedades la alcanzan normalmente (Uphoff 2011). Aunque la gestión del Sistema redujo el ciclo de cultivos en 11 %, el promedio de rendimientos obtenidos por los productores fue más del doble de los que lograban con sus prácticas usuales, a saber, 6.3 t/ha, en lugar de 3.1 t/ha.

Duración en días del cultivo de distintas variedades de arroz a través del SRI y de los métodos convencionales en Morang, Nepal, en 2007 (los rangos aparecen entre paréntesis).

Variedad	(N.º)	Duración estándar ¹	Duración del SRI	Diferencia (en días)
Mansuli	48	155	136 (126-146)	19 (9-20)
Swarna	40	155	139 (126-150)	16 (5-29)
Radha 12	12	155	138 (125-144)	17 (11-30)
Bansdhar/Kanchhi	248	145	127 (117-144)	18 (11-28)
Barse 2014/2017	14	135	126 (116-125)	9 (10-19)
Hardinath 1	39	120	107 (98-112)	13 (8-22)
Sughanda	12	120	106 (98-112)	14 (8-12)
<i>Promedio (total)</i>	<i>413</i>	<i>140</i>	<i>125 (115-133)</i>	<i>15 (9-23)</i>

Mayor producción de la molienda cuando el arroz con cáscara del SRI (arroz sin moler) es pulido: Como ya se señaló, los agricultores y los molineros descubrieron que el arroz sin moler cultivado por medio del Sistema genera una mayor producción de la molienda, como por ejemplo, más arroz pulido por fanega o por saco de arroz sin moler, lo que se debe a (a) *una cantidad inferior de cascarilla*, ya que las panojas presentan menos granos sin llenar; y (b) *un número menor de granos partidos*, dado que los granos producidos mediante el SRI resisten el quiebre durante la molienda.

Ello significa que cuando se emplean los métodos del Sistema, generalmente se obtiene *casi 15 % más de arroz comestible*, además de la mayor cantidad de arroz con cáscara cosechada. Por consiguiente, la producción de alimentos es incrementada por medio del SRI.

Ya en 2002 algunos molineros de Sri Lanka visitaron a los agricultores que empleaban el SRI antes de que estos efectuaran la cosecha para ofrecerles una paga 10 % mayor por fanega de arroz sin cáscara, ya que sabían que podían obtener incluso más de 10 % de arroz pulido cuando hubiesen molido el arroz con cáscara del SRI. Ello les proporcionaría una mayor cantidad de producto final para vender como alimento.

Una evaluación realizada en 2004 en la Universidad Agrícola de Sichuan, China, confirmó lo anterior. Cuando es molida, la misma variedad de arroz con cáscara del SRI produjo en promedio 16 % más de arroz molido y 17.5 % más de arroz entero (granos sin partir) (Ma 2004; Xu *et al.* 2005).

Parámetro	Arroz cultivado con		Diferencia
	Métodos conv. ¹	Métodos SRI ¹	
Producción del arroz molido (%)	41.54–51.46	53.58–54.41	+16.1 %
Arroz entero molido (%)	38.87–39.99	41.81–50.84	+17.5 %

¹Tres espaciamientos fueron utilizados en cada conjunto de ensayos. Los datos reportados son rangos (Ma 2004).

De acuerdo con una encuesta informal efectuada por el autor a agricultores de doce pueblos del estado de Tripura, la India, durante una visita que realizó en octubre de 2007, estos obtuvieron en promedio *18 % más arroz molido por fanega de arroz con cáscara sin moler cultivado a través del SRI*, en comparación con el producto de la molienda del arroz con cáscara, obtenido por medio de los métodos usuales, como resultado de la cantidad inferior de cascarilla y del menor quiebre de los granos del arroz con cáscara del SRI.

Mejoramientos en la calidad del grano y, posiblemente, en el valor nutricional: Según numerosos informes, los consumidores consideran que la calidad del arroz cultivado mediante los métodos del SRI es superior; sin embargo, contamos con pocas evaluaciones sistemáticas al respecto.

La evaluación realizada por la Universidad Agrícola de Sichuan en China también midió la *yesosidad* del arroz del SRI, comparada con la de la misma variedad cultivada por medio de los métodos estándar. Tal característica es considerada como indeseable en términos de calidad, en parte porque contribuye a un mayor quiebre durante la molienda, pero también debido a que afecta las cualidades alimentarias. De acuerdo con Ma (2004), el arroz del SRI presentaba 30 % menos granos calcáreos y 65 % menos yesosidad en general. Dado que durante la molienda se da un menor quiebre del arroz con cáscara producido por medio del Sistema, es probable que los granos tengan un contenido más alto de proteína, ya que la resistencia al quiebre está asociada a niveles más altos de dicha sustancia en el grano (Leesawatwong *et al.* 2004).

Parámetro	Arroz cultivado con		Diferencia
	Métodos conv. ¹	Métodos SRI ¹	
Granos calcáreos (%)	39.89–41.07	23.62–32.47	-30 %
Yesosidad general (%)	6.74–7.17	1.02–4.04	-65 %

¹Tres espaciamientos fueron utilizados en cada conjunto de ensayos. Los datos reportados son rangos (Ma 2004).

Cabe pensar que podrían haber concentraciones más altas de *micronutrientes* en los granos del SRI, ya que estos suelen ser más densos y pesados, sin ser más grandes, lo que puede contribuir a un menor quiebre durante la molienda. Dado que las raíces obtenidas a través del Sistema son más grandes y pueden alcanzar una profundidad mayor en el suelo, podrían tener más capacidad para adquirir micronutrientes de los horizontes inferiores del suelo. Ello volvería a las plantas más saludables y más capaces de resistir daños causados por plagas y enfermedades, dado que una mayor absorción de micronutrientes les proporciona una mayor cantidad de los componentes requeridos para sintetizar enzimas esenciales para su metabolismo.

No obstante, se debe llevar a cabo un análisis más sistemático sobre ese y otros beneficios. De acuerdo con investigaciones realizadas recientemente, el cultivo de arroz en condiciones de suelo no inundado aumenta los niveles de cobre, cinc, magnesio y manganeso en el grano (Xu *et al.* 2008). Según evaluaciones efectuadas en la India, que comparan las plantas de arroz del SRI con plantas de la misma variedad desarrolladas mediante los métodos convencionales, una mayor absorción de micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu) tiene lugar en las plantas del Sistema (Adak *et al.* 2016), lo cual es corroborado por otras investigaciones (Dass *et al.* 2017).

Otros beneficios para la salud: Además de los aportes nutritivos que aún deben ser evaluados, resulta claro que detener la inundación continua de los arrozales reduce la incidencia de *enfermedades transmitidas por mosquitos*, como la malaria, el dengue y la encefalitis japonesa. Se ha demostrado que la gestión del agua del SRI rompe el ciclo de reproducción de los mosquitos en sistemas de riego desarrollados en Kenia (Omwenga 2014).

De acuerdo con investigaciones recientes, las plantas de arroz cultivadas en condiciones de suelo no inundado presentan *una absorción de arsénico de diez a quince veces menor* (Xu *et al.* 2008), lo que es analizado actualmente a través de un estudio de cinco países coordinado por SRI-Rice en Indonesia, Nepal, Malasia, Filipinas y Sri Lanka. Se espera que la gestión del SRI disminuya los niveles de dicho elemento en el arroz (Senanayake y Mukherji 2014).

Los beneficios para la salud específicos para las mujeres se discuten en Vent *et al.* (2016) y en la sección 9.1.

Sistemas agrícolas integrados y diversificados: Cuando las ganancias de la productividad obtenibles por medio del SRI permiten a los agricultores reducir la cantidad de tierra que dedican a la producción de arroz y a diversificar sus sistemas agrícolas, ellos pueden producir más pescado, frutas, hortalizas, leguminosas y ganado menor en tierra liberada para la producción de alimentos no básicos. Esto mejora no solo los *ingresos* de las unidades familiares, sino también su nutrición, como resultado de una *dieta más diversificada*.



*Finca intensificada en la provincia de Takeo, **Camboya**, cuyo sistema agrícola diversificado se basa en los beneficios productivos del SRI. Las mejoras en la producción y los ingresos, además de los bajos costos de inversión, aumentan varias veces los ingresos de las unidades familiares. Véase Lim (2007) para encontrar ejemplos de sistemas agrícolas integrados diseñados por productores.*

Según investigaciones llevadas a cabo en la Dirección de Gestión del Agua del Consejo de Investigación Agrícola de la India, ubicada en Bhubaneswar, el “SRI integrado”, que vincula *la acuicultura y la horticultura* con los aumentos en la productividad del arroz logrados mediante la gestión del SRI, pueden incrementar significativamente la productividad de la tierra, de la mano de obra y, en especial, del agua (Thakur *et al.* 2015).

En este sistema agrícola en condiciones de secano en tierras altas se llevó a cabo la recolección de agua para proporcionar más líquido al cultivo de arroz de secano, para la cría de pescado (carpa asiática) y realizar otros cultivos (banano y papaya). La rentabilidad económica de tal actividad fue muy considerable, ya que produjo rendimientos de 18 Rs./m³ de agua, comparados con los 0.3 Rs./m³ obtenidos mediante la gestión única de arroz de secano convencional, que apenas cubre los costos.

9.1 ¿Cuáles son las implicaciones de género del uso del SRI?

Cómo la introducción del SRI afecta la situación de las mujeres depende particularmente de cuál es la división del trabajo prevaleciente en función del género en la producción de arroz en el contexto local. De acuerdo con la mayoría de los informes, la carga laboral femenina en la producción de arroz se reduce cuando dicho sistema es implementado, mientras que el trabajo en sí se vuelve menos oneroso e insalubre. No obstante, el tipo y la amplitud del impacto del cambio a la gestión de cultivos del SRI pueden variar y pocas veces son los mismos en todas las clases sociales.

El trasplante de arroz se vuelve más rápido una vez que los nuevos métodos son aprendidos, ya que las poblaciones de plantas se reducen entre 70 % y 90 %.

Cuando la escarda mecanizada es introducida, los hombres suelen encargarse de ella en los campos de arroz, tarea que culturalmente es clasificada como “trabajo de mujeres” cuando se lleva a cabo de manera manual. En diversas culturas las labores mecanizadas son consideradas “trabajo de hombres”; no obstante, cuando las mujeres continúan efectuando esta actividad pero utilizando un implemento mecánico, a menudo ello les facilita y acelera su trabajo.

La primera evaluación sistemática del impacto en función del género fue realizada en Tamil Nadu en 2004, como se mencionó en la sección 6.1. Dicho estudio consideró la mano de obra y otros insumos de cien unidades familiares en la cuenca fluvial del Tamiraparani, que cultivan parcelas de 4047 m² mediante el SRI y los métodos convencionales, unas junto a las otras. En general, se descubrió que con el Sistema los insumos de mano de obra se reducían en 11 %; sin embargo, existía una notable diferencia en las inversiones de mano de obra según el género. Los hombres asumieron las operaciones de escarda porque cuando estas se volvían mecánicas, eran consideradas trabajo de hombres. Por lo tanto, los insumos de mano de obra masculina aumentaron en 60 %, mientras que el número de horas de trabajo efectuado por las mujeres por hectárea se redujo en 25 %, lo que constituye un cambio significativo (Thiyagarajan 2004).

En Andhra Pradesh, donde no existe ninguna restricción cultural para el trabajo de las mujeres con equipo mecánico, estas han empezado a emplear utensilios para la escarda, en lugar de efectuar dicha tarea a mano; no obstante, ello reduce su carga de trabajo.

Según un estudio, el uso de desmalezadoras aumenta considerablemente la velocidad de su trabajo. El tiempo que ellas dedican a esta tarea se redujo en 72 %, mientras que los rendimientos del arroz se duplicaron. La nueva tecnología también mejoró su postura y disminuyó la fatiga de sus músculos (Mrunalini y Ganesh 2008).



Duddeda Sugunavva, una productora dalit del pueblo de Katkur, del estado de Andhra Pradesh, la India, utiliza una desmalezadora que ella rediseñó para facilitar su uso a las mujeres (<http://harvestpublicmedia.org/blog/tackling-poverty-and-hunger-one-farmer-time>). Véase también: Africare/Oxfam America/Fondo Mundial para la Naturaleza (2010).

Con frecuencia las mujeres reportan una *reducción* en el tiempo que invierten en el trasplante a través del SRI una vez que adquieren las habilidades y la confianza para manejar las plántulas. El número de plántulas usadas por hectárea constituye solo del 10 % al 30 % de la cantidad empleada anteriormente y las plántulas más pequeñas son mucho más livianas y fáciles de manejar.

En la actualidad las productoras de arroz de muchos países tienen cargas laborales más grandes como resultado de la denominada “feminización de la agricultura”, que tiene lugar cuando los hombres emigran a las ciudades en busca de empleo, dejando a las mujeres que permanecen en los pueblos más trabajo agrícola por hacer.

Cuando este asunto fue estudiado en Camboya, el consenso al que llegaron las mujeres entrevistadas fue que la adopción de los métodos del SRI había aligerado su carga laboral en la producción de arroz y que los altos rendimientos obtenidos mediante dicho sistema redujeron la presión y el estrés que les generaba tener que asegurar una adecuada alimentación a sus unidades familiares (Resurrection *et al.* 2008).

Asimismo, desde Filipinas y la India se reportan *beneficios para la salud* de las mujeres derivados de la aplicación del Sistema. Este tema merece un estudio mucho mayor; no obstante, hasta el momento, los resultados reportados del uso del SRI han sido

favorables en términos del mejoramiento de la situación, la salud y la comodidad de las mujeres.

Women's Health, una ONG establecida en Filipinas que intenta minimizar los problemas de salud que enfrentan las mujeres en la provincia de Isabela, informó al autor que el trasplante y la escarda ya no se efectuaban en aguas estancadas debido a la implementación del SRI y que, como resultado de ello, la incidencia de infecciones urinarias y vaginales se había reducido. De este beneficio no se habla normalmente, pero esta ONG realizó un esfuerzo dirigido a evaluar dicho efecto (Uphoff 2003).

En el estado de Odisha, en la India, un estudio de una tesis de la Universidad de Wageningen examinó los efectos de la práctica del SRI en el bienestar físico de las mujeres. Encuestas y mediciones detalladas efectuadas en los pueblos demostraron que existe un acuerdo entre las mujeres sobre la reducida extenuación que resulta de menos malas posturas y una cantidad de trabajo total inferior por medio de los métodos de este sistema (Vent *et al.* 2016).

Adicionalmente, se ha informado que limitar el uso de pesticidas y fertilizantes químicos reduce las enfermedades de la piel, entre otros padecimientos, no solo en las mujeres, pero especialmente en su caso. Estas también reportan un beneficio indirecto, que es disponer de más tiempo para cocinar y realizar las tareas domésticas.

Un esfuerzo innovador ha sido dirigido a cuantificar los impactos físicos de la adopción del SRI en las mujeres mediante una evaluación rápida comparativa del dolor (RaCoPA). Esta utiliza métodos de evaluación rural rápida y participativa y un mapa del cuerpo (que aparece en la siguiente página) para que los aldeanos identifiquen los lugares y la intensidad del dolor en hombres y mujeres cuando efectúan el cultivo de arroz. Hubo un amplio acuerdo entre las mujeres sobre la reducción, por medio de la adopción de los métodos del SRI, de su molestia y dolor (Sabarmatee 2013).

Una conclusión de tal estudio es que el incremento en la participación de los hombres en las operaciones de producción de arroz supone una disminución del trabajo pesado de las mujeres, en términos de sus horas de trabajo y del dolor que sienten en sus cuerpos. En grupos focales hombres y mujeres reportan aumentos en el bienestar logrados a través del SRI, pero especialmente ellas, quienes ahora son capaces de prestar más atención a otros cultivos comerciales y de realizar otro trabajo generador de ingresos. Además, informaron que pueden atender mejor a los niños y las actividades domésticas.

Al mismo tiempo algunas mujeres de los grupos focales comunicaron que disfrutaban menos la producción de arroz, debido a que el trabajo en el campo ahora se realizaba más rápido, por lo que se cantaba y se socializaba menos de lo que se hacía tradicionalmente. Ello puede ser considerado como un “costo” de la introducción del SRI, aunque no fue suficiente para detener el uso y el favorecimiento de las SRI prácticas por parte de las mujeres.



Brunhilda Faminyi, habitante de Ndop, en la región norte de Camerún, sostiene unos brotes en su campo del SRI, que produjo en 2014 un rendimiento de 6.1 t/ha, es decir, tres veces mayor que el de la plantación de su vecino, quien cultivó la misma variedad de arroz, pero utilizando métodos convencionales. Esta estudiante de secundaria probó los métodos del SRI poco después de haberlos aprendido, trasplantando plántulas de trece días con un espaciado más amplio. Se calcula que los ingresos netos de su terreno crecieron más del triple como consecuencia de un menor costo de mano de obra e insumos (Fieshi 2015).



En la imagen de la izquierda, Supisra Arayaphong supervisa su parcela del SRI. La fotografía de la derecha muestra su terreno dos meses antes, en el que había implementado la AWD. Forma parte de la Thai Weekend Farmer Network, que cuenta con más de 5000 miembros que viven en la ciudad, quienes llevan a cabo actividades agrícolas de medio tiempo para mejorar su salud y la de los demás, así como la calidad del medioambiente. Renunció a su trabajo en Bangkok para dedicarse a tiempo completo a la agricultura basada en los métodos del Sistema, que son los preferidos de los miembros de la red debido a su productividad y beneficios para el medioambiente. El blog de Supisra sobre su experiencia con el SRI (Arayaphong y Bessonova 2014) recibió un premio de la oficina del sureste de Asia del CCAFS Programa de Investigación del CGIAR.

10. ¿Los conceptos y las prácticas del SRI pueden ser aplicados a otros cultivos?



*Agricultora del estado de Bihar, **India**, sostiene dos plantas de trigo de la misma edad y variedad; la de la izquierda fue cultivada aplicando los métodos del SRI adaptados, denominados SICT.*

En lugar de ser una tecnología con prácticas prescritas y fijas, el SRI es *un conjunto de principios y métodos agronómicos que promueven un mayor crecimiento de las raíces y una biota del suelo más abundante y diversa* para las plantas de arroz. Efectos beneficiosos similares en el crecimiento y el desempeño de otras plantas pueden ser previstos si los métodos de este sistema son adaptados adecuadamente a la producción de otros cultivos.

Hemos visto tales extrapolaciones y extensiones de la metodología del SRI no solo en la India, sino también en Etiopía, Mali y Nepal. Para algunos agricultores del estado de Bihar, en la India, la sigla SRI en inglés (SRI) corresponde ahora a “*System of Root Intensification*” (*Sistema de Intensificación del Desarrollo de las Raíces*). Esperamos que las aplicaciones de estos principios puedan extenderse al resto de África y a muchas otras partes del mundo.

Trigo: Como el arroz, este importante cultivo pertenece a la familia de los pastos (*gramineae* o *poaceae*), por lo que se podría esperar que responda bien a las prácticas del SRI. Cuando el People's Science Institute (PSI), una ONG con sede en el norte de la India, probó por primera vez los métodos del Sistema utilizando dos variedades de trigo en ensayos efectuados en estaciones en 2006, se registraron aumentos de 28 % y 40 % en los rendimientos, además de un incremento de 18 % en la paja producida, que es comúnmente utilizada como pienso por los productores de la región. En 2007, los aumentos en los rendimientos de veinticinco agricultores fueron de 95 % con trigo

irrigado y 63 % sin riego (Prasad 2008). En el periodo 2011-2012 el número de agricultores que practican el SICT (SRI adaptado para trigo) superó los 12 000, con un aumento en sus rendimientos del 80 % al 100 %.

PRADAN y otras ONG han extendido el SICT también en el estado de Bihar (Bhalla 2010). De 415 agricultores que lo emplearon en el periodo 2008-2009, la cantidad creció a 48 521 en dos años. En 2012 la superficie en la que se aplicó dicho sistema fue de 183 000 ha, mientras que el número de agricultores que utilizaron sus métodos fue de 400 000, con rendimientos promedio de 5.1 t/h, de acuerdo con el Departamento de Agricultura.

En Etiopía, en pequeñas parcelas de trigo ubicadas en la provincia de Tigray, los productores han obtenido por medio del SICT rendimientos de 9 t/ha a 10 t/ha. En 2009, en la provincia de Gembichu, los agricultores que aplicaban las prácticas de este sistema al trigo duro alcanzaron rendimientos que oscilaban entre 1.25 t/ha (el promedio nacional) y 8.5 t/ha.



*Comparación entre panojas de trigo de la misma variedad en la woreda de Gembichu en **Etiopía**. A la izquierda se muestran plantas cultivadas con los métodos usuales (con un promedio de 39 granos por panoja) y a la derecha, las panojas obtenidas por medio del SICT (con un promedio de 56 granos).*

Agricultores de Mali y Nepal también han puesto a prueba con éxito los métodos del SRI en sus cultivos de trigo, por lo que cabe pensar que los potenciales de rendimientos más altos a través de la gestión modificada del trigo son similares a los del arroz (<http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/wheat/index.html>).

La aplicación de los conceptos y los métodos del SRI al trigo y otros cultivos es reportada en una monografía elaborada por personas que han proporcionado liderazgo a este proceso en muchos cultivos (Abraham *et al.* 2014; SRI-Rice 2014). Ensayos efectuados

en el Instituto de Investigación Agrícola de la India (IARI) han brindado pruebas que confirman los beneficios del SICT, cuyas ventajas han sido más significativas en un año de sequía (Dhar *et al.* 2016).

Mijo africano: Varias ONG de la India han trabajado con este cultivo, de gran importancia para millones de unidades familiares: el PSI en el norte, la Fundación Verde en el estado de Karnataka, PRAGATI en el estado de Odisha y PRADAN en Jharkhand y otros estados de dicho país. Los agricultores han logrado aumentos del 100 % al 300 % en sus rendimientos por medio de la adaptación de los conceptos y los métodos del SRI a su cultivo: uso de plántulas, amplio espaciamiento, aireación del suelo e incremento de la materia orgánica, entre otros. Cinco productores que trabajaban con el PSI lograron en 2007 un aumento de 33 % en los rendimientos de este cultivo y en el año siguiente, 43 agricultores los aumentaron en 60 %. Como suele suceder, los resultados del primer año pueden ser mejorados a medida que los productores adquieren mayor conocimiento, confianza, experiencia y habilidad al respecto.



Comparación de plantas de mijo africano cultivadas con diferentes prácticas de gestión en el estado de Jharkand, la India. A la izquierda se muestra una planta de una variedad mejorada (A404), cultivada con prácticas del SRI adaptadas por el productor; en el centro, una planta de la misma variedad mejorada, pero cultivada con las prácticas usuales de siembra a voleo de los agricultores; y a la derecha, una variedad local (sin mejorar) cultivada con los métodos comúnmente usados por los productores.

En 2003, en la provincia de Tigray, Etiopía, una adulta mayor, quien utilizó por su propia cuenta prácticas muy similares a las del SRI en su cultivo de mijo africano, obtuvo un rendimiento de 7.5 t/ha, varias veces más alto que el logrado usualmente en su región (Araya *et al.* 2013). Desde entonces las adaptaciones de las ideas de este sistema a tal cultivo en Tigray se han extendido, con rendimientos de 3.5 t/ha a 4 t/ha, y no de 1 t/ha,

como los conseguidos mediante la siembra al voleo, por lo que esta metodología se está volviendo la práctica estándar en la región de Axum. Esperamos que los rendimientos del mijo africano puedan incrementarse significativamente por medio de los métodos del SRI, dado que este es un cultivo de vital importancia para personas pobres de la India y África.

Caña de azúcar: En 2004 varios agricultores de los estados de Andhra Pradesh y Karnataka, en la India, empezaron a adaptar sus métodos del SRI a la producción de caña de azúcar, obteniendo rendimientos de hasta 100 t/ha, donde anteriormente se lograban de 30 t/ha a 60 t/ha. Ello motivó al Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF), junto con el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para Zonas Tropicales Semiáridas (ICRISAT), a preparar y publicar en 2009 un manual para la aplicación de los conceptos del SRI al cultivo de caña de azúcar, intitulado “Iniciativa para el cultivo sostenible de la caña de azúcar” (SSI). Los métodos ofrecieron mejoramientos del 20 % al 100 % en los rendimientos, con 30 % menos de agua y una aplicación 25 % menor de fertilizantes y agroquímicos.

Una pequeña empresa de la India, conocida como *AgSRI*, con sede en Hyderabad, fue establecida para fomentar la SSI y el SRI a una escala mayor, enfocándose primero en el estado de Maharashtra: <http://www.agsri.com/ssi.html>. Las experiencias de los productores con la SSI son reportadas en Gujja *et al.* (2012). AgSri empezó a brindar asesoramiento sobre la introducción de la SSI en Belice, Cuba, Kenia y Tanzania, así como en otros estados de la India.



SSI caña de azúcar en India

Frijoles y legumbres: En 2006 el PSI comunicó que cinco agricultores lograron un incremento promedio de los rendimientos de 43 %, cuando adaptaron los métodos del SRI al *rajma* (nombre local de los frijoles rojos). Con 113 productores aplicando estos métodos en 2007 y aprendiendo de la experiencia del primer año, el mejoramiento promedio en el rendimiento fue de 67 %. Ello contribuyó a introducir varias adaptaciones similares, ya que los agricultores que trabajaban con el PSI ampliaron su experimentación y evaluación a otros cultivos como *la soja*, *el maíz*, *las arvejas*, *las lentejas* y *el sésamo* en los estados de Uttarakhand y Himachal Pradesh.

En el estado de Karnataka la *Fundación Agricultura-Humano-Medioambiente* (AMEF) ha trabajado con agricultores en la aplicación de los métodos del SRI al *guandú*: http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/otherSCI/InKarnSCIRedGram_AME2011.pdf). En el estado de Tamil Nadu la iniciativa del *Sistema de Intensificación del Cultivo de Leguminosas* (SICL) del Departamento de Agricultura, dirigida a aumentar la producción de dicho cultivo, recibió un premio nacional en 2014 (Ramakrishnan y Kolappan 2014).

Tef: El rendimiento normal de este cereal cultivado y consumido en Etiopía es de ~1 t/ha, cuya siembra suele realizarse al voleo, con una reducida gestión posterior. Sin embargo, cuando es cultivado utilizando prácticas adaptadas del SRI, como plántulas trasplantadas a espacios de 20 cm x 20 cm, uso de fertilización orgánica y aplicación periódica de pequeñas cantidades de agua, sus rendimientos pueden ser de 3 t/ha a 5 t/ha o incluso más altos, por medio del denominado Sistema de Intensificación del Cultivo del *Tef* (SICT, una segundo SICT).

Luego de varios años de demostraciones exitosas, la Agencia de Transformación Agrícola (ATA) del Gobierno de Etiopía trabaja ahora para popularizar una versión simple del SICT: <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/teff/index.html>. Ella se basa en *la siembra directa*, en lugar de hacerlo en el trasplante de plántulas, pero utiliza un amplio y regular espaciamiento entre las plantas, materia orgánica mejorada y nuevas variedades favorables. El mejoramiento de sus rendimientos es de solo 70 %, comparado con el de 100 % a 200 % o más alcanzado con una buena gestión del SICT. No obstante, se requiere mucho menos mano de obra y gestión de cultivos con lo que yo llamo “SICT ligero”. La ATA reporta que el número de usuarios de este SICT simplificado fue de más de 1.7 millones en el periodo 2013-2014 y se espera que cinco millones lo utilicen en el periodo 2014-15: <https://www.slideshare.net/SRI.cornell/1511-the-system-of-tef-intensification>



Plantas de tef cultivadas con los métodos del SRI en exhibición en un día de campo en la provincia de Tigray, Etiopía.

Mostaza: Este cultivo, conocido también como colza, *raps* o canola, responde muy bien a la gestión del SRI. Los rendimientos del Sistema de Intensificación del Cultivo de la Mostaza son de casi 3 t/ha y en ocasiones más altos, lo que difiere significativamente de los rendimientos usuales de 1 t/ha. Véanse la página web y el manual sobre en: <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/otherSCI/index.html#mustard>; http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/otherSCI/In_SMI/mustard_Pradan.pdf.

En el estado de Bihar, en la India, es conocido como el *Sistema de Intensificación de las Raíces*, ya que las ideas del SIC han sido extendidas a los cultivos de tomate, berenjena y chile, entre otros. Algunos productores del estado de Tamil Nadu han desarrollado un “sistema de intensificación del cultivo de la cúrcuma”, que aplica las ideas del SRI a este cultivo, realizado a partir de rizomas, y que duplica su ingreso neto por hectárea.

En Etiopía la aplicación de los conceptos y las prácticas del SRI a una variedad de cultivos de secano, entre los que se incluyen el sorgo, el maíz, la cebada, la lechuga y el repollo, se denomina “*plantación con espacio*”, un término que parece más fácil de explicar a los productores que el SRI o el SIC. Véase una discusión sobre este tema en Araya *et al.* (2013).

Mayor imaginación han mostrado algunos agricultores tribales del estado de Jharkhand, en la India, quienes han extendido su experiencia sobre el SRI más allá de la gestión de las plantas, a fin de aumentar sus recolecciones de *laca*, un producto entomológico. Asimismo, unos productores de Camboya han vinculado su experiencia del SRI a la cría de *pollos*. A través de una mejor gestión de pocas aves, las unidades familiares han producido más carne y huevos con un número inferior de animales. Los productores ven su obtención de “más a partir de menos” como una manifestación de los principios del SRI. Estas y toda la gama de innovaciones del SIC son discutidas en SRI-Rice (2014).

Todas estas estrategias de gestión están dirigidas a capitalizar los procesos y los potenciales biológicos que son desaprovechados debido al pensamiento “industrial” que actualmente da forma a las recomendaciones para mejorar la agricultura. Los productores en varios países están hallando formas productivas, rápidas y económicas de mejorar sus actividades agrícolas, reflexionando sobre su experiencias con el cultivo de arroz por medio del SRI y extrapolando ideas de este sistema para incrementar su producción e ingresos a través de otros cultivos.



*Jóvenes agricultores sostienen una planta de mostaza cultivada con una sola semilla, utilizando los métodos del SIC, en una parcela de demostración de la ATMA, ubicada en el pueblo de Manpur, en el distrito de Gaya del estado de Bihar, la **India**.*

11. ¿Cuál es la importancia de los filocronos para el desempeño del SRI?

El abundante macollamiento de las plantas del SRI puede ser mejor comprendido considerando los efectos de los *filocronos*, una periodicidad poco conocida en el crecimiento de las plantas de arroz que regula y determina su último número de brotes y raíces. En la temporada de 1983-1984, cuando el padre Laulanié supo prácticamente por accidente que mediante el trasplante de plántulas muy jóvenes se pueden cultivar plantas de arroz más robustas y productivas, ello era difícil de explicar, ya que se trataba de una observación empírica (Laulanié 1993).

Sin embargo, cuatro años después, el padre Laulanié supo acerca de los filocronos por medio de un libro sobre ciencia del arroz que presentaba este concepto (Moreau 1986), que fue el resultado de una investigación realizada entre los años veinte y los treinta por T. Katayama, un científico agrónomo japonés. Desafortunadamente, los hallazgos de su investigación no fueron publicados hasta después de la Segunda Guerra Mundial (Katayama 1951) y nunca han sido traducidos al inglés, por lo que no son ampliamente conocidos fuera de Japón.

La discusión más detallada disponible en inglés sobre los filocronos se encuentra en Nemoto *et al.* (1995) y está resumida en Stoop *et al.* (2002). No se menciona el término “filocronos” en el diccionario Oxford de ciencias botánicas, que tiene más de 6000 entradas (Allaby 1998). En la traducción al inglés de la enciclopedia japonesa de ciencias del arroz se dedica una corta sección a este tema (Matsuo *et al.* 1993).

A través de sus estudios sobre el arroz, el trigo y la cebada, Katayama descubrió una regularidad en la forma en que los brotes y las raíces emergían del tejido meristemático, ubicado en la base de la planta de estos cultivos. Documentó un *patrón* interesante en la manera en que esa especie perteneciente a la familia de las gramíneas (*gramineae/poaceae*) crecía, el cual se describe más adelante.

Entender el funcionamiento de los filocronos ayuda a explicar por qué el trasplante de las plántulas de arroz *antes de los quince días de edad* puede propiciar una mayor respuesta de crecimiento a todas las otras prácticas de gestión de cultivos, en comparación con las plántulas trasplantadas a una mayor edad, esto es, luego de la aparición del cuarto filocrono. El desarrollo y la longitud de los filocronos son determinados por múltiples factores que se discuten más adelante.

El término filocrono combina dos palabras griegas: *phyllo* y *chron*, que significan hoja y tiempo, respectivamente. Hace referencia a un *intervalo de tiempo* durante el cual la hoja de una planta, junto con una raíz y un brote asociado, emerge del tejido meristemático de la planta, que produce nuevas células que generan órganos vegetales. Este tejido generativo derivado de la semilla de la planta de arroz se localiza en la base de la planta o cerca de la superficie del suelo, entre el sistema de raíces de la planta y su follaje.

Además del cuarto filocrono, múltiples unidades de hojas y sus raíces y brotes asociados surgen al mismo tiempo, es decir, durante un *periodo* que es determinado por un filocrono. El siguiente diagrama explica con mayor claridad lo anterior.

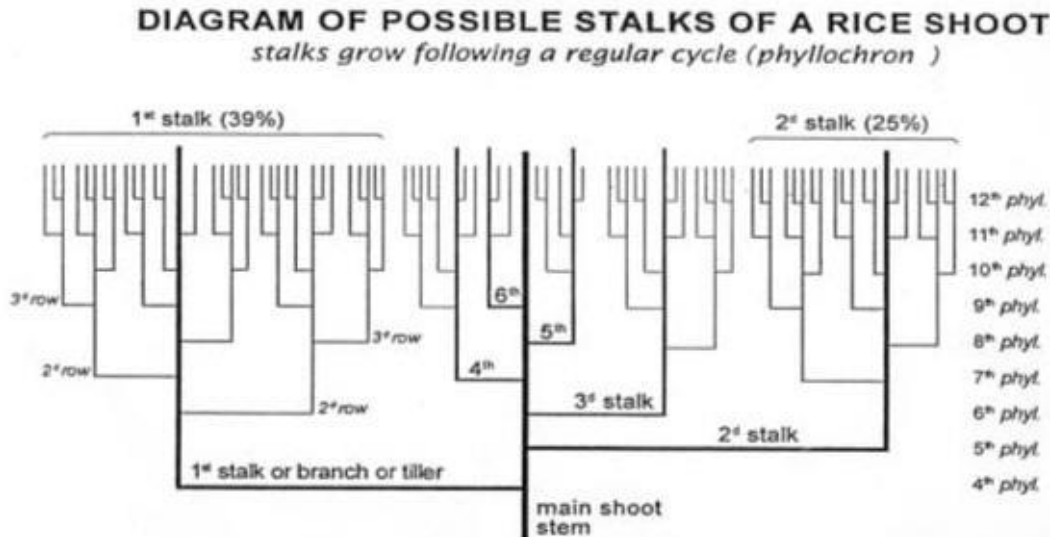


DIAGRAMA DE TALLOS POSIBLES DE UN BROTE DE ARROZ
Los tallos crecen siguiendo un ciclo regular (filocrono).

Primer tallo (39 %); Segundo tallo (25 %); Tercera hilera; Segunda hilera; Tercer tallo; Segundo tallo; Primer tallo, rama o brote; Cuarto fitomero; Quinto fitomero; Sexto fitomero; Séptimo fitomero; Octavo fitomero; Noveno fitomero; Décimo fitomero; Undécimo fitomero

Una unidad de una hoja, junto con un brote y una raíz, que emerge de manera simultánea y es denominada *fitomero*, crece hacia arriba y hacia abajo desde el meristemo de la planta, en la base visible de esta. Al mismo tiempo que las hojas y los brotes de una planta crecen hacia arriba en el aire, sus raíces crecen hacia abajo en el suelo. Las raíces provienen de los mismos procesos de división celular que dan origen a las hojas y los brotes.

La duración de un filocrono de arroz puede variar considerablemente de:

- **Cuatro días**, si las condiciones de crecimiento son las ideales, esto es, si la planta no enfrenta ningún tipo de estrés que ralentice o impida su crecimiento, a:
- Un periodo de **ocho a diez días**, si las condiciones de crecimiento de la planta son desfavorables, ya que esta está sujeta a diversas clases de estrés como temperatura, agua y compactación del suelo, entre otros.

Cuando las condiciones de crecimiento son buenas, con temperaturas favorables, agua y luz solar suficientes, disponibilidad adecuada de nutrientes en el suelo, bastante espacio alrededor de las raíces y el follaje, y suelo blando que permite el crecimiento de

las raíces, un filocrono puede ser de cinco a seis días, mientras que la planta puede completar diez, once o doce periodos de crecimiento de filocrono antes de que: (a) la etapa inicial de su *crecimiento vegetativo* llegue a su término y (b) pase a su *etapa reproductiva*, desde el inicio de la panoja hasta la floración y el espigado y, posteriormente, (c) inicie la formación y el llenado del grano y su maduración, cuando este se encuentra listo para ser cosechado.

- Durante el **primer filocrono** de una planta de arroz, es decir, su primer ciclo de surgimiento de brotes y raíces del meristemo, su primer fitomero (unidad funcional de hoja/brote/raíz) es generado desde la semilla. Mientras la primera raíz de la planta crece hacia abajo, el primer brote, con su hoja bandera, empieza a crecer hacia arriba. Este *brote principal* es representado en el diagrama por la línea vertical central.
- En el transcurso del **segundo y el tercer filocronos** la planta no produce fitomeros adicionales desde el tejido meristemático ubicado en su base, lo que constituye un *tiempo de inactividad aparente*. Si las condiciones de crecimiento son razonablemente buenas y la duración del filocrono es de cinco días, este periodo se extiende desde cerca del quinto día hasta aproximadamente el decimoquinto día posterior a la germinación.
- Durante el **cuarto filocrono** un segundo brote con una hoja y una raíz asociadas aparece desde de la base del brote principal original, el cual constituye el *primer brote principal*, representado en el diagrama por la línea horizontal más inferior a la izquierda.
- En el **quinto filocrono** otro fitomero que contiene el *segundo brote principal* surge, llegando así a tres el número total de brotes. En el diagrama este está representado por la línea horizontal más inferior a la derecha.
- En el transcurso del **sexto filocrono** el crecimiento empieza a acelerarse, cuando *dos fitomeros más* son producidos desde el tejido meristemático de la base de la planta –un *tercer brote principal* desde la base del brote principal y un *primer brote secundario* desde la base del primer brote principal.
- Durante el **séptimo filocrono** tres fitomeros más aparecen –un *cuarto brote principal*, junto con *dos brotes secundarios más* desde las bases de los brotes principales primero y segundo, respectivamente. Esta aparición simultánea de brotes principales y secundarios es visible en el diagrama anterior. Aunque el surgimiento del primer brote principal desde el brote primario toma tres filocronos, en lo sucesivo los brotes comienzan a surgir de cada brote justo *dos filocronos después de la aparición del brote padre*.
- Durante el **octavo filocrono** surgen cinco fitomeros más –un brote principal más (el quinto), *tres brotes secundarios más* desde los brotes principales segundo, tercero y cuarto, y un *primer brote terciario* de la base del primer brote secundario, que se

ramificó desde la base del primer brote principal. Aunque es complicado describirlo con palabras, lo anterior puede ser comprendido con facilidad de manera visual utilizando el diagrama anterior, que el padre Laulanié elaboró con base en su estudio sobre el trabajo de Katayama.

La estructura y la lógica del diagrama se aclaran mediante el estudio de los números mostrados en el siguiente cuadro. Desafortunadamente, *en la actualidad muy pocas plantas de arroz completan los doce ciclos de crecimiento antes de pasar a la etapa reproductiva y comenzar a florecer*, empezando a formar espiguillas, es decir, granos potenciales que si son fertilizados y nutridos, se convierten en granos. En las condiciones ideales y con filocronos muy cortos, más de doce ciclos pueden ser completados antes del inicio de la panoja, cuando la planta entra a sus etapas reproductivas.

Patrón de surgimiento de brotes de arroz en una secuencia de doce filocronos
Secuencia de filocronos

Brotos	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º	7.º	8.º	9.º	10.º	11.º	12.º	Total
Brote principal	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1.ª hilera de brotes	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	6
2.ª hilera de brotes	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	5	26
3.ª hilera de brotes	0	0	0	0	0	0	0	1	3	6	10	15	35
4.ª hilera de brotes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	10	15
5.ª hilera de brotes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
N.º de brotes en cada periodo	1	0	0	1	1	2	3	5	8	12	20	31	84
N.º de brotes en tres filocronos	1 ($1 = 4^0$)			4 ($4 = 4^1$)			16 ($16 = 4^2$)			63 ($63 = 4^3 - 1$)			
N.º acumulado de brotes	1	1	1	2	3	5	8	13	21	33	53	84	

Fuente: Laulanié (1993).

Condiciones de crecimiento menos que óptimas disminuyen el ritmo de crecimiento de la planta de arroz y extienden la duración de cada uno de sus filocronos a siete, ocho, nueve o quizás diez días. Esto significa que solo de seis a nueve periodos de crecimiento serán completados antes de que la planta cese su dinámica de crecimiento vegetativo y comience sus procesos reproductivos de formación de panojas, floración, etc. *Cuantos más filocronos de crecimiento la planta pueda completar antes de iniciar sus actividades reproductivas, más brotes, panojas potenciales y raíces asociadas tendrá.*

Que una planta de arroz pueda mantener *un ritmo rápido de crecimiento con filocronos cortos* y completar diez, once o incluso doce ciclos de filocronos antes de empezar su reproducción y formación de granos – ser capaz de producir 33, 53 o incluso 84 brotes, respectivamente – dependerá de las condiciones en las que crece la planta, esto es, de cuán favorables sean las condiciones que se analizan a continuación.

Las plantas que están juntas reciben menos luz solar y deben competir por los nutrientes del suelo, lo que limita el surgimiento semiexponencial de los brotes que se muestra en el diagrama y en el cuadro de arriba, combinado con el correspondiente crecimiento de las raíces. Además, cuando el suelo se mantiene continuamente inundado, las raíces de las plantas se deterioran debido a la falta de oxígeno (Kar *et al.* 1974), por lo que no pueden sostener un rápido y abundante crecimiento de los brotes o la posterior producción de granos.

Los lectores habrán podido notar que el patrón de macollamiento indicado en el cuadro corresponde a lo que se conoce en los campos de la matemática y la biología como la *sucesión de Fibonacci*, en la que *el número que surge en cada periodo es la suma de los dos periodos anteriores*: $1 + 1 = 2$, $1 + 2 = 3$, $2 + 3 = 5$, $3 + 5 = 8 \dots$ ² El número de brotes producidos en cada periodo es aproximadamente $2/3$ mayor que el de los que aparecieron en el periodo anterior³. En la naturaleza tal regularidad matemática es digna de atención.

Una planta de arroz que puede completar los doce filocronos de crecimiento antes de que finalice su etapa vegetativa e inicie su etapa reproductiva, comenzando con el inicio de la panoja, puede generar hasta 84 brotes, como se muestra en el diagrama y en el cuadro anteriores. Dicha planta presentaría un *sistema de raíces igualmente abundante*, ya que sus raíces surgen de las mismas células del meristemo que pasan por la división celular y la diferenciación para producir brotes y hojas que forman el follaje de la planta bajo tierra o en la superficie. Si las plantas de arroz son trasplantadas durante el cuarto filocrono o incluso durante filocronos posteriores, su subsiguiente producción de fitomeros se desacelera y disminuye. Por lo tanto, cuando inician su etapa reproductiva, presentan menos brotes, hojas y raíces.

Lo descrito aquí constituye una presentación mecanicista de un proceso biológico. Ciertas plantas no necesariamente crecen de manera tan matemática como la indicada

² Esta secuencia es bien conocida en el ámbito internacional por el argumento de la novela intitulada *El código Da Vinci*, escrita por Dan Brown, que alcanzó un gran éxito comercial en 2003.

³ Laulanié (1992) calculó que este patrón de incrementos en el número de brotes proporcionaba el siguiente conjunto de fracciones, con un cociente promedio de 1.66 ($1\frac{2}{3}$): $3/2 = 1.5$; $5/3 = 1.66$; $8/5 = 1.6$; $12/8 = 1.625$; $21/12 = 1.615$; $33/20 = 1.65$, $53/31 = 1.7$. “Estos números indican el ritmo prácticamente constante con el que se producen los nuevos brotes. Cada filocrono genera casi dos tercios del número de brotes ya presentes. Estos índices empiezan algo más bajos (1.5) y se vuelven más altos (1.7 y 1.75), pero representan un rango bastante limitado”. Como se explica más adelante, la matemática pura de una secuencia de Fibonacci es modificada por las limitaciones físicas de espacio que presenta la base de una planta de arroz.

en el modelo presentado. En primer lugar, la duración de sus filocronos no siempre es tan uniforme. Además, en la práctica los brotes de arroz aumentan de acuerdo con *una sucesión de Fibonacci modificada*, no perfecta: doce periodos deben producir hipotéticamente 89 brotes, en lugar de 84. Al parecer esta discrepancia se debe a la congestión física presente en la base de la planta de arroz, que evita que el surgimiento de los brotes (y las raíces) del tejido meristemático alcance su valor hipotético máximo.

El trasplante de las plántulas de arroz durante su segundo o tercer filocrono de crecimiento, esto es, más o menos entre el quinto y el decimoquinto día, representa una *oportunidad* para efectuar la mejor gestión de las plantas. Si el trasplante se realiza durante este periodo relativamente inactivo, sus raíces sufrirán menos daño, por lo que cuando continúen con su crecimiento luego del trasplante, estas plantas producirán con más rapidez una cantidad mayor de fitómeros (unidades de brote, hoja y raíz).

Sabemos que cuando el trasplante se efectúa luego de aproximadamente el decimoquinto día (la fecha exacta depende de la duración de los filocronos, que es variable), las plantas no experimentan un crecimiento tan significativo o tan rápido. Los factores que reducen (o extienden) los filocronos, discutidos en Nemoto *et al.* (1995), se presentan de manera analítica en el siguiente cuadro.

Hasta aquí esta discusión se ha llevado a cabo desde la perspectiva de los agricultores y no desde la de las plantas, abordando su crecimiento en cuanto a *días*. Pensando en términos biológicos y no de calendario, debemos hablar de la *fase de hojas*, es decir, del número de hojas que han surgido a medida que la joven planta crece desde su semilla. Según la teoría y la práctica del SRI, las “plantas jóvenes” son *plántulas en su fase de hojas de dos a tres*, que tienen al menos dos de ellas pero aún carecen de la tercera.

En el siguiente cuadro se presenta de manera analítica mi comprensión del crecimiento y la gestión de las plantas. El concepto en el que se sustenta esta presentación es el de que el crecimiento de las plantas de arroz continúa de acuerdo con cierto tipo de “*reloj biológico*”, que marcha más rápido o más lento dependiendo de *la totalidad de condiciones de crecimiento favorables y/o desfavorables*. En términos operativos este es regulado por la velocidad con que las células de la planta crecen, se alargan y dividen.

Factores que influyen en la duración de los filocronos de crecimiento del arroz

Factores de crecimiento	Influencias positivas	Influencias negativas
Factores que echan a andar el “reloj biológico” →	Más rápidamente	Más lentamente
Factores que vuelven los filocronos de las plantas →	Más cortos	Más extensos

Factores climáticos y de temperatura

Temperatura	Temperaturas más cálidas	Temperaturas más frías
	El metabolismo y el crecimiento y la división celular son más rápidos con una cantidad mayor de calor.	El metabolismo y el crecimiento y la división celular son más lentos con una cantidad inferior de calor.
Variación día-noche	Clima templado	Clima tropical
	Grandes diferenciales de temperatura diurna y nocturna reducen la respiración de las plantas durante la noche, lo que permite el almacenamiento de más carbohidratos.	Una pequeña diferencial de temperatura diurna y nocturna favorece la continua respiración de las plantas durante la noche y una menor acumulación de carbohidratos.
Duración del día	Días más largos	Días más cortos
	Una mayor radiación solar estimula la fotosíntesis en las hojas.	Una inferior radiación solar brinda menos energía (fotones) para la fotosíntesis de las hojas.

Factores de gestión de las plantas

Espaciamiento	Amplio espaciamiento	Escaso espaciamiento
	Una única planta/montículo y menos plantas/m ² reducen la competencia entre las raíces y mejoran el crecimiento del follaje.	Muchas plantas/montículo y más plantas/m ² aumentan la competencia entre las raíces y reducen el espacio para el crecimiento del follaje.
Energía solar en la que influye el espaciamiento	Exposición a la luz solar	Sombra
	Existen más oportunidades para que tenga lugar la fotosíntesis y se da una mayor aireación en el follaje.	Se dan menos oportunidades para que ocurra la fotosíntesis, con una reducida aireación en el follaje.

Factores de gestión del agua

Humedad del suelo	Condiciones húmedas	Sequedad/sequía
	La irrigación intermitente satisface las necesidades de agua de la planta, mientras que la no inundación contribuye a la aireación del suelo.	Un suministro de agua inadecuado produce mucho estrés en el crecimiento de las raíces de las plantas y la evapotranspiración del follaje.
Aireación del suelo	Disponibilidad de oxígeno	Hipoxia (déficit de oxígeno)
	Favorece el crecimiento de las raíces de las plantas y las comunidades microbianas aeróbicas del suelo.	Retarda el crecimiento de las raíces y causa su deterioro. Únicamente comunidades microbianas anaeróbicas viven en el suelo.

Gestión del suelo y los nutrientes

Estructura del suelo	Permeabilidad/friabilidad	Compactación
	Facilita el crecimiento de las raíces; el crecimiento profuso de los organismos del suelo es apoyado por el O ₂ óptimo y el agua.	El crecimiento de las raíces es limitado; el crecimiento y la diversidad de los organismos del suelo se ven afectados por un suelo carente de O ₂ y agua.
Suministro de nutrientes	Adecuado/completo	Limitado/desequilibrado
	El requerimiento de nutrientes de las plantas puede ser satisfecho para mantener un metabolismo óptimo.	El crecimiento de las raíces y los brotes es limitado.
Materia orgánica del suelo	Abundante	Escasa
	Las condiciones del suelo apoyan la diversidad y la abundancia de las comunidades microbianas en el suelo, que mejoran la nutrición y la protección de las plantas.	El crecimiento y la productividad de las comunidades microbianas en el suelo se ven afectados por un suministro excesivo de nutrientes inorgánicos y/o un suministro de nutrientes orgánicos demasiado reducido.

Se deben realizar más investigaciones sobre los filocronos y sus implicaciones para el crecimiento del cultivo de arroz. Ya se han explorado de manera considerable en el trigo (por ejemplo, véase una edición especial de *Crop Science*, 35:1, 1995) y en los pastos forrajeros, especialmente en Australia; sin embargo, se ha prestado poca atención a los filocronos del arroz, excepto por parte de los expertos de Japón y China, donde son bien conocidos. En el mundo de habla inglesa no ocupan un lugar destacado en estudios de las ciencias botánicas, probablemente debido a que las investigaciones originales sobre los filocronos no han sido traducidas al inglés.

Se han llevado a cabo considerables investigaciones siguiendo perspectivas similares en términos de *días-grados*; sin embargo, no guardan una relación tan estrecha con un entendimiento de la fisiología y la morfología vegetal como el análisis efectuado sobre los filocronos. En el caso del SRI, una comprensión de los filocronos ayuda a explicar por qué el uso de plántulas tiene un efecto tan positivo, validado de manera empírica (Uphoff y Randriamiharisoa 2002). El rápido macollamiento y crecimiento de las raíces, que tiene lugar cuando todas las prácticas del Sistema son utilizadas de manera conjunta, no es percibido cuando se emplean plántulas de mayor edad o cuando las plantas de arroz son cultivadas en condiciones de inundación continua, con raíces que se deterioran y filocronos prolongados. Esperamos que esta área sea el enfoque de amplias investigaciones, como las reportadas por Veeramani *et al.* (2012).

En Indonesia el crecimiento de las plantas de arroz con 223 brotes (página 133) habría estado en su decimoquinto filocrono (ciclo) de crecimiento antes de detener su crecimiento vegetativo. No todos estos brotes se habrían convertido necesariamente en brotes eficaces (fértils), formando panojas con granos. No obstante, la capacidad de las plantas de arroz para ser extraordinariamente productivas no debe ser ignorada o desestimada solo porque la mayoría del tiempo, en condiciones de crecimiento menos que óptimas, producen menos raíces, brotes, panojas y granos que los que son capaces de generar en mejores condiciones, en las que los filocronos son más cortos y el crecimiento se acelera.

Abajo se presenta una fotografía de una planta con 98 panojas, tomada por un colega del SRI en Nepal. Dicha planta habría estado en su decimotercer filocrono de crecimiento (surgimiento de brotes y raíces) cuando entró en su etapa reproductiva. En 2004, cuando se encontraba en Sri Lanka, el autor sostuvo en su mano una panoja de arroz cultivada por un exitoso productor de agricultura orgánica, con 930 granos (página 53), dos veces lo que la mayoría de las personas habría probablemente considerado como el número máximo de granos obtenible mediante una sola panoja. Esta fue la panoja más grande producida por Premarathne esa temporada y, por consiguiente, un caso atípico. Sin embargo, ese año el tamaño promedio de las panojas en su campo del SRI fue de aproximadamente cuatrocientos granos.

Aún queda mucho por aprender sobre la planta de arroz y su potencial productivo. Proporcionar las condiciones de crecimiento favorables enumeradas en el cuadro

anterior puede reducir la duración de los filocronos y aumentar la cantidad de filocronos de crecimiento que las plantas completan durante su etapa de crecimiento vegetativo. Mejorar nuestros conocimientos sobre esta dinámica, que puede acelerar el crecimiento de las plantas de arroz, impulsará el avance de la ciencia y la práctica de este cultivo.



*Esta planta de arroz con 98 brotes fértiles, cultivada en la región de Terai, **Nepal**, pasó por más de doce filocronos de crecimiento antes del inicio de su panoja.*

SRI RAGI (FINGER MILLET), Rabi 2004-05
60 days after sowing – Varieties 762 and 708



Results of trials being done by ANGRAU

VR 762

VR 708

*Age at which seedlings were transplanted from nursery

Diapositiva mostrando el “efecto filocrono” en el mijo africano (Eleusine coracana). En ensayos agronómicos realizados en dicha Universidad, dos variedades de esta planta fueron trasplantadas como plántulas de diez, quince o veintiún días de edad. El crecimiento de sus raíces fue comparado a los sesenta días de su trasplante.

12. ¿Cómo el SRI ha sido difundido entre los países y dentro de ellos?

El SRI es una *innovación de la sociedad civil*, pues no se originó mediante los canales usuales de investigación científica agrícola, circunstancia a la que, en parte, podría deberse la resistencia a este sistema por parte de la comunidad científica. El padre Laulanié lo estableció a través de varias décadas de trabajo con agricultores, quienes buscaban maneras simples, económicas y accesibles de incrementar la productividad de su tierra, mano de obra, agua, semilla y capital en el cultivo de arroz irrigado. Los conocimientos que adquirió trabajando con las plantas de arroz y con los agricultores se ha extendido a la producción de arroz sin irrigación (páginas 98-100) e incluso a otros cultivos (páginas 158-163). El SRI no es una tecnología típica que se puede difundir de la misma forma en que lo han hecho la mayoría de las innovaciones agrícolas en décadas recientes.

En un principio los agrónomos del Gobierno de Madagascar y los representantes del IRRI en dicho país mostraron poco interés en el SRI, por lo que la responsabilidad de evaluar sus métodos y de difundirlos debió ser asumida por la ATS, la ONG que el padre Laulanié y sus colegas malgaches establecieron en 1990 (<http://www.tefysaina.org/>), con vínculos a otras ONG y a una variedad de grupos religiosos e individuos.

Desde 1994 la ATS y el CIIFAD (<http://cals.cornell.edu>) comenzaron a trabajar de manera conjunta en la evaluación y la demostración de los métodos del SRI. Sin embargo, no fue sino hasta 1997 que el CIIFAD empezó a motivar a las personas para que se interesaran en el Sistema, luego de tres años de obtener resultados muy positivos en los alrededores del Parque Nacional Ranomafana.

En 1998 estos socios comenzaron a trabajar con profesores y estudiantes de la Facultad de Agricultura (ESSA) de la Universidad de Antananarivo. Seis estudiantes enfocaron sus trabajos de investigación para su tesis en el SRI, con el apoyo del CIIFAD. En 1999 se recibió una pequeña subvención de la Fundación Rockefeller, por medio del CIIFAD, para llevar a cabo una evaluación del Sistema en Madagascar a través de un consorcio compuesto por la ATS, investigadores universitarios y Bruno Andrianaivo, un especialista en el cultivo del arroz del *Centro Nacional de Investigación Aplicada al Desarrollo Rural* (FOFIFA).

Desde entonces este tipo de colaboración multisectorial entre una ONG, una universidad, el Gobierno y otros actores se convirtió en un método típico para difundir el SRI.

En 2001 el CIIFAD, en colaboración con la ATS, estableció un sitio web para compartir información sobre el SRI alrededor del mundo. En la actualidad *SRI-Rice* (<http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/aboutus/index.html>) administra esta página, con el auspicio de la Oficina de Programas Internacionales de la Facultad de Agronomía y Ciencias Biológicas (CALs) de la Universidad Cornell. SRI-Rice fue establecido gracias a un aporte financiero de la Fundación Better U de Los Angeles, California, que brindó respaldo de 2010 a 2013.

Dos ONG que apoyan la agricultura sostenible con pocos insumos: LEISA, con sede en los Países Bajos (ahora llamado AgriCultures: <http://www.agriculturesnetwork.org/>) y ECHO, con sede en Florida (<http://echonet.org/>), ofrecieron asistencia temprana en el proceso de difusión mediante la publicación de artículos sobre el SRI: Rabenandrasana (1999) y Berkelaar (2001). En 2013 LEISA preparó una publicación especial sobre el Sistema, cuya edición principal se realizó en inglés (<http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/sri>) y cuyas ediciones regionales fueron publicadas en inglés desde Bangalore para el sur de Asia y desde Nairobi para el este de África; en francés desde Dakar para el oeste de África; en español desde Lima para América Latina; y en chino desde Kunming para China.

Representantes de la ATS y del CIIFAD y cada vez más socios de varios países han realizado presentaciones sobre el SRI en foros y seminarios internacionales y nacionales como:

- La **Conferencia Regional del Sudeste Asiático** sobre Agricultura Sostenible y Gestión de los Recursos Naturales, efectuada en 2002 en Chiangmai, Tailandia, y organizada por la Universidad Agrícola de Hohenheimu, Alemania.
- Las ediciones del **Congreso Internacional sobre el Arroz (IRC)** (celebradas en Beijing en 2002, en Nueva Delhi en 2006, en Hanoi en 2010 y en Bangkok en 2014, y organizadas por el IRRI).
- Las **reuniones regionales sobre el arroz en América Latina** realizadas en Cuba en 2002 y 2008, y una conferencia regional sobre agricultura orgánica llevada a cabo en ese mismo país en 2003.
- La **conferencia inaugural del Año Internacional del Arroz 2004**, celebrada en la FAO, Roma, y el **Congreso Mundial de Investigación sobre el Arroz**, efectuado en Tsukuba, Japón, organizado por el IRRI y el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca (MAFF) de Japón.
- Las **conferencias de la Asociación Internacional de Sistemas Agrícolas (IFSA)** realizadas en Orlando, Florida en 2004 y en Roma en 2005.
- La **XXI Reunión de la Comisión Internacional del Arroz**, organizada por la FAO en Chiclayo, Perú en 2006.
- La **XIII Reunión de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (CDS)**, llevada a cabo en 2008 en la ciudad de Nueva York, y una reunión entre periodos de sesiones de la CDS efectuada en Windhoek, Namibia y una reunión preparatoria de seguimiento, realizada en la ciudad de Nueva York en 2009.
- Las **reuniones octava y décima de la Paddy and Water Environment Engineering Society (PAWEES)** celebradas en Bogor, Indonesia en 2009 y en Taipei, Taiwán en 2011.

- Las **conferencias agrícolas anuales de la ECHO** efectuadas en Ft. Myers, Florida en 2010 y 2013 y las **conferencias agrícolas regionales de la ECHO** realizadas en Chiangmai, Tailandia en 2009 y en Ouagadougou, Burkina Faso en 2011.
- Las **conferencias internacionales de Biovision** llevadas a cabo en la Biblioteca de Alejandría, Egipto, en 2010, 2012 y 2014, por invitación del Dr. Ismail Serageldin, ex vice-presidente del Banco Mundial y ex presidente del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR).
- Las **reuniones anuales de la Sociedad para la Conservación del Suelo y del Agua (SWCS)**, realizadas en 2010 en San Luis, Misuri y en 2011 en Washington D. C.
- El **Simposio Internacional sobre la Erradicación del Hambre**, auspiciado por la Agencia Francesa de Desarrollo, efectuado 2011 en el College de France, París.
- El **Foro Global sobre Seguridad Alimentaria** llevado a cabo en 2012 en Rabat, Marruecos.
- La **Segunda Conferencia Mundial sobre Investigación Agrícola para el Desarrollo (GCARD2)**, celebrada en 2012 en Punta del Este, Uruguay.
- La cumbre internacional sobre seguridad alimentaria del “**Club de Roma**” organizada por la Asociación India de dicho club, que se llevó a cabo en Nueva Delhi en 2014.
- La **Tercera Conferencia Internacional sobre Agricultura Climáticamente Inteligente**, celebrada en 2015 en Agrópolis, Montpellier, Francia.

Personas de distintos países han mostrado interés en incrementar la productividad y los ingresos de los productores de arroz de manera coherente con la protección y la mejora del medioambiente.

Entre las personas con diversa experiencia que han liderado los esfuerzos nacionales relativos al SRI se incluyen: un técnico agrícola que trabaja con una ONG internacional en el norte de **Afganistán**, un profesor pensionado de economía agrícola de **Bangladés**, un doctor en Agronomía que es el líder de una ONG nacional de **Camboya**, varios científicos sénior especializados en el cultivo del arroz de **China**, un progresista productor del arroz de **Costa Rica**, un nutricionista animal pensionado de **Cuba**, el representante del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en **República Dominicana**, un administrador agrícola y fundador de una ONG de **Ecuador**, el director de una estación de investigación agrícola de **Gambia**, el director de los servicios de extensión de una universidad agrícola estatal de la **India**, un profesor de una escuela de negocios, un director retirado de investigaciones agrícolas-económicas, muchos funcionarios de universidades y ONG, investigadores sénior de centros de desarrollo del cultivo del arroz de **Iraq e Irán**, líderes de equipo de una empresa privada de consultoría japonesa que laboran en **Indonesia y Laos**, un joven pastor protestante de **Liberia**, profesores universitarios de **China, Kenia, Indonesia, Malasia y Corea**, un

agronomo bangladesí que brindaba asesoría a una ONG del norte de **Birmania** y que trabaja para la FAO en **Afganistán**, un especialista en extensión agrícola que labora en el ámbito de los distritos en **Nepal**, un agricultor/ empresario/inventor/filántropo de **Pakistán**, una estudiante canadiense de doctorado en Agronomía que estaba realizando sus investigaciones de tesis en **Panamá**, un consultor agrícola privado de **Perú**, un ingeniero eléctrico a cargo de una ONG de protección del medioambiente de **Filipinas**, un consultor indio del Ministerio de Agricultura de las **Islas Salomón** y **Fiyi**, un funcionario público sénior, un vice-ministro de Agricultura y un agricultor y activista del medioambiente de **Sri Lanka**, profesionales agrícolas de la India que forman parte del personal del Instituto Asiático de Tecnología (AIT) de **Tailandia**, el líder de un programa de MIP del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de **Vietnam** y un activista agrícola de una ONG de **Zambia** que ayudó a introducir el SRI en **Camerún**, entre muchos otros.

El SRI ha sido liderado por personas de variadas disciplinas, roles, estatus y edades, pero que muestran un interés común en encontrar maneras económicas, de amplio acceso y ecológicamente responsables de incrementar la producción agrícola, especialmente para los hogares con un bajo nivel de seguridad alimentaria.

Un gran número de colegas del SRI han viajado a otros países para ayudar a transmitir los conocimientos sobre el Sistema: desde **Sri Lanka** hasta la India, de la **India** y **Bangladés** a Afganistán, desde **China** hasta Corea del Norte, de **Madagascar** a Ruanda, desde **Indonesia** hasta Malasia y las Islas Salomón, de **Camboya** a Vietnam y Birmania y desde la **India** hasta Marruecos, Kenia, Malawi y Tanzania.



Fotografía de los participantes en un taller sobre el SRI realizado en 2010, dirigido a una delegación de científicos expertos en el cultivo del arroz provenientes de Corea del Norte. El evento fue auspiciado por el CNRRI en Hangzhou, con el apoyo de la Fundación Asia. Zhu Defeng, un científico sénior del CNRRI quien ha fungido como coordinador voluntario en distintas actividades relacionadas con el SRI en China, aparece en la primera fila sentado a la derecha del autor.

Colegas en varios países han recibido a visitantes de otros países para intercambiar sus conocimientos sobre el SRI: **Camboya** (Vietnam), **India** (Bangladés), **Madagascar** (Indonesia y Sierra Leona), **China** y **Malasia** (Corea del Norte) y **Sri Lanka** (India y Pakistán). Asimismo, el autor, como director del CIIFAD, ha tenido más oportunidades de viajar al exterior que la mayoría de las personas y ha realizado presentaciones sobre el Sistema ante públicos integrados por científicos, funcionarios del Gobierno y agricultores en más de cuarenta países. Los esfuerzos dirigidos a evaluar y difundir el SRI en un país, estado o distrito pueden ser liderados por distintos sectores: entidades gubernamentales, ONG, universidades, institutos de investigación, empresas privadas, organizaciones de agricultores o individuos.

En cada país suele surgir una *red amistosa de personas con ideas afines*, provenientes de esos diversos sectores. Las personas y las instituciones que toman parte en ella (a veces decimos en broma que “contraen” una infección benigna y beneficiosa) contribuyen respectivamente a fomentar la comprensión y la práctica del SRI, según sus distintas ventajas comparativas.

Un buen ejemplo de ello es **Kenia**, donde el trabajo del SRI fue puesto en marcha gracias a tres profesionales: uno de la Universidad Jomo Kenyatta de Agricultura y Tecnología (JKUAT), otro de la oficina del Banco Mundial en Nairobi y un consultor agrícola independiente, graduado recientemente de la Universidad Cornell. El primero de ellos ha seguido liderando la difusión del Sistema en el ámbito nacional. Los tres han reunido a personas de las siguientes organizaciones para lanzar una campaña acerca del SRI en Kenia: el NIB (National Irrigation Board); el Programa de Irrigación de Mwea y su Centro de Desarrollo Agrícola (MIAD); los ministerios de Agua e Irrigación y de Agricultura; el Instituto Africano para el Desarrollo de las Capacidades (AICAD); una ONG internacional con sede en la JKUAT; el Proyecto de Zonas Secas de la Región Central de Kenia; el Programa de Mejora de la Ordenación de las Aguas para la Agricultura en África Oriental y Meridional (IMAWESA), establecido por el ICRISAT y financiado por el FIDA; consultores privados; el IBM en Washington D. C.; SRI-Rice en Estados Unidos; y agricultores progresistas del Programa de Irrigación de Mwea. Este gran consorcio ha facilitado la rápida expansión del SRI en Kenia: <http://sri.cals.cornell.edu/countries/kenya/index.html>. Algunos de los primeros participantes de Kenia en la red aparecen en la siguiente fotografía.



*Participantes en una reunión de colaboradores en **Kenia** provenientes de distintas universidades, ONG y comunidades de donantes y agricultores, celebrada de agosto de 2009.*

Una vez introducido y demostrado en un país, varias ONG, agencias donantes, fundaciones y compañías comenzaron a respaldar el SRI y/o la extensión del SIC de varias formas y en distintas medidas. A menudo deben pasar varios años antes de que el movimiento cobre impulso, pues el apoyo financiero es limitado.

ONGs

- **ActionAid** en Bangladés
- **ADRA** en Madagascar, Camboya e Indonesia
- **AFSC** en Corea del Norte
- **Buddhist Global Relief** en Vietnam, Camboya, India, Haití y Etiopía
- **CARITAS** en Indonesia (provincia de Aceh), Filipinas, Birmania y Sierra Leona
- **Catholic Relief Services** en Madagascar, Sri Lanka, Camboya, India y Filipinas
- **Voluntarios Japoneses para la Cooperación con el Extranjero (JOVC)** en Laos, Camboya y Vietnam
- **Misioneros LaSalette** en Birmania
- **Obras benéficas de la Iglesia de Jesucristo de los Santos de los Últimos Días (LDS)** en Camboya
- **Federación Luterana Mundial (LWF)** en Birmania, Nepal e India (estado de Bihar)
- **Comité Central Menonita (MCC)** en Corea del Norte
- **MAZAO** (Italia) en República Democrática del Congo
- **Mercy Corps** en Nepal, Sri Lanka, India, Birmania y Timor Oriental
- **Oxfam-America** en Camboya, Haití y Vietnam; también la introducción del SRI y el SIC, particularmente en el cultivo del *tef* en Etiopía

- **Oxfam-Australia** en Laos y Sri Lanka
- **Oxfam-España** en Haití
- **Oxfam-Gran Bretaña** en Bangladés y Filipinas
- **Oxfam-Nueva Zelanda** en Timor Oriental
- **Oxfam-Quebec** en Vietnam
- **Pro-Net 21** (Japón) en Laos
- **Club Rotario-Lille Est** (Francia) en Madagascar
- **SNV** en Vietnam y Nepal
- **Visión Mundial** en Sierra Leona, Vietnam, Sri Lanka, Nepal, Ghana y Zambia
- **WWF** en India y Madagascar

Agencias donantes

- **Agencia Francesa de Desarrollo (AFD)** en Madagascar
- **Australian Aid (AusAid)** en Vietnam
- **Banco Asiático de Desarrollo (ADB)** en India (estado de Chhattisgarh), Camboya, Laos, Tailandia y Vietnam
- **Unión Europea (UE)** en Camboya, Laos, Tailandia y Vietnam a través del proyecto de la Cuenca Inferior del Mekong (AIT) en Nepal, en Timor Oriental por medio de un proyecto de la FAO y en Vietnam a través del **Fondo Europeo de Desarrollo (FED)** en Vietnam
- Componentes de un proyecto de la **FAO** en Afganistán, Nepal y Corea del Norte
- **FIDA** en Madagascar, Burundi, Ruanda, Camboya, Malawi y Vietnam
- **Gobierno alemán (GTZ/GIZ)** en Camboya, Timor Oriental y Vietnam
- **Representación del IICA** en República Dominicana
- **Gobierno noruego (NORAD)** en Afganistán, a través de un proyecto de la FAO en Tanzania
- **Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación** en Madagascar, Birmania y la India
- **Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (COSUDE)** en Madagascar, Mali, Haití, Ghana y Tanzania
- **Cuerpos de Paz de los Estados Unidos** en Madagascar y la región occidental de África
- **Banco Mundial** en la India (Bihar y Tamil Nadu), Vietnam, Malawi y el oeste de África, además de la facilitación en Kenia, Malawi y el sudeste de Asia mediante herramientas de capacitación a distancia, incluidos un sitio web y videos de promoción del SRI)
- **World Bank Institute (IBMI)** (<http://info.worldbank.org/etools/docs/library/245848/>)

Fundaciones

- **Fundación Aga Khan** en Afganistán, la India (estados de Gujarat y Bihar), Madagascar y Mozambique

- **Fundación Asia**, que apoya el intercambio de conocimientos en Corea del Norte
- **Fundación Better U** en Madagascar, Mali y Haití
- **Fundación Bill y Melinda Gates** (BMGF), que apoya la expansión del SICT (*tef*) en Etiopía
- **Fundación Ohrstrom** en el Centro SRI-Rice en Cornell
- **Fundación Rockefeller** en Madagascar
- **Fundación Syngenta** en India (estado de Bihar) y Mali
- **Sir Dorabji Tata Trust** y **Sir Ratan Tata Trust** en India

Empresas privadas

- **Ambuja Cement Corporation** en la India
- **Buddha Air** en Nepal
- **Garuda Airlines** en Indonesia
- **Lotus Foods** en Camboya, Indonesia y Madagascar
- **Nippon Koei** profesionales que asumen un liderazgo en Indonesia y Laos
- **PT Sampoerna** en Indonesia
- **Syngenta Bangladesh Pvt. Ltd.** en Bangladés
- **Usha Martin Pvt. Ltd.** en la India

Además, varios individuos considerados como “ángeles anónimos” han brindado apoyo financiero para difundir el SRI. La **Fundación Better U** de Jim Carrey ha sido la única entidad de este tipo que ha proporcionado respaldo directo a la expansión del Sistema alrededor del mundo, por medio de un obsequio que realizó a la Universidad Cornell en 2010 para contribuir al establecimiento de la *Red y Centro de Recursos Internacional del SRI*. Entre muchas otras responsabilidades, SRI-Rice maneja el muy utilizado sitio web <http://sri.cals.cornell.edu>, creado en 2001 y administrado desde entonces por Lucy Fisher.



Jim Carrey, benefactor del SRI, junto con Erika Styger, en el momento directora de los programas de SRI-Rice, y Jean-Robert Estimé, director del equipo de asistencia técnica del proyecto WINNER de la USAID, que también está introduciendo este sistema en Haití, durante la visita de Carrey a Haití en marzo de 2011.

En 2008 **Groupement SRI Madagascar** (G-SRI) comenzó a operar con las donaciones y la asistencia técnica que recibió de la Fundación Better U. G-SRI fue creciendo hasta llegar a tener 260 socios y afiliados (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Espace-Pro/Nouvelles-pro/Actualites/Des-nouvelles-du-groupement-SRI-de-Madagascar>), pero actualmente es menos activo, debido a la falta de apoyo financiero. La ATS y G-SRI han recibido respaldo del Club Rotario de Lille, Francia, a través de Nicolas Duriez, uno de sus miembros.

En varios países los agricultores se han convertido en eficaces voceros y capacitadores del SRI, aportando su tiempo y dinero para promover las prácticas del Sistema entre decenas e incluso cientos de colegas productores. Algunos de ellos, como Miyatty Jannah en Indonesia (quien aparece en la portada), Mey Som en Camboya (páginas i y iii) y Premarathne en Sri Lanka (página 43), incluso han brindado capacitación a cientos de colegas agricultores.

Por lo tanto, la expansión del SRI ha recibido apoyo de fuentes muy diversas y de carácter voluntario. En un principio la Universidad Cornell ofreció respaldo por medio del CIIFAD, que recibía un financiamiento generoso y anónimo de Atlantic Philanthropies, entidad que, según se sabe hoy, recibía el apoyo financiero de Charles Feeney. La expansión del Sistema no habría comenzado de no haber sido por ese inigualable regalo. Sin embargo, en términos generales, su difusión ha sido impulsada sobre todo por el aporte que individuos de todo el mundo han realizado en términos de tiempo y dinero. He de mencionar que, además de constituir una labor intensiva, la difusión del SRI ha sido un proceso de amor intensivo.

Considerando el limitado apoyo institucional y financiero que esta campaña voluntaria y de gran alcance ha recibido, el impacto que ha generado no tiene precedentes. Como innovación, el SRI tampoco tiene precedentes. Es posible que la experiencia con él produzca nuevos estilos, estrategias, roles y relaciones en los ámbitos de la extensión agrícola y el desarrollo en general.

En la práctica del SRI a los agricultores no se les considera simplemente como *adoptantes*, *receptores* o *beneficiarios* de consejos científicos y tecnológicos, sino como *socios* e *innovadores* en el proceso de adaptación del Sistema y su consecuente evolución. Los productores por sí mismos o en cooperación con ONG, el Gobierno u otros socios han estado realizando mejoramientos sustanciales en el SRI, especialmente en lo que respecta a la reducción de sus requerimientos de mano de obra (Uphoff 2007c). Esto se debe a que el Sistema no es considerado como una tecnología fija y finalizada, sino como un *trabajo en curso*.



*Reunión tricontinental sobre el SRI, celebrada en un campo de **Kenia** en marzo de 2012. En ella participaron Bancy Mati y Jackline Ndiiri, una profesora y una estudiante de doctorado de la JKUAT en Nairobi; Erika Styger, SRI-Rice, quien ha ayudado a introducir el SRI en Mali y Haití; Moses Kareithi, el primer agricultor del SRI en Kenia; Joseph, un extensionista del SRI; y Shuichi Sato, ingeniero de Nippon Koei, Japón, quien tomó la iniciativa de liderar la difusión de este sistema en Indonesia, la India y Filipinas.*



*Reunión de agricultores con el autor, en el centro, efectuada en Alonso de Rojas, **Cuba**, para discutir los métodos del SRI.*

13. ¿Cuál ha sido la respuesta de los científicos y los formuladores de políticas?

En el siglo XX los mejoramientos tecnológicos solían surgir a raíz de los avances en el campo de la ciencia; sin embargo, el SRI, al igual que el avión, fue un invento que precedió la ciencia que lo podía explicar. Para muchos científicos y tecnólogos ha sido difícil aceptar que este sistema no es como otras tecnologías; de hecho, sus proponentes han evitado denominarlo “tecnología” por las razones mencionadas anteriormente (páginas 41-42). Muchas personas lo han analizado y evaluado como lo harían con una nueva variedad o insumo, ignorando el hecho de que el SRI es mucho más mental que material, es decir, una cuestión de ideas más que de insumos. El hecho de que el Sistema no encajaba con las categorías y las terminologías utilizadas comúnmente para describir el pensamiento científico convencional, generó cierta resistencia y oposición a él desde un inicio.

En sus etapas tempranas el SRI obtuvo el respaldo de dos de los científicos expertos en el cultivo del arroz más distinguidos del mundo: el doctor **M.S. Swaminathan**, uno de los líderes de la Revolución Verde en la India y ex director general del IRRI (Ministerio de Recursos Hídricos 2006), y el profesor **Yuan Long-ping**, considerado “el padre del arroz híbrido” en China y alrededor del mundo (Yuan 2002) (véase la página 48). Aun así, durante algún tiempo, la mayoría de los expertos tradicionales no lo aprobaron y, por lo tanto, los gobiernos y las fundaciones no estuvieron dispuestos a apoyar la investigación sobre el SRI ni su desarrollo, aunque fuera solo para evaluar sus efectos, lo que habría sido lógico desde un punto de vista científico.

De hecho, se argumentaba que este sistema ni siquiera debía ser investigado, ya que las ganancias que generaba evidentemente no eran posibles porque violaban “principios bien establecidos” para incrementar la producción del arroz (Sinclair 2004).

Por lo tanto, la sociedad civil, ampliamente definida, tuvo que asumir la investigación y la difusión de las prácticas del SRI. Varios científicos agrícolas en distintos países, quienes entendían sus conceptos básicos, emprendieron sus propias evaluaciones de las ideas y las prácticas de este sistema. Una vez convencidos de que los métodos del SRI podían mejorar la productividad de los cultivos, comenzaron a cooperar con otras personas comprometidas con él, como agricultores, extensionistas, funcionarios de ONG y agentes del sector privado. En los países los formuladores de políticas poco a poco han empezado a responder a las nuevas oportunidades, a medida que conocen los beneficios que estas generan de forma inmediata, a un bajo costo y con un bajo riesgo para los agricultores, los consumidores y el medioambiente.

Cuentan que, cuando el padre Laulanié presentó el SRI por primera vez a científicos y estudiantes de la Universidad de Antananarivo en 1990, hubo incredulidad e irrisión. El representante del IRRI en Madagascar tampoco mostró interés cuando, después de que oí hablar del Sistema por primera vez, le pregunté sobre él en diciembre de 1993.

También descubrí que existía poco interés entre sus colegas de ciencias agrícolas en Cornell cuando se les habló del SRI en 1996, dos años después de que se demostraron sus primeros resultados.

En octubre de 1998 el autor conversó sobre el SRI con Ron Cantrell, quien recientemente había sido nombrado director general del *IRRI*. La conversación fue amena, por lo que Cantrell lo invitó a impartir un seminario en el IRRI sobre este tema en febrero de 1999, cuando estaba en Manila para asistir a una conferencia del ADB. No obstante, después no hubo un claro interés en cooperar para evaluar los nuevos métodos. Incluso luego de que Uphoff impartiera otro seminario sobre el SRI en el IRRI en marzo de 2003, varios científicos que trabajaban en dicha institución o que estaban relacionados con ella comenzaron a publicar críticas y rechazos en torno al SRI (Dobermann 2004; Sheehy *et al.* 2004; Sinclair 2004; Sinclair y Cassman 2004). Para leer una breve reseña sobre esta controversia, véase Uphoff (2012a).

Afortunadamente, científicos de varias instituciones nacionales de investigación agrícola fueron más receptivos a las nuevas ideas del SRI. Su disposición para evaluar los nuevos métodos contribuyó al establecimiento de los fundamentos científicos del Sistema.

- Este proceso empezó en 1999 con evaluaciones que confirmaron los resultados del SRI generados en la **Universidad Agrícola de Nanjing** en China y en la estación de investigación sobre el arroz en Sukamandi, de la **Agencia de Investigación y Desarrollo Agrícola de Indonesia** (Wang *et al.* 2002; Gani *et al.* 2002).
- En el **CNHRDC** y el **CNRRI** se llevaron a cabo más evaluaciones (Tao *et al.* 2002; Zhu *et al.* 2002), al igual que en Tailandia (Mishra y Salokhe 2008) y en la India (Thakur *et al.* 2010).
- Un proyecto establecido en 2000 por investigadores de la **Universidad de Wageningen**, con apoyo del Gobierno holandés, permitió que científicos de China, la India, Indonesia y Madagascar realizaran evaluaciones del SRI (Hengsdijk y Bindraban, 2001).

En 1998 los mejores estudiantes de la ESSA en la **Universidad de Antananarivo**, Madagascar, iniciaron proyectos de investigación para su tesis, enfocados en distintos aspectos del SRI, bajo la supervisión del entonces director de Investigación de la ESSA, Robert Randriamiharisoa. Los ensayos factoriales demostraron de forma muy clara los méritos de las prácticas del SRI (Randriamiharisoa y Uphoff 2002; Uphoff y Randriamiharisoa 2002).

En la India las evaluaciones del SRI comenzaron a llevarse a cabo en la **TNAU** en 2000 y en la **ANGRAU** a partir de 2003. Las evaluaciones en ese estado se ampliaron entre 2004 y 2006 con el apoyo del **WWF**, en un programa conjunto con el **ICRISAT** sobre alimentos, agua y medioambiente. En el proyecto participaron científicos de la ANGRAU, el ICRISAT y la **Dirección de Investigación sobre el Arroz (DRR)** del ICAR de la India, todos con sede en Hyderabad.

Durante ese periodo la **Dirección de Desarrollo del Cultivo del Arroz (DRD)** del Gobierno de la India, ubicada en Patna, llevó a cabo sus propias evaluaciones, cuyos resultados han sido la base del respaldo proporcionado al SRI. En 2007 el Gobierno de la India destinó \$40 millones a la difusión de las prácticas del Sistema en más de 130 distritos de la India en situación de inseguridad alimentaria, como parte de la **Misión Nacional de Seguridad Alimentaria (NFSM)**, con la asistencia del Ministerio y del ICAR.

Los programas de investigación sobre el arroz emprendidos en **Iraq e Irán**, en Najaf y Amol respectivamente, iniciaron sus propias evaluaciones en 2005 y han logrado demostrar los beneficios del SRI, para satisfacción de sus científicos (<http://sri.cals.cornell.edu/countries/iraq/>; <http://sri.cals.cornell.edu/countries/iran/>).



*Pioneros en la implementación del SRI en el Medio Oriente: Khidhir Hameed, científico senior de la MRRS, localizada cerca de Najaf, en **Iraq**, con ensayos del SRI en la estación; y Amiri Larijani, actual director del Centro de Extensión y Desarrollo de la Tecnología de Haraz, **Irán**, quien muestra una planta del SRI con 93 brotes (72 de ellos fértiles). Las plantas cultivadas con los métodos usuales solo presentan veinticinco brotes.*

Sin embargo, sí hubo resistencia a los ensayos y las demostraciones del SRI por parte de científicos especialistas en el arroz en países como Bangladés, Camboya y Sri Lanka, quienes se dejaron influenciar por las críticas de otros científicos de todo el mundo. Con el paso del tiempo la opinión científica se ha vuelto más favorable en este sentido, dado que los sistemas nacionales de investigación sobre el arroz de China, la India, Indonesia y Vietnam, donde se producen dos tercios del arroz del mundo, han empezado a respaldar el SRI con base en sus propias evaluaciones de la evidencia.

Un reciente metaanálisis de evaluaciones del SRI publicadas por investigadores chinos compara lo que los científicos consideran MPG con los resultados del Sistema (Wu y Uphoff 2015). De acuerdo con un análisis estadístico de más de sesenta ensayos comparativos, incluso un uso incompleto de las prácticas recomendadas del SRI genera en los arrozales un rendimiento >10 % mayor que el logrado mediante las MPG. Un “buen” uso de los métodos produce rendimientos >20 % más altos, mientras que su uso completo puede generar un incremento de 30 % en la productividad.

En 2008, investigadores del IRRI, la Universidad Cornell y la Universidad de Wageningen elaboraron una propuesta de evaluación conjunta del SRI, que habría valorado protocolos acordados en varios países con distintas condiciones agroecológicas. En 2009 tal propuesta fue presentada a la BMGF, pero al final no fue financiada. En su lugar la Universidad de Wageningen recibió una subvención para analizar las experiencias relacionadas con la expansión del Sistema (http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1922760), la cual finalizó en 2014. Asimismo, recibió financiamiento del Gobierno holandés para llevar a cabo una evaluación de cuatro años de las experiencias con el SRI en la India, incluidos programas de capacitación a nivel de doctorado para cuatro profesionales de la India.

Cada vez más trabajos de maestría y doctorado elaborados en universidades alrededor del mundo se enfocan en el SRI, así como artículos publicados en revistas revisadas por pares. Tales documentos han permitido comprender mejor cómo y por qué las prácticas innovadoras de este sistema producen los efectos que hemos descrito, entre ellos, Horie *et al.* 2005; Mishra *et al.* 2006; Stoop 2011. El SRI se aleja del paradigma actual de lograr avances en la actividad agrícola con base en mejoramientos genéticos y la aplicación de insumos externos y, en su lugar, busca incrementar la productividad a través de prácticas de gestión modificadas, que principalmente promueven el crecimiento de las raíces y estimulan la actividad beneficiosa de la biota del suelo.

Los cambios en los paradigmas rara vez suceden sin sobresaltos, incluso en el campo de la ciencia, donde se supone que la evidencia determina la validez de las ideas y las propuestas. En el caso del SRI, este cambio puede ocurrir aún más rápidamente, puesto que su validez la deciden no solo los círculos internos y externos de científicos, sino también y, de forma más decisiva, las valoraciones y las acciones de millones y, eventualmente, cientos de millones de agricultores, así como las de sus gobiernos. A medida que los productores le den al SRI su voto de confianza, por medio del uso y la implementación continua de sus métodos, los rechazos incluidos en las publicaciones revisadas por pares ya no tendrán tanto peso, incluso entre la mayoría de los científicos.

En la actualidad parece probable que el cambio en el paradigma no estará limitado a la producción del arroz, sino que se extenderá a las ciencias y las prácticas agrícolas de manera más general. Es posible que influya en el diseño de nuevas vías para alcanzar la seguridad alimentaria y la prosperidad en el siglo XXI, en el que se enfrentan numerosos desafíos como las limitaciones de tierra y agua, los costos crecientes de la energía, el cambio climático, la degradación del medioambiente y enormes necesidades humanas insatisfechas entre las personas de escasos recursos.

La escasa participación inicial de los científicos en la creación y el desarrollo del SRI está cambiando, mientras que la “controversia” ha ido disminuyendo a medida que se acumulan datos probatorios y artículos revisados por pares. Antes de 2002 había muy pocos artículos publicados al respecto, pero para el periodo 2011-2012, el número de artículos publicados anualmente era mayor a sesenta. Hoy la cantidad total de artículos

supera los seiscientos, muchos de los cuales están disponibles en el sitio web de SRI-Rice (<http://sri.cals.cornell.edu/research/JournalArticles.html>).

Aunque el SRI no resulta atractivo en términos de los intereses comerciales establecidos, los líderes políticos de los países productores de arroz han comenzado a apreciar las oportunidades que este sistema ofrece para incrementar la producción de alimentos, con costos más bajos para los agricultores, mayores ingresos netos por el cultivo del arroz y una menor necesidad de agua de riego, que también contribuye a reducir los conflictos y los costos.

Aunque gran parte del impulso a la difusión del SRI proviene de los agricultores, con el apoyo de profesionales de ONG, universidades y otras entidades que trabajan para mejorar la agricultura y reducir la pobreza, se ha recibido un respaldo significativo de importantes líderes políticos de varios países.



*S.B. Yudhoyono, ex presidente de **Indonesia**, elogia el SRI mientras se dirige a los 1300 participantes en un festival sobre dicho sistema, realizado en 2007 en Cianjur, Java Occidental (<https://www.youtube.com/watch?v=LzIXwrGHR6Y>).*



*Gamini Batuwitage, ex secretario auxiliar sénior de Agricultura, y Salinda Dissanayake, ex vice-ministro de Agricultura (a la derecha), uno de los primeros agricultores en utilizar los métodos del SRI en **Sri Lanka**, conversan sobre distintos diseños de escardillos y su eficacia.*

14. En su opinión, ¿cuál es la dirección del SRI en el futuro?

El hecho de que este sistema no sea una sola cosa fija constituye una ventaja y una desventaja. A medida que diversas personas adquieren más experiencia y se dedican a aplicar sus ideas y conocer sus efectos, este continuará evolucionando, cambiando y expandiéndose. Nosotros nos referimos al SRI como una *metodología* y no como una tecnología (página 41-42), mientras que el padre Laulanié deliberadamente lo llamó *sistema*.

El SRI tiene fundamentos y manifestaciones biológicas y biofísicas, a la vez que representa una realidad social y socioeconómica. Algunas personas se refieren a él como un *movimiento*, que en la actualidad incluye a miles de individuos de numerosas disciplinas y de decenas de países. Este conjunto de personas con ideas afines complementa y activa los factores y las relaciones agronómicas que se manifiestan en el SRI en formas materiales y aprende de ellos.

Probablemente el término que resume mejor el concepto del SRI es *fenómeno*. Cuanto se utiliza esta sigla ciertamente se hace alusión a algo real, incluso cuando se transforma en términos como el *System of Root Innovation* (Sistema de Innovación de las Raíces) o el *System of Crop Intensification* (Sistema de Intensificación de Cultivos). (Es mera coincidencia que la sigla en inglés [SRI] en los idiomas basados en el sánscrito constituya una palabra honorífica empleada para referirse a las deidades y los nobles). Nadie puede decir cómo será el SRI en unos diez años, pero sí es posible hacer conjeturas al respecto.

Desarrollo agroecológico más amplio: El SRI guarda relación con una amplia serie de sistemas de gestión que se pueden agrupar bajo el término *agroecología*, que incluye la agrosilvicultura, la GIP y, particularmente, la AC.

- La AC (Conservation Agriculture) está logrando aceptación en la mayoría de países alrededor del mundo, donde más de 125 millones de hectáreas están siendo utilizadas en este tipo de cultivo. Es el resultado de la evolución gradual de lo que hace varias décadas era la *agricultura sin labranza*, que ahora se relaciona con el *mantenimiento de una cobertura permanente sobre el suelo* (mantillo, cultivos de cobertura, etc.) y con la optimización de *las rotaciones de cultivos*, que se aleja del monocultivo y de la alteración repetitiva de los sistemas del suelo (Kassam *et al.* 2009).
- El SRI fue desarrollado sin modificar los métodos de preparación de la tierra, a fin de no requerir demasiados cambios simultáneos en las prácticas de los agricultores. No obstante, en varios países estos han comenzado a experimentar con el SRI en *lechos elevados permanentes* (Lu *et al.* 2013). En Pakistán han combinado el SRI, la AC y la agricultura orgánica para ahorrar agua y mano de obra mediante la *mecanización* (páginas 61-62). Debido a que este sistema genera más productos con menos insumos, se le denomina “agricultura paradójica” (Sharif 2011).

- El *no arar* continuamente la superficie del suelo produce beneficios sustanciales: se reducen los costos y se mejora la fertilidad y la biodiversidad del suelo. Los profesionales del SRI están aprendiendo a aprovechar estos beneficios, utilizando organismos del suelo como las lombrices para llevar a cabo la aireación activa del suelo (véanse las imágenes de las páginas 90 y 117) que, de otra forma, se realiza mediante deshierbadoras mecánicas. El mejoramiento de la porosidad y el funcionamiento del suelo por medio de procesos biológicos y no mecánicos concuerda totalmente con los fundamentos del SRI.
- **Mayor aplicación en la agricultura y la horticultura:** Ya hemos observado cómo los conceptos y los métodos del SRI se pueden aplicar a una amplia variedad de *cultivos* (páginas 158-163), no solo a los de cereales o de especies de la familia *gramineae*. Hasta el momento no hemos visto casos exitosos de la aplicación de los principios de este sistema al cultivo de frutales, pero sí sabemos que estos pueden incrementar la productividad de varias hortalizas, leguminosas, oleaginosas y legumbres (Behera *et al.* 2013). La aplicación del SRI para mejorar la producción de caña de azúcar está avanzando en la India y ha iniciado en Cuba (www.agsri.com). Por lo tanto, lo que comenzó como un trabajo preliminar enfocado en el cultivo del arroz irrigado se está extendiendo a los campos de la agricultura y la horticultura.
- Una extensión, que incluye la **acuicultura**, la horticultura y el SRI en áreas de secano, fue evaluada durante dos años (uno de los cuales fue de sequía) en la Dirección de Tecnología del Agua del ICAR ubicada en Bhubaneswar, la India. Los métodos adaptados del Sistema aumentaron el rendimiento del arrozal, que resultó 52 % más alto que el que se obtenía mediante la usual producción de secano. Pero aún más importante fue descubrir que si bien tomar aproximadamente la cuarta parte de un área de 350 m² dedicada a la producción del arroz (para instalar un estanque de captación de agua en 10 % del área [35 m²] y plantar banano y papaya en otros 45 m² de tierra alrededor del estanque y el campo) era una gestión más intensiva que suponía costos más altos, estos eran retribuidos con ingresos diez veces mayores por hectárea, con un incremento significativo en la productividad del agua (escasa). Casualmente se supo que la productividad económica de este líquido había sido aún más alta en el año de sequía que en el año que presentó un nivel más normal de precipitaciones (Thakur *et al.* 2015).
- En Camboya el CEDAC ha fomentado y documentado este tipo de **intensificación productiva y rentable de los sistemas agrícolas**, a fin de aprovechar al máximo estas mejoras en la productividad del cultivo de arroz por medio del SRI. Mediante la obtención de rendimientos significativamente más altos y con solo 0.66 ha cultivadas, los pequeños agricultores lograron reducir casi a la mitad la superficie sembrada con arroz. En el área reservada, que antes se utilizaba para el monocultivo, construyeron un estanque y canales (en 15 % del área total) y empezaron a producir distintos cultivos de tierras altas, frutas y hortalizas, así como ganado menor. Haciendo una

inversión de aproximadamente \$300 para construir el estanque y otra infraestructura sencilla, los agricultores fueron capaces de aumentar los ingresos netos de sus hogares de \$200 a \$600 por año (Lim 2007). En el futuro debemos *sacar provecho de las ideas y las prácticas del SRI* no solo para mejorar el cultivo del arroz, sino también sistemas agrícolas completos.

Relación con la biología del suelo: A medida que el SRI se ha ido extendiendo a más cultivos, hemos visto vínculos cada vez más estrechos entre las ciencias agrícolas y la **microbiología** en general. Hemos aprendido cómo los *endófitos simbióticos* – microorganismos que habitan principalmente en el suelo, pero que pueden entrar y habitar en los tejidos y las células de las plantas e interactuar en la superficie– pueden contribuir al crecimiento y la salud de las plantas (Chi *et al.* 2005; Uphoff *et al.* 2013).

La agricultura se ha vuelto muy dependiente de insumos directos de fertilizantes sintéticos y agroquímicos para incrementar las cosechas. El SRI no promueve la “agricultura orgánica” como tal, a menudo conceptualizada como una actividad que está en contra del uso de químicos. Más bien las experiencias con el Sistema justifican la aplicación de una estrategia de producción agrícola *probiológica*, que es “orgánica” desde un punto de vista pragmático y no doctrinal. A futuro uno de los efectos del SRI será fomentar una *agricultura más biológica*, que no dependa tanto de los químicos, que busque nutrir en lugar de manipular y que se enfoque en maximizar el potencial, en vez de crearlo.

Nuevo énfasis en el análisis genético: La existencia del SRI no vuelve innecesaria la búsqueda de nuevas formas de mejorar el potencial genético de los cultivos. Aprovechar el potencial disponible para incrementar la producción no significa dejar de buscar aún más mejoras en este sentido. Al contrario, las experiencias con el SRI muestran lo importante que es aumentar no solo el *potencial genético*, sino los conocimientos y la práctica en cuanto a su *expresión*. Estos incrementos solo serán beneficiosos en la medida en que se *manifiesten*.

Se espera que el campo científico emergente de la *epigenética* capte la atención de los agrónomos y los obtentores. Hoy las investigaciones ponen demasiado énfasis en los genes y todavía se acepta ampliamente una especie de “determinismo de doble hélice”. Sin embargo, los fenotipos de las plantas SRI demuestran que alterar los ambientes en los que crecen las plantas puede generar efectos muy significativos en la superficie de la tierra y debajo de ella. Esto puede producir mayores impactos en los rendimientos y en la salud que los que se logran por medio del fitomejoramiento.

Aún se debe investigar y entender mejor cómo administrar los ambientes en los que crecen las plantas, a fin de obtener *fenotipos más productivos y fuertes* (Uphoff *et al.* 2015). Mayores esfuerzos deben ser dirigidos a comprender mejor todas las manifestaciones del genoma; sin embargo, estos deben incorporar otras disciplinas además de la biología molecular. La ecología y la microbiología, así como la ecología microbiana, que combina ambas ramas, deberán formar parte de esta nueva disciplina.



En Liberia, agricultor Edward Sohn muestra dos plantas de arroz de la misma variedad, cultivadas en su finca ubicada en el condado de Grand Gedee, una a través de los métodos convencionales y la otra, mediante el SRI. La planta a la derecha, del arrozal del SRI, se sembró tres días antes que la otra planta, sin que ello justifique la enorme diferencia en cuanto al crecimiento de las plantas.

Durante la temporada *kharif* de 2011, en el pueblo de Darveshpura, Bihar, cinco agricultores del SRI alcanzaron o superaron el anterior récord mundial de 19 t/ha en un arrozal, utilizando nuevas variedades híbridas (páginas 86-88). Cuando emplearon las mismas variedades en sus fincas, con las mismas condiciones de suelo y de clima, pero aplicando métodos convencionales (plántulas de mayor edad, espaciado angosto, inundación de arrozales), obtuvieron rendimientos de 7 t/ha o inferiores (Diwakar *et al.* 2012). A pesar de que esa cantidad es tres veces mayor a la que logra un arrozal promedio en este estado, esta representa solo cerca de *una tercera parte* de lo que pueden producir estas mismas variedades híbridas de arroz con una gestión de cultivos distinta, en la que se mejoran las condiciones en las que crecen las plantas.

El SRI ofrece a obtentores y fisiólogos una excelente oportunidad para lograr avances en la ciencia de la epigenética, estudiando cómo la modificación de los ambientes de cultivo repercute en la manifestación del potencial genético de las plantas de arroz. Chi *et al.* (2010) han demostrado que cuando los endófitos simbióticos (rizobios del suelo) se desplazan desde el suelo hacia arriba, pasando por las raíces y los tallos, para habitar en las hojas y las vainas de las plantas, pueden afectar la regulación hacia arriba y hacia abajo de genes específicos que producen proteínas que, entre otras cosas, incrementan

la fotosíntesis y protegen las plantas contra agentes patógenos. Estos nuevos conocimientos son muy importantes y concuerdan con lo que se está aprendiendo sobre el crecimiento y la salud humana a partir del estudio del microbioma humano.

Reorientaciones en materia institucional y de políticas: Es posible que uno de los mayores impactos de la introducción y la difusión del SRI sea *un cambio en la manera en que se lleva a cabo la investigación y el desarrollo agrícola*. En la mayor parte del siglo XX la investigación y el desarrollo agrícola siguió lo que se ha denominado como un *modelo lineal* de organización (Merrill-Sands y Kaimowitz 1992). Se pensaba que los avances en la agricultura se derivaban principalmente de investigaciones agrícolas llevadas a cabo por instituciones formales. Estas producían nuevos conocimientos para mejorar la productividad de los cultivos, que se transferían a los agentes de extensión y, a través de ellos, a los agricultores y los usuarios finales. A pesar de que, en teoría, existían canales para ofrecer retroalimentación, en la práctica estos eran débiles o inexistentes. La “transferencia de la tecnología” se idealizaba y a menudo era unidireccional.

En décadas recientes ha crecido el apoyo a lo que se denomina “*investigación y extensión centrada en los agricultores*” y “*desarrollo tecnológico participativo*”, lo que demuestra que se reconocen las debilidades de los sistemas unidireccionales que se habían establecido para lograr la “transferencia de la tecnología”. Sin embargo, aparte de las escuelas de campo para agricultores, desarrolladas como parte de un movimiento de la FAO que buscaba extender los conocimientos y las prácticas de la GIP, ha habido muy pocos cambios reales en la forma de pensar que orienta la investigación y el desarrollo agrícola y en la manera en que operan actualmente las instituciones de investigación y de extensión.

La experiencia del SRI proviene de la sociedad civil y no de los centros de investigación y, durante los primeros años, los avances se lograron sin el apoyo de instituciones formales de investigación y extensión, excepto en las provincias de Sichuan y Zhejiang en China, los estados de Tripura y Tamil Nadu en la India, y en Vietnam. Existen muchos ejemplos de cómo los agricultores por sí solos han mejorado las recomendaciones iniciales del SRI, aplicando prácticas que ahorran mano de obra, utilizando nuevos implementos y utilizando los métodos en otros cultivos (Uphoff 2007c).

En los países en los que los productores se han convertido en *socios operativos* de distintas ONG y servicios de extensión, a fin de mejorar y difundir el SRI, es poco probable que las instituciones formales de investigación y desarrollo vuelvan a ser como antes, ya que ahora los agricultores *confían* más en sus propias habilidades y los profesionales más educados muestran más *respeto* hacia ellos, pues reconocen que pueden contribuir a su propio desarrollo y el de los demás.

Mayores cambios: La experiencia del SRI sienta las bases para crear *métodos de investigación y de desarrollo agrícola más participativos e igualitarios*, más apropiados para el siglo XXI. Se espera que estos esfuerzos sean aún más democráticos que en el siglo anterior, en gran parte porque las comunidades de agricultores alrededor del mundo están mucho mejor educadas e informadas que en el pasado.

El nombre que el padre Laulaniè y sus amigos malgaches dieron a la ATS, la ONG que establecieron en 1990, es muy apropiado. Las palabras *Tefy Saina* hacen referencia al desarrollo humano (*formation de l'homme*) y no a la producción del arroz.

Los partidarios del SRI están de acuerdo con esta orientación filosófica, pues reconocen que el *factor humano* es el más importante para alcanzar un desarrollo más significativo y beneficioso en el mundo. El suministro de alimentos más abundantes, saludables y económicos contribuirá notablemente a la expansión de las capacidades humanas y al empoderamiento. Por lo tanto, este es un buen enfoque para llevar a cabo esfuerzos inmediatos y continuos.

Sin embargo, también son necesarios ciertos cambios en la manera de pensar de las personas, en sus valores y en su forma de cooperar, ya que las limitaciones y las injusticias son obstáculos que se deben superar en muchos campos distintos, no solo en el de la agricultura. Esperamos que el SRI continúe expandiéndose en todo el sector agrícola y que, de esta forma, siga contribuyendo a la confianza, la imaginación y la solidaridad humana.

Estas cualidades son necesarias para posicionar mejor a la humanidad, a fin de que esta resuelva muchos otros serios problemas – más allá del hambre y la pobreza, que el SRI puede ayudar a erradicar – y sobreviva en este siglo. Las probabilidades de éxito no son muy buenas si se consideran las distintas tendencias actuales como el cambio climático, los estados débiles y la creciente desigualdad. No obstante, el conjunto de ideas, amistades y aspiraciones producto de las dinámicas, los impactos y las oportunidades que el SRI genera pueden mejorar tales probabilidades. Por consiguiente, las respuestas a las preguntas sobre este sistema deben concluir con alguna referencia a temas filosóficos y problemas históricos, en vez de enfocarse exclusivamente en aspectos agronómicos.

Referencias

- Abraham, B., H. Araya, T. Berhe, S. Edwards, B. Gujja, R.B. Khadka, Y.S. Koma, D. Sen, A. Sharif, E. Styger, N. Uphoff y A. Verma (2014). The System of Crop Intensification (SCI): Reports from the field on improving agricultural production, food security, and resilience to climate change for multiple crops. *Agriculture & Food Security*, 3:4. <http://www.agricultureandfoodsecurity.com/content/3/1/4>
- Adak, A., R. Prasanna, S. Babu, N. Biyarani, S. Verma, M. Pal, Y.S. Shivay y L. Nain (2016). Micronutrient enrichment mediated by plant-microbe interactions and rice cultivation practices. *Journal of Plant Nutrition*, 39, 1216-1232.
- Adusumilli, R. y B.S. Laxmi (2009). Potential of the system of rice intensification for systematic improvement in rice production and water use: The case of Andhra Pradesh, India. *Paddy and Water Environment*, 9: 89-97.
- Africare/Oxfam América/WWF (2010). *Farmers Leading the Way from Crisis to Resilience: Global Farmer Perspectives on the System of Rice Intensification*. http://sri.cals.cornell.edu/publications/articles/Global_Farmer_Perspectives_OxfamWWFAfricare.pdf
- Allaby, M. (1998). *A Dictionary of Plant Sciences*. Oxford University Press, Nueva York.
- Anas, I., D.K. Kasim, B.I. Setiawan, Yanuar y S. Herodian (2008). Highlights of SRI research in Indonesia. Presentación de Powerpoint efectuada en un taller del SRI en el Ministerio de Agricultura, Yakarta, 13 de junio. <https://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/0814-some-highlights-of-sri-research-in-indonesia>
- Anas, I., O.P. Rupela, T.M. Thiyagarajan y N. Uphoff (2011). A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. *Paddy and Water Environment*, 9: 53-64. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10333-011-0260-8>
- Andrianaivo, B. (2002). Experimentation in the Fianarantsoa region of Madagascar, 2000-2001. Documento inédito del FOFIFA, Antananarivo. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/madagascar/madfofifarpt.pdf>
- Anthofer, J. (2004). *Potential of the System of Rice Intensification (SRI) for Cambodia*. Informe del Food Security and Nutrition Policy Support Project, GTZ, Nom Pen, abril. <http://www.foodsecurity.gov.kh/sri/documents/Potential-SRI%20Cambodia-ENG.pdf>
- Araya, H., S. Edwards, A. Asmelash, H. Legesse, G.H. Zibelo, T. Assefa, E. Mohamed, y S. Misgina (2013). SCI – Planting with space. *Farming Matters*, 29 (marzo), LEISA, Wageningen, 35-37 <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/sri/sci-planting-with-space>
- Arayaphong, S. y E. Bessonova (2014). Weekend farmer puts climate-smart farming practices to the test in Thailand. 19 de junio, Programa de Investigación del CGIAR sobre el Cambio Climático, la Agricultura y la Seguridad Alimentaria. <https://ccafs.cgiar.org/es/blog/weekend-farmer-puts-climate-smart-farming-practices-test-thailand#.Vc-Zn2PqhSE>
- Banu, S.P., M.A. Shaheed, A.A. Siddique, M.A. Nahar, H.U. Ahmed, J.M. Duxbury, J.G. Lauren, G.S. Abawi y C. Meisner (2005). Soil biological health: A major factor in increasing the productivity of the rice-wheat cropping system. *International Rice Research Notes*, 5-11
- Barah, B.C., R. Kumar, S. Prasad y A. Kumar (2012). Why do farmers adopt or dis-adopt? SRI – A short report from field. *NewsReach*, 12:11, 14-27. PRADAN, Nueva Delhi. <http://www.pradan.net/images/Media/Nov-Dec%202012.pdf>

- Barison, J. y N. Uphoff (2011). Rice yield and its relation to root growth and nutrient-use efficiency under SRI and conventional cultivation: An evaluation in Madagascar. *Paddy and Water Environment*, 9: 65-78. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10333-010-0229-z>
- Barrett, C.M., C.M. Moser, O.V. McHugh y J. Barison (2004). Better technology, better plots or better farmers? Identifying changes in productivity and risk among Malagasy rice farmers. *American Journal of Agricultural Economics*, 86: 869-888. <http://ajae.oxfordjournals.org/content/86/4/869.short>
- Berkelaar, D. (2001). The System of Rice Intensification: Less Can Be More. *ECHO Development Notes*, 70. https://c.ymcdn.com/sites/echocommunity.site-ym.com/resource/collection/27A14B94-EFE8-4D8A-BB83-36A61F414E3B/TN_82_SRI.pdf
- Bhalla, N. (2010). New farming method boosts food output for India's rural poor. Alert Net, 30 de marzo. Fundación Thomson-Reuters. <http://in.reuters.com/article/2010/03/30/idINIndia-47328120100330>
- BIND (2003). Growth and Yield Response of Traditional Upland Rice on Different Distance of Planting Using *Azucena* Variety. BIND Report. Broader Initiatives for Negros Development, Bacólod, Filipinas. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/philippines/binuprst.pdf>
- Bonkowski, M. (2004). Protozoa and plant growth: The microbial loop in soil revisited. *New Phytologist*, 162: 616-631. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2004.01066.x/epdf>
- Broad, W.J. (2008). Food revolution that starts with rice. *New York Times*, 17 de junio <http://www.nytimes.com/2008/06/17/science/17rice.html?pagewanted=all&r=0>
- CEDAC (2008). Adoption and non-adoption of System of Rice Intensification (SRI) in Cambodia. Centro para el Estudio y el Desarrollo de la Agricultura (CEDAC), Nom Pen.
- Ceesay, M., W.S. Reid, E.C.M. Fernandes y N. Uphoff (2006). The effects of repeated wetting and drying on lowland rice yield with the System of Rice Intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 4: 5-14. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14735903.2006.9686007>.
- Chaboussou, F. (2004). *Healthy Crops: A New Agricultural Revolution*. Jon Anderson, Charnley, Reino Unido.
- Chapagain, T. y E. Yamaji (2009). The effects of irrigation method, age of seedling and spacing on crop performance productivity and water-wise rice production in Japan. *Paddy and Water Environment*, 8: 81-90. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10333-009-0187-5>.
- Chi, F., S.H. Shen, H.P. Cheng, Y.X. Jing, Y.G. Yanni y F.B. Dazzo (2005). Ascending migration of endophytic rhizobia, from roots to leaves, inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. *Applied and Environmental Microbiology*, 71: 7271-7278.
- Chi, F., P. F. Yang, F. Han, Y. X. Jing, y S. H. Shen (2010). Proteomic analysis of rice seedlings infected by *Sinorhizobium meliloti* 1021. *Proteomics*, 10:1861-1874. <http://dx.doi.org/10.1002/pmic.200900694>.
- Choi, J.D., W.J. Park, K.W. Park y K.J. Lin (2012). Feasibility of SRI methods for reduction of irrigation and NPS pollution in Korea. *Paddy and Water Environment*, 10:1-8. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10333-012-0311-9>.

- Choi, J.D., G.Y. Kim, W.J. Park, M.H. Shin, Y.H. Choi, S. Lee, S.J. Kim y D.K. Yun (2014). Effect of SRI water management on water quality and greenhouse gas emissions in Korea. *Irrigation and Drainage*, 63: 263-270.
- Cook, G. y T. O'Connor (2009). Rice plenty in Aceh. *Caritas News*, Spring, pp.10-11. <http://www.caritas.org.au/docs/publications-and-reports/caritas-news---2009-spring.pdf>
- Cornell Chronicle (2013). Farmers succeed despite war in Mali. *Cornell Chronicle Online*, 24 de enero. <http://www.news.cornell.edu/stories/2013/01/farmers-succeed-despite-war-mali>
- Dass, A., S. Chandra, N. Uphoff, A.K. Choudhary, R. Bhattacharya y K.S. Rana (2017). Agronomic fortification of rice grains with secondary and micronutrients under differing crop management and moisture regimes in the North Indian Plains, *Paddy and Water Environment*, 15. doi:10.1007/s10333-017-0588-9
- Dastan, S., G. Noormohamadi, H. Madani, H.R. Mobasser y M.S. Daliri (2013). Evaluation of related to lodging characteristics and grain yield in Iranian rice genotypes under modified agronomical systems. *Annals of Biological Research*, 4: 267-275. <http://scholarsresearchlibrary.com/ABR-vol4-iss2/ABR-2013-4-2-267-275.pdf>
- De Datta, S.K. (1981). *Principles and Practices of Rice Production*. J.W. Wiley, NY.
- Dhar, S, B.C. Barah, A.K. Vyas, y N. Uphoff (2016). Evaluation of System of Wheat Intensification (SWI) practices as compared to other methods of improved wheat cultivation in the north-western plain zone of India. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(7): 994-1006. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650340.2015.1101518>
- Dill, J., G. Deichert y LeT.N.T., eds. (2013). *Promoting the System of Rice Intensification: Lessons Learned from Trà Vinh Province, Vietnam*. GIZ y FIDA, Hanoi. http://infoagro.net/archivos_Infoagro/Regatta/biblioteca/VN-GIZreportonLesson.pdf
- Diwakar, M.C., A. Kumar, A. Verma y N. Uphoff (2012). Report on the world record SRI yields in kharif season 2011 in Nalanda district, Bihar state, India. *Agriculture Today* (Nueva Delhi), 15: 54-56. <http://independentsciencenews.org/wp-content/uploads/2012/11/India-Bihar-Paddy-Record-Yield-SRI.pdf>
- Dobermann, A. (2004). A critical assessment of the system of rice intensification (SRI). *Agricultural Systems*, 79: 261-281. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X03000878>
- Doebbelaere, S., J. Vanderleyden y Y. Okon (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Science*, 22:107-149. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/713610853>
- Dung, N. T. (2007). SRI Application in Rice Production in Northern Ecological Areas of Vietnam. Informe del Programa Nacional del IPM al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Hanoi. http://sri.cals.cornell.edu/countries/vietnam/vndungipm_rpt06.pdf
- FAO (2015). *Ahorrar para crecer en la práctica: maíz, arroz, trigo – Guía para la producción sostenible de cereales*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.
- Ferichani, M. y D.A. Prasetya (2017). System of Rice Intensification increases rice productivity on saline soils. *Paddy and Water Environment*, 15(3). doi:10.1007/s10333-017-0584-0

- Fieshi, J. (2015). Report on harvest evaluations of two farmers in Ndop, Cameroon. http://sri.cals.cornell.edu/countries/cameroon/Cameroon_Brunhilda_SRI_harvest_010115.pdf
- Furuno, T. (2002). *The Power of Duck: Integrated Rice and Duck Farming*. Tagari Publications, Sisters Creek, Tasmania, Australia.
- Gani, A., T.S. Kadir, A. Jatiharti, I.P. Wardhana e I. Las (2002). The System of Rice Intensification in Indonesia. In: N. Uphoff *et al.*, eds., *Assessments of the System of Rice Intensification: Proceedings of an international conference held in Sanya, China, del 1.º al 4 de abril, 2002*, 58-63. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_14.pdf
- Gathorne-Hardy, A., D. Narasimha Reddy, M. Venkatananarayana y B. Harriss-White (2013). A Life Cycle Assessment (LCA) of greenhouse gas emissions from SRI and flooded rice production in SE India. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 110-125.
- Gathorne-Hardy, A, D. Narasimha Reddy, M. Venkatanarayana y B. Harriss-White. (2016). System of Rice Intensification provides environmental and economic gains but at the expense of social sustainability - A multidisciplinary analysis in India. *Agricultural Systems* 143:159-168. doi:10.1016/j.agsy.2015.12.012
- Gopal, R., M. Jalaluddin y T. Jayaraj (2010). Pest scenarios and IPM options in System of Rice Intensification. In: *Rice for Future Generations: Proceedings of 3. International Rice Congress, Hanoi*, Nov. 8012. ID #565.
- Guerra, L.C., S.I. Bhuiyan, T.P. Thuong y R. Barker (1998). *Producing More Rice with Less Water from Irrigated Systems*. International Irrigation Management Institute, Colombo, Sri Lanka. http://books.irri.org/DPS29_content.pdf
- Gujja, B. *et al.* (2012). *SSI: Sustainable Sugarcane Initiative – Producing More with Less*. AgSri, Hyderabad, India. http://www.agsri.com/images/documents/ssi/ssi_manual_2012.pdf
- Hameed, K.A., A-K. J. Mosa y F.A. Jaber (2011). Irrigation water reductions using System of Rice Intensification compared with conventional cultivation methods in Iraq. *Paddy and Water Environment*, 9, 121-127. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10333-010-0243-1>
- Hengsdijk, H. y P. Bindraban, eds. (2001). *Water-Saving Rice Production Systems: Proceedings of an International Workshop at Nanjing Agricultural University, China, del 2 al 4 de abril, 2001*. Informe 33, Plant Research Intl, Wageningen. http://s3.amazonaws.com/zanran_storage/www.waterfoodecosystems.nl/ContentPages/17114649.pdf
- Hirsch, R. (2000). *La rizicultura malgache revisitée: Diagnostic et perspectives (1993-99)*. Agencia Francesa de Desarrollo, Département des Politiques et des Etudes, Antananarivo, enero.
- Horie, T., T. Shiraiwa, K. Homma, K. Katsura, S. Maeda, y H. Yoshida (2005) Can yields of lowland rice resume the increases that they showed in the 1980s? *Plant Production Science*, 8: 257-272. https://www.jstage.jst.go.jp/article/pps/8/3/8_3_259/article
- Husain, A.M. Muazzam (2002). Experience with SRI methods in Bangladesh. In: N. Uphoff *et al.*, eds., *Assessments of the System of Rice Intensification: Proceedings of an international conference held in Sanya, China, del 1.º al 4 de abril, 2002*, 49-51. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_11.pdf

- Husain, A.M. Muazzam, G. Chouhan, P. Barua, A.F.M. Razib Uddin y A.B.M.Z. Rahim (2004). Final Evaluation Report on Verification and Refinement of the System of Rice Intensification (SRI) Project in Selected Areas of Bangladesh (SP 36 02). Informe al Proyecto PETRRA, IRRI/Bangladés, Dhaka.
<http://sri.cals.cornell.edu/countries/bangladesh/bangpetfrep.pdf>
- Hussain Reddy, P.B., S. Sreenivasulu y C. Manohar (2011). *Direct-Seeding with Drum Seeder*. RASS-Acharya Ranga KVK, Tirupati, Andhra Pradesh, India. http://sri.cals.cornell.edu/countries/india/AP/InAPDrumSeederRpt_KVKBalaReddy09.pdf
- Jagannath, P., H. Pullabhotla y N. Uphoff (2013). Meta-analysis evaluating water use, water saving, and water productivity in irrigated production of rice with SRI vs. standard management methods. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 14-49.
<http://140.112.63.162/pdf/61/61-4-14-49.pdf>.
- Jin, X.Y., J.H. Kim, T. Sun, W.N. Shang, D.P. Li y F.H. Xu (2005). Summary study of 3-S cultivating technique of rice in cold zone. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 21:136-141 (en chino).
- Johnson, B.K. (1994). Soil survey. *In: Final Report for the Agricultural Development Component of the Ranomafana National Park Project in Madagascar*, 5-12. Departamento de Ciencias del Suelo, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, NC.
- Karki, S. (2010). *System of Rice Intensification: An Analysis of Adoption and Potential Environmental Benefits*. Tesis de maestría. Universidad Noruega de las Ciencias de la Vida, Ås, Noruega.
- Kabir, H. y N. Uphoff (2007). Results of disseminating the System of Rice Intensification (SRI) with farmer field school methods in northern Myanmar. *Experimental Agriculture*, 43: 463-476.
<http://dx.doi.org/10.1017/S0014479707005340>
- Karthikeyan, K., S. Jacob y S.M. Purushotaman (2010). Incidence of insect pests and natural enemies under SRI method of cultivation. *Oryza*, 47: 154-157. <http://indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:oryza&volume=47&issue=2&article=015>
- Kassam, A., T. Friedrich, J. Pretty y F. Shaxson (2009). The spread of conservation agriculture: Justification, sustainability and uptake. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 7, 292-320. <http://www.julespretty.com/wp-content/uploads/2013/09/13.-Cons-Ag-Kassam-et-al-IJAS-2009.pdf>
- Katayama, T. (1951). *Ine mugi no bungetsu kenkyu* (Studies on Tillering in Rice, Wheat and Barley). Tokio: Yokendo Publishing.
- Khalid, A., M.A. Arshad y Z.A. Zahir (2006). Phytohormones: Microbial production and applications. In N. Uphoff *et al.*, eds., *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, 207-220. CRC Press, Boca Ratón, FL.
- Khalid, F. (2013). Improving the performance of system of rice intensification by seed priming. Versión preliminar de tesis de doctorado de la Universidad de la Agricultura, Faisalabad.
- Kimura, S.D. (2009). Methane and nitrous oxide emissions from paddy rice fields in Indonesia: Comparison of SRI and surrounding conventional fields.
<http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/0890-dorotheamethane-and-nitrous-oxide-emissions-from-paddy-rice-fields-in-indonesia-comparison-of-sri-and-surrounding-conventional-fields>

- Kirk, G.J.D., y D.R. Bouldin (1991). Speculations on the operation of the rice root system in relation to nutrient uptake. In: F. W. T. Penning de Vries *et al.*, eds., *Simulation and Systems Analysis for Rice Production*, 195-203. Pudoc Publishing Company, Wageningen, Países Bajos.
- Lartigue, L. (2004). New techniques improve rice harvest in rural Sierra Leone. *Reconstruction and Reintegration*, 6 de feb. Misión de la USAID, Freetown.
- Laulanié, H. (1992). Technical presentation on the System of Rice Intensification based on Katayama's tillering model. Sin publicar. Asociación Tefy Saina, Antananarivo. <http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/Laulanie.pdf>
- Laulanié, H. (1993). Le système de riziculture intensive malgache. *Tropicultura* (Bruselas), 11: 110-114. <http://www.tropicultura.org/text/v11n3/110.pdf>. (Esta revista publicó un resumen de este artículo en volumen 29: 183-187 (2011): <http://www.tropicultura.org/text/v29n3/129.pdf>).
- Laulanié, H. (2003). *Le Riz à Madagascar: Un Développement en Dialogue avec les Paysans*. Editions Karthala, París.
- LEISA (2013). SRI: Much more than rice. Special issue of *Farming Matters*, 29:1, Centre for Learning on Sustainable Agriculture, Wageningen, Países Bajos <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/sri> -- también ediciones para:
- América Latina (en español): <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/el-sica/>
 - El oeste de África (en francés): http://www.iedafrique.org/IMG/pdf/Agridape_no29-1-final.pdf
 - El este de África: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/east-africa/sri>
 - India <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/india/sri>
 - China (en chino): file:///C:/Users/ntu1/Downloads/LEISA_China_2013_SRI.pdf
- Leesawatwong, M., S. Jamjod, J. Kuo, B. Dell y B. Rerkasem (2004). Nitrogen fertilizer alters milling quality and protein distribution in head rice. Poster para la Cuarta Conferencia Internacional de la Ciencia de Cultivos, Brisbane, Australia. http://www.regional.org/au/asa/2004/poster/5/1/1/503_leesawatwong.htm
- Li X.Y., X.L. Xu y H. Li (2005). A socio-economic assessment of the System of Rice Intensification (SRI): A case study of Xinsheng Village, Jianyang County, Sichuan Province. Informe de la Facultad de Humanidades y Desarrollo, Universidad Agrícola de China, Beijing; publicado en *Chinese Rural Economy* (2006), 13- 22 (en chino). <http://sri.cals.cornell.edu/countries/china/cnciadeng.pdf>
- Lim, S. (2007). *Experiences in Multi-Purpose Farm Development: Raising Household Incomes in Cambodia by Utilizing Productivity Gains from the System of Rice Intensification*. Centro de Estudio y Desarrollo de la Agricultura Camboyana (CEDAC), Nom Pen. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/cambSidMPREng.pdf>
- Lin, X.Q., D.F. Zhu, H.Z. Chen, S.H. Cheng y N. Uphoff (2009). Effect of plant density and nitrogen fertilizer rates on grain yield and nitrogen uptake of hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agrobiotechnology and Sustainable Development*, 1: 44-53.
- Lin, X.Q., D.F. Zhu y X.J. Lin (2011). Effects of water management and organic fertilization with SRI crop practices on hybrid rice performance and rhizosphere dynamics. *Paddy and Water Environment*, 9: 33-39. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10333-010-0238-y>

- Lu, S.H., Y.J. Dong, J. Yuan, H. Lee y H. Padilla (2013). A high-yielding, water-saving innovation combining SRI with plastic cover on no-till raised beds in Sichuan, China. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 94-109. <http://140.112.63.162/pdf/61/61-4-94-109.pdf>
- Lyman, J., J. Lyman, y S. Rasmei (2007). Rice production in the Family Food Production project. Informe del Proyecto Benéfico de los Santos de los Últimos Días, Nom Pen. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/camldsrpt07.pdf>
- Ma, J. (2004). Evaluation of grain quality characteristics of SRI. Reporte presentado en la Décima Conferencia sobre Teoría y Práctica del Arroz de Alta Calidad y Alto Rendimiento, China, Harbin.
- Mati, B.M., R. Wanjugu, B. Odongo y P.G. Home (2011). Introduction of the System of Rice Intensification in Mwea Irrigation Scheme. *Paddy and Water Environment*, 9: 145-154.
- Matsuo, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara y H. Hirate, eds. (1993). *Science of the Rice Plant*, 3 volúmenes. Centro de Investigaciones sobre Políticas Alimentarias y Agrícolas, Tokio.
- McDonald, A., P.R. Hobbs y S.J. Riha (2006). Does the System of Rice Intensification outperform conventional best management? A synopsis of the empirical record. *Field Crops Research*, 96: 31–36. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429005001152>
- Menete, M.Z.L., H.M. van Es, R.M.L. Brito, S.D. DeGloria y S. Famba (2008). Evaluation of system of rice intensification (SRI) component practices and their synergies on salt-affected soils. *Field Crops Research*, 109: 34-44. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037842900800124X>
- Merrill-Sands, D. y D. Kaimowitz (1992). *The Technology Triangle: Linking Farmers, Technology Transfer Agents, and Agricultural Researchers*. Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional, La Haya.
- Ministerio de Recursos Hídricos (2006). *Report of Subcommittee on More Crop and Income per Drop of Water*, presidido por M.S. Swaminathan. Gobierno de la India, Nueva Delhi. <http://www.indiawaterportal.org/sites/indiawaterportal.org/files/GOI%20-%20More%20Crop%20per%20Drop%20Report.pdf>
- Mishra, A., M. Whitten, J. W. Ketelaar y V.M. Salokhe (2006). The System of Rice Intensification (SRI): A challenge for science and an opportunity for farmer empowerment toward sustainable agriculture. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 4: 193-212. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14735903.2006.9684802>
- Mishra, A. y V.M. Salokhe (2008). Seedling characteristics and the early growth of transplanted rice under different water regimes. *Experimental Agriculture*, 44: 1-19. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=1911668&fileId=S0014479708006388>
- Moreau, D. (1986). *L'analyse de l'élaboration du rendement du riz: Les outils du diagnostic*. GRET, París.
- Moser, C.M. y C.B. Barrett (2003). The disappointing adoption dynamics of a yield-increasing low external-input technology: The case of SRI in Madagascar. *Agricultural Systems*, 76: 1085-1100. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X02000410>

- Mrunalini, A. y M. Ganesh (2008). Work load on women using cono weeder in SRI method of paddy cultivation. *Oryza*, 5: 58-61. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:oryza&volume=45&issue=1&article=013>
- Namara, R.E., P. Weligamage y R. Barker (2003). *Prospects for Adopting the System of Rice Intensification in Sri Lanka: A Socio-Economic Assessment*. Research Report No. 75. Instituto Internacional de Gestión de los Recursos Hídricos, Colombo.
- Namara, R.E., D. Bossio, P. Weligamage y I. Herath (2008). The practice and effects of System of Rice Intensification (SRI) in Sri Lanka. *Quarterly Journal of International Agriculture*, 47: 5-23.
- Ndiiri, J.A., B.M. Mati, P.G. Home, B. Odongo y N. Uphoff (2013). Adoption, constraints and economic returns of paddy rice under the system of rice intensification in Mwea, Kenya. *Agricultural Water Management*, 129: 44-55.
- NDTV (2013). Bihar potato farmer sets new world record. *Indo-Asian News Service*, 18 de febrero. <http://www.ndtv.com/india-news/bihar-potato-farmer-sets-new-world-record-513698>
- Nemoto, K., S. Morita y T. Baba (1995). Shoot and root development in rice related to the phyllochron. *Crop Science*, 35: 24-29. <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/abstracts/35/1/CS0350010024>
- Neue, H.-U. (1993). Methane emissions from rice fields: Wetland rice fields may make a major contribution to global warming. *BioScience*, 43:466-473. <http://www.ciesin.columbia.edu/docs/004-032/004-032.html>
- Neupane, R.B. (2003). System of Rice Intensification (SRI): A new method of rice establishment. Nepal Wheat Research Program, Bhairahawa. <http://www.slideshare.net/SRI.CORNELL/0205-sri-a-new-method-of-rice-establishment>
- Pandian, B. J., D. Rajakumar y S. Chellumuthu (2011). *System of Rice Intensification: A Synthesis of Scientific Experiences and Experiments*. Universidad Agrícola de Tamil Nadu y Consorcio Nacional para el SRI (NCS), Delhi. http://www.sri-india.net/Round_Table_Discussion/Documents/NCS_Book.pdf
- Porte, D., R. Verzola y N. Uphoff (2006). Using golden apple snails for weed control: Philippine farmer experience. In *Global Advances in Ecology and Management of Golden Apple Snails*, eds. R.C. Joshi y L.S. Sebastien, 505-506. Instituto Filipino para la Investigación sobre el Arroz, Muñoz, Filipinas.
- PRADAN (2012). *Cultivating Finger Millet with SRI Principles: A Training Manual*. PRADAN, Ranchi, Jharkhand, y Sir Dorabji Tata Trust, Mumbai, disponible en inglés en: http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/fingermillet/In_SFMI_Pradan.pdf
- Prasad, A. (2008). Going against the grain: The system of rice intensification is now being adapted to wheat – with similar good results. *Outlook Business*, 18 de octubre, 54-55. http://business.outlookindia.com/article_v3.aspx?artid=101598
- Puard, M., P. Couchat y G. Lasceve (1986). Importance de l'oxygénation des racines du riz (*Oryza sativa*) en culture inondée. *L'Agronomie Tropicale*, 44, 119-123.
- Rabenandrasana, J. (1999). Revolution in rice intensification in Madagascar. *LEISA Newsletter*, n.º 15, diciembre. <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/global/agrobiodiversity/revolution-in-rice-intensification-in-madagascar>
- Rajkishore, S.K., P. Doraisamy, K.S. Subramanian y M. Maheswari (2013). Methane emission patterns and their associated soil microflora with SRI and conventional systems of rice cultivation in Tamil Nadu, India. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 126-134. <http://140.112.63.162/pdf/61/61-4-126-134.pdf>

- Rajkishore, S.K. N.S. Vignesh, P. Doraisamy y M. Maheswari (2015). Methane emission from rice ecosystems: 100 years of research. *The Ecoscan*, 9: 181-193.
- Ramakrishnan, T. y B. Kolappan (2014). TN bags Krishi Karman for pulses production. *The Hindu*, 16 de diciembre. <http://www.thehindu.com/news/national/tamil-nadu/tn-bags-krishi-karman-for-pulses-production/article6695377.ece>
- Ramasamy, S., S. Susheela y K. Sasthyamoorti (2006). Direct-Planting System – Energy-Saving, High-Output Rice Establishment Technique for Lowland. Poster presentado en el Segundo Congreso Internacional sobre el Arroz, Nueva Delhi, octubre. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/india/tamilnadu/extmats/intnramasapster06.pdf>
- Ramzi, A.M. y H. Kabir (2013). Rice production under water management constraints with SRI methods in northeastern Afghanistan. *Taiwan Water Conservancy*, 61: 76-85. <http://140.112.63.162/pdf/61/61-4-76-85.pdf>
- Randriamiharisoa, R. (2002). Research results on biological nitrogen fixation with the System of Rice Intensification. In: N. Uphoff et al., eds., *Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, April 1-4, 2002*. Ithaca, Nueva York: CIIFAD, 148-157. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_33.pdf
- Randriamiharisoa, R. y N. Uphoff. (2002). Factorial trials evaluating the separate and combined effects of SRI practices. In: N. Uphoff et al., eds., *Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, April 1-4, 2002*. Ithaca, Nueva York: CIIFAD, 40-46. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_10.pdf
- Rangarajan, S., L.M. Saleena y S. Nair (2002). Diversity of *Pseudomonas* spp. isolated from rice rhizosphere populations grown along a salinity gradient. *Microbial Ecology*, 42: 280 -289.
- Resurrection, B.P., E.E. Sajor y H. Sophea (2008). Gender Dimensions of the Adoption of the System of Rice Intensification (SRI) in Cambodia. Oxfam/América, Nom Pen, Camboya. http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/cambOxfamSRI_GenderEval08.pdf
- Rickman, J.F. (2003). Preliminary results: Rice production and the System of Rice Intensification (SRI). <http://sri.cals.cornell.edu/countries/philippines/irrieval.pdf>
- Sabarmatee (2013). Beyond Stereotypes – Understanding the Gender Dynamics of Weeder Use in System of Rice Intensification (SRI): Casos de Odisha, India. Presentación de Powerpoint del seminario de desarrollo rural, Singapur.
- Sato, S. y N. Uphoff (2007). A review of on-farm evaluations of system of rice intensification in Eastern Indonesia. *CAB Review of Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 2, 054. CABI International, Wallingford, Reino Unido. <http://www.cabi.org/cabreviews/review/20073206798>
- Satyanarayana, A.S., T.M. Thiyagarajan y N. Uphoff (2006). Opportunities for water saving with higher yield from the System of Rice Intensification. *Irrigation Science*, 25:99-115. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00271-006-0038-8>
- Schlaeppli, K. y D. Bulgarelli (2015). The plant microbiome at work. *Molecular Plant Microbe Interactions*, 28: 212-217.
- Senanayake, N. y A. Mukherji (2014). Irrigating with arsenic-contaminated groundwater in West Bengal and Bangladesh: A review of interventions for mitigating adverse health and crop outcomes. *Agricultural Water Management*, 135: 90-99.

- Setiawan, B.I., A. Irmansyah, C. Arif, T. Watanabe, M. Mizoguchi y H. Kato (2014). SRI paddy growth and greenhouse gas emissions at various groundwater levels. *Irrigation and Drainage*, 63: 612-620.
- Sharif, A. (2011). Technical adaptations for mechanized SRI production to achieve water saving and increased profitability in Punjab, Pakistan. *Paddy and Water Environment*, 9:111-119. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10333-010-0223-5>
- Sheehy, J.E., S.B. Peng, A. Dobermann, P.L. Mitchell, A. Ferrer, J.C. Yang, Y.B. Zou, X.H. Zhong y J.L. Huang (2004). Fantastic yields in the system of rice intensification: Fact or fallacy? *Field Crops Research*, 88: 1-8. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429004000036>
- Sinclair, T.R. (2004). Agronomic UFOs waste valuable scientific resources. *Rice Today*, 3: 43. Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, Los Baños, Filipinas.
- Sinclair, T.R. y K.G. Cassman (2004). Agronomic UFOs? *Field Crops Research*, 88: 9-10. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378429004000024>
- Singh, M.P. (2011). Organic rice cultivation transforming lives of Damoh farmers. *The Hindu*, 28 de nov. <http://www.thehindu.com/sci-tech/agriculture/article2668286.ece>
- Sinha, S.K. y J. Talati (2005). Impact of the System of Rice Intensification (SRI) on rice yields: Results of a new sample study in Purulia District, India. Programa de Investigación sobre Políticas del Agua IWMI-Tata, Informe 47. Instituto Internacional de Gestión de los Recursos Hídricos, Programa de la India, Anand.
- Sinha, S.K. y J. Talati (2007). The impact of system of rice intensification (SRI) on paddy productivity: Results of a study in Purulia District, Bengala Occidental, India. *Agricultural Water Management*, 87: 55-60.
- Sooksa-nguan, T., J.E. Thies, P. Gypmantsiri, N. Boonkerd y N. Teaumroong (2009). Effect of rice cultivation systems on nitrogen cycling and nitrifying bacterial community structure. *Applied Soil Ecology*, 43: 139-149.
- SRI-Rice (2014). *The System of Crop Intensification (SCI): Agroecological Innovations for Improving Agricultural Production, Food Security and Resilience to Climate Change*. SRI-Rice, Universidad Cornell, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/aboutsri/othercrops/SCImonograph_SRIrice2014.pdf
- Styger, E., M.A. Attaher, H. Guindo, H. Ibrahim, M. Diaty, I. Abba y M. Traore (2011). Application of system of rice intensification practices in the arid environment of the Timbuktu region of Mali. *Paddy and Water Environment*, 9:137-144. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10333-010-0237-z/fulltext.html>
- Stoop, W.A. (2011). The scientific case for the System of Rice Intensification and its relevance for sustainable crop intensification. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 9, 443-455.
- Stoop, W.A., N. Uphoff y A. Kassam (2002). Research issues raised for the agricultural sciences by the System of Rice Intensification (SRI) from Madagascar: Opportunities for improving farming systems for resource-limited farmers. *Agricultural Systems*, 71:1.
- Stoop, W.A. y A. Kassam (2005). The SRI controversy: A response. *Field Crops Research*, 91, 357-360.
- Surridge, C. (2004). Rice cultivation: Feast or famine? *Nature*, 428 (25 de marzo): 360-361. <http://dx.doi.org/10.1038/428360a>
- Sutton, M.A., C.M. Howard y J.W. Erisman (2011). *The European Nitrogen Assessment: Sources, Effects and Policy Perspectives*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

- Tanaka, A. (1958). Studies on the characteristics of physiological functions of the leaf at a definite position on a stem of the rice plant: Accumulation of carbohydrate in the leaf at a definite position. *Journal of Science and Soil Manure*, 29: 291-294.
- Tao, L.X., X. Wang y S.K. Min (2002). Physiological effects of SRI methods on the rice plant. In: N. Uphoff *et al.*, eds., *Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, April 1-4, 2002*, 132-136. CIIFAD, Ithaca, NY. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_29.pdf
- Tech, C. (2004). *Ecological System of Rice Intensification (SRI): Impact Assessment, 2001-2003*. Centro de Estudio y Desarrollo de la Agricultura Camboyana, Nom Pen, mayo. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/cambodia/camcedacimpact03.pdf>
- Thakur, A.K., N. Uphoff y E. Antony (2010). An assessment of physiological effects of system of rice intensification (SRI) practices compared to recommended rice cultivation practices in India. *Experimental Agriculture*, 46: 77-98. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=6698072&fileId=S0014479709990548>
- Thakur, A.K., S. Rath y K.G. Mandal (2013). Differential responses of system of rice intensification (SRI) and conventional flooded-rice management methods to nitrogen fertilizer. *Plant and Soil*, 370: 59-71. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-013-1612-5>
- Thakur, A.K., R.K. Mohanty, R. Singh y D.U. Patil (2015). Enhancing water and cropping productivity through Integrated System of Rice Intensification (ISRI) with aquaculture and horticulture under rainfed conditions. *Agricultural Water Management*, 161: 65-76. <http://www.sciencedirect.com/science/journal/03783774>
- The Hindu* (2013). Woman farmer honoured for record rice yield, 22 de enero. <http://www.thehindu.com/todays-paper/tp-national/tp-tamilnadu/woman-farmer-honoured-for-record-rice-yield/article4331136.ece>
- The Hindu* (2014). Madurai ryot hits bumper harvest, 2 de mayo. <http://www.thehindu.com/todays-paper/tp-national/tp-tamilnadu/madurai-ryot-hits-bumper-harvest/article5968118.ece>
- The Times of India* (2014). Farmer reaps high yield by combining organic, inorganic fertilizers, 2 de mayo. <http://timesofindia.indiatimes.com/city/madurai/Farmer-reaps-high-yield-by-combining-organic-inorganic-fertilisers/articleshow/34506408.cms>
- Thies, J. y J. Grossman (2006). The soil habitat and soil ecology. In N. Uphoff *et al.*, eds., *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*, 59-78. CRC Press, Boca Ratón, Florida.
- Thiyagarajan, T.M. *et al.* (2005). Evaluation of water saving irrigation and weeder use on the growth and yield of rice. In: T.M. Thiyagarajan, H. Hengsdijk, y P.S. Bindraban (eds). *Transitions in Agriculture for Enhancing Water Productivity: Proceedings of an International Symposium held in Killikulam, Tamil Nadu, India, September 23-25, 2003*, pp 3-18. Universidad Agrícola de Tamil Nadu, Coimbatore, y Plant Research International, Wageningen, Países Bajos.
- Thomas, V. y A.M. Ramzi (2011). SRI contributions to rice production dealing with water management constraints in northeastern Afghanistan. *Paddy and Water Environment*, 9, 101-109. <http://link.springer.com/article/10.1007/s10333-010-0228-0>
- Turmel, M-S. (2011). Soil Properties and the Response of Rice Production to Water Regime and Fertilizer Source in Low Fertility Soils in the Republic of Panama. Tesis de doctorado, Plant Science Department, Universidad McGill, Montreal.

- Turmel, M-S., B.L. Turner y J.K. Whalen (2011). Soil fertility and yield response to the System of Rice Intensification. *Journal of Renewable Agriculture and Food Systems*, 26: 185-192. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/17529/stri_Renewable_Agric_Food_Syst_26_185-192.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Turner, B.L. y P.M. Haygarth (2001). Phosphorus solubilization in rewetted soils. *Nature*, 411: 258. <http://www.nature.com/nature/journal/v411/n6835/full/411258a0.html>
- Turner, T.R., E.K. James y P.S. Pool (2013). The plant microbiome. *Genome Biology*, 14. <http://genomebiology.com/2013/14/6/209>
- Uphoff, N. (1999). Agroecological implications of the System of Rice Intensification. *Environment, Development and Sustainability*, 1: 297-313. <http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1010043325776#page-1>
- Uphoff, N. (2002). Opportunities for raising yields by changing management practices: The System of Rice Intensification in Madagascar. In: *Agro-ecological Innovations: Increasing Food Production with Participatory Development*, ed. N. Uphoff, 146-161. Earthscan Publishers, Londres.
- Uphoff, N. (2003). Trip report from SRI visit to the Philippines, del 12 al 19 de marzo, 2003. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/philippines/philstrep03.pdf> (page 7).
- Uphoff, N. (2005). Report on a visit to India and Bangladesh regarding SRI progress, del 16 al 17 de febrero, 2005. http://sri.cals.cornell.edu/countries/bangladesh/indiabang_trep205.pdf
- Uphoff, N. (2007a). Agroecological alternatives: Capitalizing on genetic potentials. *Journal of Development Studies*, 43: 218-236. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00220380601055700>
- Uphoff, N. (2007b). Report on a visit to China to review SRI progress, del 9 al 18 de agosto, 2007. CIIFAD. <http://sri.cals.cornell.edu/countries/china/cnntutrep0807.pdf>
- Uphoff, N. (2008). Why do reported SRI yields differ so much? Some thoughts. *SRI Newsletter*, 3: 5-7. WWF-ICRISAT Dialogues Project, Hyderabad, India. http://www.wassan.org/sri/documents/SRI_Newsletter_November_2008_No_3.pdf
- Uphoff, N. (2011). Agroecological approaches to 'climate-proofing' agriculture while raising productivity in the 21st century. In: *Sustaining Soil Productivity in Response to Global Climate Change*, eds. T. Sauer, J. Norman y M. Sivakumar, 87-102. Wiley-Blackwell, Hoboken, Nueva Jersey.
- Uphoff, N. (2012a). Comment on 'The System of Rice Intensification: Time for an empirical turn [NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences, 57, 217-224]. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 59: 53-60.
- Uphoff, N. (2012b). We are not alone: Messages from inner space. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 10: 263-267.
- Uphoff, N. y R. Randriamiharisoa (2002). Reducing water use in irrigated rice production with the Madagascar System of Rice Intensification. In: B.A.M. Bouman, H. Hengsdijk, B. Hardy, P.S. Bindraban, T.P. Tuong y J.K. Ladha, eds., *Water-wise Rice Production: Proceedings of the International Workshop, del 8 al 11 de abril de 2002*, 71-88. Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, Los Baños, Filipinas. <http://irri.org/resources/publications/books/item/water-wise-rice-production>
- Uphoff, N., A. Ball, E.C.M. Fernandes, H. Herren, O. Husson, M. Laing, C. Paul, J. Pretty, P.A. Sanchez, N. Sanginga y J.E. Thies, eds. (2006). *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Boca Ratón, Florida.

- Uphoff, N., A. Kassam y W. Stoop (2007). A critical assessment of a desk study comparing crop production systems: The example of the 'system of rice intensification' versus 'best management practice.' *Field Crops Research*, 108: 109-114.
- Uphoff, N., I. Anas, O.P. Rupela, A.K. Thakur y T.M. Thiyagarajan (2009). Learning about positive plant-microbial interactions from the System of Rice Intensification (SRI). *Aspects of Applied Biology*, 98, 29-54.
- Uphoff, N., F. Chi, F.B. Dazzo y R.J. Rodriguez (2013). Soil fertility as a contingent rather than inherent characteristic: Considering the contributions of crop-symbiotic soil microbiota. In: *Principles of Sustainable Soil Management in Agroecosystems*, eds. R. Lal y B. Stewart, 141-166. CRC Press, Boca Ratón, Florida.
- Uphoff, N., V. Fasoula, A. Kassam, I. Anas y A.K. Thakur (2015). Improving the phenotypical expression of rice genotypes: Rethinking 'intensification' for production systems and selection practices for rice breeding. *Crop Journal*, 3: 174-189. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214514115000446/pdf?md5=e0f8d8399da768753cac24e7fb12b948&pid=1-s2.0-S2214514115000446-main.pdf>
- Veeramani, P., R. Durai Singh y K. Subrahmaniyan (2012). Study of phyllochron – System of Rice Intensification (SRI) technique. *Agricultural Science Research Journal*, 2: 329-334.
- Vent, O., Sabarmatee y N. Uphoff (2016). The System of Rice Intensification and its impacts on women: Reducing pain, discomfort and labor in rice farming while enhancing household food security. In A. Fletcher y W. Kubik, *Women in Agriculture Worldwide*, Routledge, London, Reino Unido.
- Vidal, J. (2013). India's rice revolution. *Sunday Guardian*, 16 de feb. <http://www.guardian.co.uk/global-development/2013/feb/16/india-rice-farmers-revolution>
- Xu, X.Y., S.P. McGrath, A.A. Meharg y F.J. Zhao (2008). Growing rice aerobically markedly decreases arsenic accumulation. *Environmental Science and Technology*, 42: 5574-5579.
- Wang, S.H., W.X. Cao, D. Jiang, T.B. Dai y Y. Zhu (2002). Physiological characteristics and high-yield techniques with SRI rice. In: N. Uphoff et al., eds., *Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, del 1.º al 4 de abril, 2002*, 116-124. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_27.pdf
- Wu, W. y N. Uphoff (2015). A review of System of Rice Intensification in China. *Plant and Soil*, 393, 361-381. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11104-015-2440-6#page-1>
- Xu, F.Y., J. Ma, H.Z. Wang, H.Y. Liu, Q.L. Huang y W.B. Ma (2005). Rice quality under the cultivation of SRI. *Acta Agronomica Sinica*, 31: 577-582 (en chino).
- Xu, X.Y., S.P. McGrath, A.A. Meharg y F.J. Zhao (2008). Growing rice aerobically markedly decreases arsenic accumulation. *Environmental Science and Technology*, 42: 5574-5579.
- Yanni, Y.G., R.Y. Rizk, F.K. Abd El-Fatah et al. (2001). The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobacterium leguminosarum* bv. *trifolii* in rice roots. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 845-870.
- Ying, J., S.B. Peng, Q. He, H. Yang, C. Yang, R. M. Visperas y K.G. Cassman (1998). Comparison of high-yield rice in tropical and subtropical environments: In: Determinants of grain and dry matter yields. *Field Crops Research* 57: 71-84.

- Yoshida, S. (1981). *Fundamentals of Rice Crop Science*. Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, Los Baños, Filipinas.
- Yuan, L.P. (2002). A scientist's perspective on experience with SRI in China for raising the yields of super hybrid rice. *In: N. Uphoff et al., eds., Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, April 1-4, 2002*, 23-25. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_06.pdf
- Zhao, L.M., L.H. Wu, Y.S. Li, X.H. Lu, D.F. Zhu y N. Uphoff (2009). Influence of the System of Rice Intensification on rice yield and on nitrogen and water use efficiency with different N application rates. *Experimental Agriculture*, 45, 275-286. <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=5855796&fileId=S0014479709007583>
- Zhao, L.M., L.H. Wu, Y.S. Li, S. Animesh, D.F. Zhu y N. Uphoff (2010). Comparisons of yield, water use efficiency, and soil microbial biomass as affected by the System of Rice Intensification. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41: 1-12.
- Zhu, D.F., S.H. Cheng, Y.P. Zhang y X.Q. Lin (2002). Tillering patterns and the contribution of tillers to grain yield with hybrid rice and wide spacing. *In: N. Uphoff et al., eds., Assessments of the System of Rice Intensification (SRI): Proceedings of an international conference held in Sanya, China, April 1-4, 2002*, 125-131. CIIFAD, Ithaca, Nueva York. http://sri.cals.cornell.edu/proc1/sri_28.pdf
- Zhu, D.F., X.Q. Lin, X.Q. Xiong y H.Z. Chen, eds. (2006). *The Theory and Practice of SRI* (en chino). Chinese Publishing Company of Science and Technology, Beijing

Fuentes de las imágenes (*cortesía de)

Fotografía de la portada: Shuichi Sato, Nippon Koei, Tokio

- iii: Y.S. Koma, CEDAC, Nom Pen, Camboya
- iv: Rena Pérez, La Habana, Cuba
- viii: China National Hybrid Rice Research & Development Center, Sanya, China
- ix: Jorge Gil Chang, FUNDEC, Guayaquil, Ecuador; Óscar Montero, Guanacaste, Costa Rica
- x: Manuel Sánchez, IICA, Santo Domingo, República Dominicana; Erika Styger, SRI-Rice
- 1: Fundación Verde, Bangalore, India
- 3: Flooded Cellar Productions, Farnham, Surrey, Reino Unido
- 4: Khidhir Hameed, MRRS, Nayaf, Iraq
- 5: Moghanraj Yadhav, Nagipattanam, Tamil Nadu, India
- 7: Shuichi Sato, Tokio
- 8: George Rakotondrabe,* Antananarivo, Madagascar
- 9: Fundación Aga Khan, Kabul, Afganistán
- 10: Norman Uphoff, SRI-Rice
- 13: Fundación Verde, Bangalore, India
- 18: Miyatty Jannah, Crawak, Java Oriental, Indonesia
- 19: Flooded Cellar Productions, Farnham, Surrey, Reino Unido
- 20: Binju Abraham,* PRADAN, Ranchi, India
- 21: Devon Jenkins, SRI-Rice
- 22: Sitio web del IBM (World Bank Institute), Washington, D. C.
- 24: Asif Sharif, PEDAVER, Lahore, Pakistán
- 25: Fundación Aga Khan, Kabul, Afganistán
- 26: Andres Gonçalves, Centro Ecológico, Rio Grande do Sul, Brasil
- 28: Comité de Servicio de los Amigos Americanos, Filadelfia, EE. UU.
- 31: Miyatty Jannah, Crawak, Java Oriental, Indonesia; P. B. Hussain Reddy, KVK, Tirupati, AP, India
- 32: Rena Pérez, La Habana, Cuba; Anoop Tiwari, MPRLP, MP, India;
- 33: Fundación Verde, Bangalore, India; Shuichi Sato, Nippon Koei, Tokio
- 34: Gamini Batuwitage, Colombo, Sri Lanka
- 35: Norman Uphoff, SRI-Rice; Shuichi Sato, Nippon Koei, Tokio; Amrik Singh, ATMA, Gurdaspur, Punjab, India
- 36: Shuichi Sato, Nippon Koei, Tokio
- 37: Tim Krupnik, CIMMYT
- 40: Fundación Aga Khan, Kabul, Afganistán
- 41: Bancy Mati, JKUAT, Nairobi, Kenia
- 43: ATS, Antananarivo, Madagascar
- 44: ATS, Antananarivo, Madagascar
- 45: Glenn Lines,* CIIFAD
- 46: George Rakotondrabe,* Antananarivo, Madagascar
- 47: Zhu Defeng,* CNRRI, Hangzhou, China
- 48: Norman Uphoff, SRI-Rice
- 53: W.M. Premarathne,* Mellawalana, Sri Lanka

- 54: Iswandi Anas, IPB, Bogor, Indonesia
 55: SRI-Global, Ithaca, Nueva York, EE. UU.
 57: LDS Charities, Nom Pen, Camboya
 58: The Hindu, Madras
 59: Humayun Kabir, Fundación Metta para el Desarrollo, Rangún, Birmania
 62: Asif Sharif, Lahore, Pakistán
 67: Shuichi Sato, Nippon Koei, Tokio, Japón
 69: Henry Ngimbu, Centro de Innovación del SRI, Solwezi, Zambia
 72: J.D. Choi, Universidad Nacional de Kangwon, Chuncheon, Corea; Centro para la Solidaridad Mundial, Bhubaneswar, Odisha, India
 77: Bahman Larijani, Centro de Extensión y Desarrollo de la Tecnología de Haraz, Amol, Irán; Khidhir Hameed, MRRS, Nayaf, Iraq
 78: Biksham Gujja, AgSri, Hyderabad, India; *Karma Lhendup, Real Universidad de Bután
 82: Iswandi Anas, IPB, Bogor, Indonesia
 86: ATS, Antananarivo, Madagascar; Norman Uphoff, SRI-Rice
 87: Sunday Observer, Londres; Anil Verma,* PRAN, Gaya, Bihar, India
 90: Chris Evans, Centro de Permacultura del Himalaya, Humla, Nepal; Sabarmatee, Sambhav, Rohibank, Odisha, India
 94: Norman Uphoff, SRI-Rice
 95 : Norman Uphoff, SRI-Rice; Rajendra Uprety, DADO, Biratnagar, Nepal
 97: T.M. Thiyagarajan,* TNAU, Coimbatore, Tamil Nadu, India
 98: BIND, Bacólod City, Filipinas
 99: Humayun Kabir, Fundación de Desarrollo Metta, Rangún, Birmania
 100: Binju Abraham,* PRADAN, Ranchi, India
 102: Alapati Satyanarayana,* ANGRAU, Hyderabad, India
 103: Sabarmatee, Sambhav, Rohibank, Odisha, India
 105: Lotus Foods, San Francisco, California, EE. UU.
 108: Emily Sutanto,* BloomAgro, Yakarta, Indonesia
 109: Jin Xueyong,* NEAU, Harbin, China
 112: Chris Evans, Centro de Permacultura del Himalaya, Humla, Nepal; Erika Styger, Africare Mali and SRI-Rice
 114: Erika Styger, Africare Mali y SRI-Rice; Fundación Aga Khan, Kabul, Afganistán
 115: Ali Md. Ramzi, Fundación Aga Khan, Kabul, Afganistán
 117: Baharul Islam Majumdar, Departamento de Agricultura, Agartala, Tripura, India
 118: Maria Zelia Menete, Maputo, Mozambique
 119: Erika Styger, SRI-Rice
 127: Baharul Islam Majumdar, Departamento de Agricultura, Agartala, Tripura, India
 130: Y.S. Koma, CEDAC, Nom Pen, Camboya
 131: ATS, Antananarivo, Madagascar; Norman Uphoff, SRI-Rice
 133: Anischan Gani, Instituto de Investigación sobre el Arroz de la AARD, Sukamandi, Indonesia
 136: The Hindu; Gawain Sharp, Oxfam Nueva Zelanda; Gopal Swaminathan, Kadiramangalam, Tamil Nadu, India; KGVK Agro Ltd., Ranchi, Jharkhand, India
 140: Subasinghe Ariyaratne, System H, Tambuttagama, Sri Lanka

- 141: P. B. Hussain Reddy, Tirupati, AP, India; Rajeev Rajbhandari, IAAS, Rampur, Nepal
- 142: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma
- 144: Mustapha Ceessay,* Estación de Investigación del NARI, Sapu, Gambia
- 147: Gamini Batuwitage,* Colombo, Sri Lanka; T.M. Thiyagarajan,* TNAU, Coimbatore, Tamil Nadu, India
- 148: Bancy Mati,* JKUAT, Nairobi, Kenia; Dill *et al.* (2013); Elske van de Fliert, programa FAO/ MIP, Hanoi, Vietnam
- 152: CEDAC, Nom Pen, Camboya
- 154: Proyecto de Diálogo WF-ICRISAT,* Hyderabad, India
- 156: Julius Fieshi, COOPBOD, Ndop, Camerún; Arayaphong y Bessonova (2014)
- 157: Anil Verma,* PRAN, Gaya, India
- 158: Sue Edwards,* ISD, Adís Abeba, Etiopía
- 159: Binju Abraham,* PRADAN, Ranchi, Jharkhand, India
- 161: Tareke Berhe,* ATA, Adís Abeba, Etiopía
- 162: Anil Verma,* PRAN, Gaya, Bihar, India
- 173: Rajendra Uprety, Oficina Distrital de Desarrollo Agrícola, Biratnagar, Nepal; Alapati Satyanarayana,* ANGRAU, Hyderabad, India
- 177: Zhu Defeng,* CNRRI, Hangzhou, China
- 179: Bancy Mati,* JKUAT, Nairobi, Kenia
- 181: Erika Styger,* SRI-Rice
- 183: Shuichi Sato,* Tokio, Japón; Rena Pérez, La Habana, Cuba
- 186: Khidhir Hameed,* MRRS, Nayaf, Iraq; Bahman Larijani,* Centro de Extensión y Desarrollo de la Tecnología de Haraz, Amol, Irán
- 188: Victor Lee,* Singapur; Gamini Batuwitage,* Colombo, Sri Lanka
- 192: Robert Bimba, CHAP, Monrovia, Liberia
- 212: Mike Mack,* Syngenta, Basilea, Suiza; Iswandi Anas,* IPB, Indonesia



*En la fotografía, gerente general de Syngenta Mike Mack sostiene un escardillo en una parcela de demostración del SRI ubicada en Chennai, **India**. Se ha recibido cooperación no esperada por parte de algunas organizaciones para llevar a cabo el trabajo del SRI. La Fundación de Desarrollo Syngenta ha apoyado los ensayos y las demostraciones efectuados en India y Mali, y Syngenta Bangladesh Co. Ltd fue uno de los miembros fundadores de la Red Nacional del SRI en Bangladés.*



*El ejército de **Indonesia** invitó a la Asociación del SRI de su país a brindar capacitación práctica sobre este sistema a algunos de sus funcionarios de alto nivel. En la fotografía, a la derecha, aparecen varios de ellos, incluido un general, intentando llevar a cabo el trasplante con la supervisión de un agricultor. Iswandi Anas, el coordinador de Ina-SRI (con camisa roja), quien les había dado lecciones sobre el SRI, los observa.*

Índices

Países mencionados

Afganistán, 9, 15, 21, 25, 40, 54, 113-115, 175, 176, 179
 África Occidental, 179
 Bangladés, 21, 49, 50, 175, 176, 178, 185, 190, 212
 Benín, 21, 28, 49
 Birmania, 9, 14, 21, 48, 50, 54, 58-59, 99, 178, 179
 Brasil, 21, 26
 Burkina Faso, 21, 37
 Burundi, 3, 21, 179
 Bután, 21, 78
 Camboya, ii-iii, v, viii, 8, 19, 21, 23, 39-40, 48, 50, 56-57, 66, 95, 103-105, 128-129, 130, 144, 146, 152, 154, 175, 176, 178, 179, 180, 181, 185, 189-190
 Camerún, 21, 28, 51, 156, 176
 Canada, 51
 China, vii, viii, 8, 12, 13, 21, 23, 27, 37, 39, 47-48, 49, 50, 61, 67, 76, 88, 109-110, 116, 150, 171, 174, 175, 176, 183, 191
 Colombia, 27, 28
 Corea, 11, 21, 71, 72, 175
 Costa de Marfil, 21
 Costa Rica, ix, 21, 175
 Cuba, iii-iv, viii, 8, 21, 32, 50, 145, 160, 174, 175, 183, 189
 Corea del Norte, 21, 28, 176, 177, 178, 179
 Ecuador, 22, 51, 175
 Egipto, 21, 38, 175, 182
 Estados Unidos, 21, 51
 Etiopía, 19, 157, 158, 159, 160-161, 162, 178, 180
 Filipinas, 8, 14, 19, 21, 48, 50, 51, 80, 98, 110, 152, 176, 178, 182
 Fiyi, 176
 Francia, 175
 Gambia, 21, 50, 113, 144, 175
 Ghana, 22, 51, 179
 Guinea, 21, 51
 Haití, x, 22, 51, 176, 178, 180, 182
 India, i, 5, 8, 10, 11, 15, 16, 17, 19-20, 21, 23, 29, 31, 32, 35, 57-58, 61, 63, 72-73, 81, 83, 86-89, 96-97, 99-100, 101-103, 116-117, 118-119, 126-128, 136, 141, 147, 154, 155, 157-158, 159, 160, 161-162, 172, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 183, 184, 189, 191, 212
 Indonesia, vi, 7, 9, 11, 18, 21, 23, 31, 33, 35, 36, 47, 57, 66-67, 81, 90, 93, 102, 105, 106, 131, 132-133, 171, 174, 175, 176, 178, 180, 183, 184, 185, 212
 Irán, 21, 77, 165, 175
 Iraq, 4, 9, 21, 51, 53, 70, 175, 185
 Islas Salomón, vi, 176
 Japón, 20, 22, 46, 60, 66, 163, 171, 174, 175, 178, 183

Kenia, 22, 41, 51, 113, 148, 157, 160, 175, 176, 177-178, 179, 183
Laos, 21, 50, 51, 176, 179, 180, 181
Liberia, vi, 22, 28, 104, 176, 192
Madagascar, iv, vi, vii, 3, 7-8, 16, 19, 21, 35, 42, 43-44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 68, 79, 83, 84-86, 92, 97, 103, 104, 105, 110, 113, 123, 137, 139, 142, 174, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 184, 185
Malawi, 22, 28, 51, 177, 180
Malasia, 22, 51, 108, 152, 176, 177, 178
Mali, 5, 14, 15, 21, 51, 54-55, 104, 112, 113-114, 119, 157, 158, 180, 181, 183, 212
Marruecos, 176, 177
Mozambique, 21, 51, 118, 180
Namibia, 175
Nepal, 9, 11, 21, 40, 50, 51, 53, 71, 80, 90, 95, 112, 113, 123, 125, 141, 149, 152, 157, 158, 172, 173, 177, 179, 180, 181
Níger, 21, 51
Nigeria, 21, 51
Pakistán, 21, 40, 51, 61-62, 177, 178, 189
Panamá, 22, 51, 59, 119, 177
Perú, 21, 51, 175, 177
República Democrática del Congo, 22, 28, 51, 179
República Dominicana, x, 21, 28, 175, 178
Ruanda, 3, 22, 51, 177, 180
Senegal, 21, 51
Sierra Leona, 8, 9, 21, 50, 52, 178, 179, 180
Sri Lanka, vi, 8, 9, 21, 34, 50, 52-53, 94, 101, 104, 146, 147, 150, 17, 29, 45, 48, 87, 93, 95, 130-131, 131-152, 172, 177, 178, 179, 180, 182, 186, 188
Taiwán, 22, 28, 51, 175
Tanzania, 22, 28, 51, 159, 177, 180
Tailandia, 21, 50, 110, 111, 175, 176, 177, 180, 185
Timor Oriental, 9, 22, 51, 53-54, 179, 180
Togo, 22, 51
Uruguay, 176
Vietnam, 11, 21, 23, 28-29, 46, 51, 68, 72, 140, 148, 177, 178, 179, 180, 186, 193
Zambia, 21, 51, 68-69, 177, 180

Personas mencionadas (*agricultores en cursiva*)

Miguel Altieri, EE. UU., 48
T. Amaralani, Tamil Nadu, India, 88
 Iswandi Anas, Indonesia, 54, 82, 212
 Bruno Andrianaivo, Madagascar, 84-86, 174
Supisra Arayaphong, Tailandia, 156
Saepal Bahri, Indonesia, 108
 Gamini Batuwitage, Sri Lanka, 188
Gopal Bhise, India, 136
Bourema, Burkina Faso, 37
Hanse Buddha, Nepal, 112
 Jim Carrey, EE. UU., 181
 Mustapha Ceesay, Gambia, 144
 Cheng Shihua, China, viii
Govinda Dhakal, Nepal, 95
Fabio Diasa, República Dominicana, x
 Salinda Dissanayake, Sri Lanka, 188
 Nicolas Duriez, Francia, 182
 Jean-Robert Estimé, Haití, 181
 Stefan Fak, Alemania, 108
Brunhilda Faminyi, Camerún, 156
 Chuck Feeney, EE. UU., 182
 Lucy Fisher, Cornell, 181
 Anischan Gani, Indonesia, 132-133
 Biksham Gujja, India, 78, 160
 Khidhir Hameed, Iraq, 186
Mahamadou Hamadou, Mali, 112
Isidonie Hiboniyo, Burundi, 3
Miyatty Jannah, Indonesia, vi, 18, 31, 182
 Jin Xueyong, China, 110, 116
Juárez, Rio Grande do Sul, Brasil, 26
Moses Kareithi, Kenia, 41, 183
 T. Katayama, Japón, 164, 167
 Y.S. Koma, Camboya, iii, viii, 130
Sumant Kumar, Bihar, India, 86-88
 Amiri Larijani, Irán, 186
 Henri de Laulanié, Madagascar, vii, 7, 14, 42, 43-46, 85, 89, 90, 105-106, 110, 137,
 139, 164, 167, 174, 184, 189, 194
 Karma Lhendup, Bután, 78
Liu Zhibin, Sichuan, China, 48
 Michael Mack, Syngenta, 212
 Bancy Mati, Kenia, 183
 Margaret Mead, EE. UU., vii
 Maria Zelia Menete, Mozambique, 118
Óscar Montero, Costa Rica, ix
 Jackline Ndiiri, Kenia, 183
Mathilde Nibigira, Burundi, 3

Nie Fuqu, China, 47
Rena Pérez, Cuba, iv-v, viii
W.M. Premarathne, Sri Lanka, 53, 172, 182
Raju, Andhra Pradesh, India, 107
Ralalason, Madagascar, 84-86
Robert Randriamiharisoa, Madagascar, 50, 51, 113, 185
Luis Romero, Cuba, iv-v, 32
Justin Rabenandrasana, Madagascar, 45, 48, 175
Sebastien Rafaralahy, Madagascar, viii, 45, 49
Rajeev Rajbhandary, Nepal, 141
Abeline Razanamamy, Madagascar, 19
Sabarmatee, Odisha, India, 102-103, 155
Manuel Sánchez, IICA, x
Im Sarim, Takeo, Camboya, 130
Shichi Sato, Japón, 183
S. Sethumadhavan, Tamil Nadu, India, 88
Amrik Singh, India, 78 117-118
Edward Sohn, Liberia, 192
Mey Som, Camboya, ii-iii, 182
Nong Sovann, Camboya, 95
Erika Styger, Cornell, 119, 181, 183
Ariyaratne Subasinghe, Sri Lanka, 139-141
Duddeda Sugunavva, India, 154
Emily Sutanto, Indonesia, 108
Gopal Swaminathan, India, 136
M.S. Swaminathan, India, 184
Tao Longxing, China, 50
Rajendra Uprety, Nepal, 135, 149
Olivia Vent, Cornell, 104
Moghanraj Yadav, Tamil Nadu, India, 5
Yuan Long-ping, China, viii, 47, 48, 50, 184
S.B. Yudhoyono, Indonesia, 188
Zhu Defeng, China, 47, 177

Organizaciones mencionadas

- AARD, Agencia para la Investigación y el Desarrollo Agrícola, Indonesia, 47, 133
- ActionAid, Bangladés, 179
- ADB, Banco Asiático de Desarrollo, 180, 185
- ADRA, Agencia Adventista de Desarrollo y Recursos Asistenciales, 56, 179
- AFD, Agencia Francesa de Desarrollo, 180
- AFSC, Comité de Servicios de los Amigos Americanos, 28, 179b
- AgSri Agricultural Services Pvt Ltd, India, 160, 190
- AICAD, Instituto Africano para el Desarrollo de las Capacidades, Kenia, 178
- AKF, Fundación Aga Khan, 9, 25, 54, 180
- Ambuja Cement Corporation, India, 181
- AMEF, Fundación Agricultura-Humano-Medioambiente, India, 7, 161
- ANGRAU, Universidad Agrícola Acharya N.G. Ranga, India, 118-119, 173, 185
- ATA, Agencia de Transformación Agrícola, Etiopía, 161-162
- Atlantic Philanthropies, EE. UU., 182
- ATS, Asociación Tefy Saina, Madagascar, vii, viii, 7-8, 42, 44-45, 48, 49, 50, 52, 85, 106, 125, 174, 175, 182, 193-194
- Australian Aid, 46, 140, 180
- Banco Mundial, Washington, DC, viii, 22, 29, 49, 50, 176, 178
- Bayer, 88
- BIND, Broader Initiatives for Negros Development, Filipinas, 98
- BioVision Conferences, Egipto, 176
- BloomAgro, Indonesia, 108
- BMGF, Fundación Bill y Melinda Gates, 181, 187
- BRAC, Bangladés, 49
- Buddha Air, Nepal, 181
- Buddhist Global Relief, 179
- BUF, Fundación Better U, EE. UU., 21, 174, 181, 182
- CARE, Cooperativa para la Asistencia y el Socorro a Cualquier Parte del Mundo, 49
- CARITAS, República Checa, 52, 179
- CCAFS, Programa de Investigación del CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria, 156
- CDS, Comisión de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible, 175
- CEDAC, Centro para el Estudio y el Desarrollo de la Agricultura de Camboya, iii, 103, 128-130, 190-191
- Centro de Extensión y Desarrollo de la Tecnología de Haraz, Irán, 77, 186
- CIIFAD, Instituto Internacional Cornell de Alimentación, Agricultura y Desarrollo, EE. UU., v, vii, 8, 44, 46, 47, 48, 50, 103, 125, 174, 175, 178, 182
- CIMMYT, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, 51
- Club Rotario, Francia, 180, 182
- CNHRDC, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo del Arroz Híbrido de China, viii, 47, 48-50, 185
- CNRRI, Instituto Nacional de Investigación sobre el Arroz de China, viii, 47, 50, 177, 185
- Cooperativa de Agricultores Simpatik, Indonesia, 108
- COSUDE, Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 180

CRS, Catholic Relief Services, 179
 Cuerpos de Paz, EE. UU., 180
 CWS, Centro para la Solidaridad Mundial, India, 72
 DRD, Dirección de Desarrollo del Cultivo del Arroz, India, 86, 186
 DRR, Dirección de Investigación sobre el Arroz, ICAR, India, 185
 ECHO, Educational Concerns for Hunger Organization, EE. UU., 49, 175, 176
 FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 23, 54, 59, 60, 119, 175, 177, 180, 193
 FIDA, Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, 3, 22, 142, 178, 180
 Flooded Cellar Productions, Reino Unido, 3, 19
 Fundación Asia, 177, 181
 Fundación de Desarrollo Metta, Birmania, 58-59, 99
 Fundación de Desarrollo Syngenta, 49, 181, 212
 Fundación Ohrstrom, EE. UU., 181
 Fundación Rockefeller, EE. UU., viii, 48, 50, 174, 181
 Fundación Verde, India, 1, 159
 FUNDEC, Fundación para el Desarrollo Agrícola del Ecuador, ix
 Garuda Airlines, Indonesia, 181
 GIZ, Agencia de Cooperación Internacional Alemana (antes GTZ), 54, 72, 96, 144, 146, 180
 G-SRI, Groupement SRI, Madagascar, 182
 IARI, Instituto de Investigación Agrícola de la India, 159
 IBM, Instituto del Banco Mundial, Washington, DC, 22, 180
 ICAR, Consejo de Investigaciones Agrícolas de la India, 185, 190
 ICRAF, Centro Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura, Kenia, 48
 ICRISAT, Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para Zonas Tropicales Semiáridas, India, 78, 160, 178, 185
 IICA, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, x, 176, 180
 IIRR, Instituto Internacional para la Reconstrucción Rural, Filipinas, 48
 IPB, Universidad Agrícola de Bogor, Indonesia, 81-82
 IRC, Congreso Internacional sobre el Arroz, 175
 IRRI, Instituto Internacional de Investigación sobre el Arroz, Filipinas, 48, 49, 51, 80, 84, 174, 175, 184, 185, 187
 ISD, Instituto de Desarrollo Sostenible, Etiopía, 159, 163
 ISNAR, Servicio Internacional para la Investigación Agrícola Nacional, 23, 193
 IWMI, Instituto Internacional de Gestión de los Recursos Hídricos, Sri Lanka, 57, 63, 99, 120, 146
 JKUAT, Universidad Jomo Kenyatta de Agricultura y Tecnología, Kenia, 178-179, 183
 JOVC, Voluntarios Japoneses para la Cooperación con el Extranjero, 179
 KGVK Agro Ltd., India, 136
 LDS Charities, Camboya, 56-57, 179
 LEISA, Agricultura Sostenible Baja en Recursos Externos (también ILEIA), Países Bajos, 48, 175
 Club de Leones, Madagascar, 103
 Lotao GMBH, Alemania, 108
 Lotus Foods, EE. UU., vi, 104, 108, 181
 LWF, Federación Luterana Mundial, 179

MCC, Comité Central Menonita, 179
 Mercy Corps, 179
 Misioneros LaSalette, Birmania, 179
 MRRS, Al-Mishkhab Estación de Investigación sobre el Arroz, Iraq , 4, 53, 186
 NFSM, Misión Nacional de Seguridad Alimentaria, India, 186
 NIB, Consejo Nacional de Irrigación, Kenia, 178
New York Times, EE. UU., vi
 Nippon Koei, Japón, 67, 96, 106, 181, 183
 NORAD, Agencia Noruega de Cooperación para el Desarrollo, 54, 180
 OXFAM, 52-53, 104, 154, 179, 180
 PAWEES, Paddy and Water Environment Engineering Society, 175
 PNUD, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 103
 PRADAN, Asistencia Profesional para el Desarrollo, India, 20, 57, 99-100, 129, 158, 159, 162
 PRAGATI, India, 159
 Pro-Net 21, Japón, 180
 PSI, People's Science Institute, India, 157, 159, 161
 PT Sampoerna, Indonesia, 181
 Real Universidad de Bután, 78
 SEED, Supporting Entrepreneurship for Environment and Development, 103-104
 SNV, Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo, 46, 140, 180
 SRI-Global, EE. UU., 55
 SRI-Rice, Universidad Cornell, 21, 22, 55, 68, 104, 152, 162, 174, 178, 181, 183, 188
 Syngenta, 88
 Tata Trusts (Sir Dorabji Tata Trust y Sir Ratan Tata Trust), India, 181
 Thai Weekend Farmers Network, 156
 TNAU, Universidad Agrícola Tamil Nadu, India, 29, 96-97, 120, 139, 147, 185
 UE, Unión Europea, 68, 180
 UICN, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 103
 UNEP, United Nations Environment Programme, 95
 Universidad Agrícola de Nanjing, China, 47, 49, 185
 Universidad Agrícola de Sichuan, China, 151, 152
 Universidad de Antananarivo, Madagascar, 50, 174, 184, 185
 Universidad Cornell, EE. UU., 21, 174, 178, 181, 182, 185, 187 (ver también CIIFAD)
 Universidad de Hohenheim, Alemania, 175
 Universidad Nacional de Kangwon, Corea, 67, 71-72
 Universidad de Wageningen, Países Bajos, 49, 51, 155, 184, 187
 USAID, Agencia de los EE. UU. para el Desarrollo Internacional, 8, 22, 45, 52, 125, 181
 Usha Martin Ltd, India, 136, 181
 Visión Mundial, 52, 180
 Women's Health, Filipinas, 155
 WCS, Sociedad para la Conservación Mundial, Zambia, 68-69
 World Bank (ver Banco Mundial)
 WWF, Fondo Mundial para la Naturaleza, Gland, Suiza, 78, 160, 180, 185

Acerca del Autor

Norman Uphoff, quien se desempeña como profesor de Administración y Agricultura Internacional en la Universidad del Cornell desde 1970, durante quince años fungió como director del Instituto Internacional Cornell de Alimentación, Agricultura y Desarrollo.

Habiendo sido el participante principal en lo que se ha convertido en un movimiento mundial del SRI, en este libro hace uso de la amplia experiencia de los agricultores y los resultados de la investigación en todo el mundo, proporcionando primero respuestas breves y luego respuestas más amplias a las preguntas más frecuentes con respecto al SRI.

Examina su potencial para reducir el hambre, la pobreza y la inseguridad de manera eficiente, sostenible, equitativa, favorable al medioambiente y resistente a los riesgos del cambio climático. Parece muy bueno para ser cierto, pero lo es.

SISTEMA DE INTENSIFICACIÓN DEL CULTIVO DEL ARROZ (SRI)

Respuestas a preguntas frecuentes

El SRI es una innovación agrícola sin precedentes, que permite a los agricultores lograr una mayor producción – rendimientos por hectárea, litro de agua, kilogramo de semilla, día de mano de obra y gasto monetario - a la vez que utiliza menos agua que la producción de arroz irrigado convencional, dependiendo en menor grado de los insumos agroquímicos, incluidos los fertilizantes, y sin requerir un cambio de variedades. “Producir más con menos” parece una alquimia agrícola; no obstante, los agricultores de más de 50 países han visto que es posible lograrlo modificando la gestión de sus plantas, suelo, agua y nutrientes.

Además, los cultivos de arroz realizados por medio del SRI son más resistentes a las pérdidas por plagas y enfermedades y a la sequía, las tormentas y otros tipos de estrés meteorológico que serán más comunes y severos como resultado del cambio climático. Las ventajas percibidas de la aplicación de las ideas y los métodos de este sistema en el cultivo de arroz se extienden actualmente a otros cultivos como el trigo, el mijo, la caña de azúcar, la mostaza, el *tef* y las legumbres. Estos mejoramientos se derivan de sistemas de raíces más grandes y saludables y de la promoción de la vida en el suelo.

Estos impactos no tienen precedentes, ni tampoco los tiene la forma en que las prácticas y los conocimientos del SRI han sido difundidos alrededor del mundo. Este sistema se deriva del trabajo de un sacerdote-agrónomo que vivía en Madagascar, en lugar de provenir de una investigación formal, y ha constituido principalmente una innovación de la sociedad civil, extendida de manera particular mediante ONGs, aunque colegas de oficinas gubernamentales, universidades y el sector privado se han unido a este esfuerzo que puede beneficiar a agricultores, consumidores y el medioambiente.