

## SIEMBRA DIRECTA DE ARROZ EN SURCOS Y RIEGOS DE AUXILIO EN MORELOS

Felipe de Jesús Osuna Canizalez

Campo Experimental Zacatepec - INIFAP. Km. 0.5 Carretera Zacatepec-Galeana. CP 62780, Zacatepec, Morelos. Tel. (734) 3430230, Fax (734) 3433820.  
Correo-e: osuna.felipedejesus@inifap.gob.mx, fosuna@colpos.mx.

---

### RESUMEN

En el estado de Morelos se ha utilizado el trasplante manual de arroz por más de 170 años. El sistema implica construir bordos (curvas de nivel) a mano y manejar el agua mediante inundación del terreno, con láminas totales de 3.5 a 4 m por ciclo. A pesar de sus ventajas por el rápido establecimiento inicial y menores problemas de competencia por malezas, este sistema tiene como principales desventajas el alto costo de producción y la elevada demanda de agua y de mano de obra, recursos cada vez más escasos. En la búsqueda de alternativas al sistema tradicional, se desarrolló un proyecto de investigación que derivó en el desarrollo de un sistema de manejo del cultivo mediante la siembra directa mecanizada en surcos y abastecimiento del agua mediante riegos de auxilio. Los resultados experimentales y de validación mostraron que era posible producir arroz con reducciones promedio de

20 a 25% en el costo de producción, 64% en el consumo de agua y 80% en la demanda de jornales, manteniéndose los mismos niveles de rendimiento de grano con relación al sistema tradicional. Debido a ello, los productores se han apropiado con éxito de la nueva tecnología.

**Palabras clave:** *Mecanización, ahorro de agua, nuevas tecnologías,*

### ABSTRACT

Manual rice transplanting has been used in Morelos for more than 170 years. In this system levees are built by hand and water is managed through flooding with total water depths of 3.5 to 4.0 m in a crop season. Despite many advantages, like rapid initial plant setting and less weed problems, disadvantages like high production cost and a huge demand of water and manual labor, very limited nowadays, prevail. Searching alternatives to overcome the problems of traditional system, a research project was undertaken

---

Recibido: 14/07/2008; Aceptado: 26/09/2008.

which derived in the system of direct seeding in furrows and water management by periodical irrigation. In the average, experimental and validation results showed the feasibility to grow rice with 20-25% less production cost, 65% less water and 80% less manpower, maintaining similar grain yield compared to the traditional system. Because of this, rice farmers are successfully using the new technology.

**Key words:** *Mechanization, water economy, new technologies.*

## INTRODUCCIÓN

En el estado de Morelos, el arroz se cultiva desde 1836 en condiciones de riego bajo un sistema tradicional que se introdujo de Asia junto con las primeras semillas, el cual consiste en el trazo manual de curvas de nivel (aborde) y el trasplante de plántulas también a mano. Este sistema presenta como principales ventajas el establecimiento rápido de las plantas de arroz, las cuales compiten mejor con las hierbas, así como el arreglo espacial uniforme de las plántulas y la distribución homogénea del agua en el terreno, ya que el área entre los bordos o curvas se nivela a mano.

Por otro lado, el cultivo de arroz con inundación por largos periodos de tiempo tiene ventajas que favorecen la fertilidad del suelo y la sostenibilidad de la producción mediante: 1) modificación del pH a valores cercanos a 7, 2) incremento en la disponibilidad de nutrimentos, especialmente fósforo y hierro, 3) mantenimiento de la fertilidad del suelo, 4) estimulación de la fijación de nitrógeno por microorganismos, 5) eliminación de patógenos del suelo, 6) abastecimiento de nutrimentos disueltos en el agua de riego, 7) reducción del crecimiento de malezas y 8) prevención de las pérdidas de agua y suelo (Ponnamperuma, 1978; Khush, 1993).

Las principales desventajas del sistema tradicional son su elevado costo de producción, el gran esfuerzo físico que implica y los altos volúmenes de agua y jornales que demanda. En Morelos, en los últimos años se agudizaron los problemas de escasez de mano de obra, debido a la emigración de trabajadores dentro del país, a los sectores industrial y de servicios, así como a los Estados Unidos de América, lo cual contribuyó al encarecimiento de las labores; se tienen también fuertes problemas de escasez de agua, por la reducción en el aporte de los afluentes, ríos y manantiales que tienen su origen en la zona boscosa del Eje Neovolcánico, además de la mayor demanda del líquido que ejerce una población con tasas de crecimiento mayores que la media nacional, y con una importante industria del turismo representada por un creciente número de balnearios.

Debido a los problemas señalados, la superficie cultivada con arroz en el estado se redujo de 12,000 ha en 1970 a alrededor de 1,500 ha en la actualidad, a pesar de que en el período de 1956 a la fecha, el rendimiento medio estatal se incrementó de 4.5 a 10.5 t ha<sup>-1</sup>, el más alto a nivel nacional, todo ello gracias al mejoramiento genético y agrotécnico del cultivo derivado de la investigación desarrollada por el Grupo de Arroz del Campo Experimental Zacatepec (CEZACA), así como a la buena disposición de los productores para el uso de tecnologías mejoradas.

Por otro lado, la alta calidad del grano de arroz de las variedades liberadas por el CEZACA, como es el caso de Morelos A-92 y Morelos A-98, las cuales ocupan la totalidad del área cultivada en la actualidad, les vale un sobreprecio en el mercado que fluctúa de 35 hasta más de 50% con relación a las variedades que no pertenecen al Grupo Morelos. A pesar de ello, la problemática del cultivo ha prevalecido sobre los factores favorables de alto rendimiento y mayor precio en el mercado. A todo lo anterior se suma el

hecho de que en Morelos la superficie promedio por productor arrocero es pequeña, alrededor de 2 ha, lo cual obliga a obtener índices de rentabilidad muy elevados.

Un antecedente de cambio tecnológico propiciado por la escasez de agua, lo constituye el cultivo de trigo en México, el cual pasó de regarse por inundación en melgas, a su cultivo y riego en surcos o camas (Moreno, 1980), en la búsqueda de ahorro de agua. En el mismo cultivo de arroz se tienen algunos reportes de la evaluación del sistema de siembra directa en surcos (Vories *et al*, 1991), en los cuales se buscó básicamente reducir la demanda de agua del cultivo, sin poner énfasis en reducir costos de producción.

En el presente trabajo se describen las diferentes etapas de un proyecto de investigación de largo plazo que incluyó el diseño conceptual, la experimentación, la validación e inducción y finalmente la transferencia exitosa de la tecnología generada.

Los principales objetivos del presente se resumen en diseñar un sistema de establecimiento y manejo del cultivo de arroz que se constituya en una alternativa viable al sistema tradicional de aborde y trasplante manual en el estado de Morelos y con la aplicación del nuevo sistema, reducir los costos de producción, la lámina total de agua y la dependencia en la mano de obra para cultivar arroz, sin afectar al rendimiento de grano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Selección y adecuación de la sembradora.

Se realizó un sondeo a nivel nacional para definir el tipo de sembradora que mejor se adecuara al sistema que se pretendía desarrollar. Se llegó a la conclusión que la más conveniente era la sembradora múltiple usada en el Noroeste del País para la siembra del trigo en camas, por lo que se

adquirieron un par de ellas y se iniciaron los trabajos previos de adecuación.

**Manejo del agua.** Al inicio del proyecto, en 1996, se puso énfasis en lo relacionado al manejo del agua. Durante ese año se trabajó en las localidades de Jojutla, Cuautla, Acatlipa, Mazatepec y Zacatepec, en lotes con superficies de 1 a 2 ha; en la mayoría de los casos la dirección del riego se seleccionó en base a la pendiente natural más pequeña de la parcela, siempre y cuando esta no fuera mayor de 0.5 %. Cuando las pendientes eran mayores se buscaba una dirección tal del riego que no rebasara la pendiente indicada. La longitud de los surcos,  $D$ , fue igual a la longitud de la parcela en la dirección del riego. La lámina de riego,  $L_r$ , por aplicar se calculó con la expresión:

$$L_r = (\theta_s - \theta_o) Pr \quad (1)$$

Donde  $\theta_s$  = Contenido volumétrico de humedad a saturación ( $L^3 L^{-3}$ ),  $\theta_o$  = Contenido volumétrico de humedad inicial, y  $Pr$  el espesor de suelo por saturar.

El gasto de riego,  $Q_r$ , por surco se calculó con la ayuda del modelo matemático de simulación propuesto por Rendón *et al.* (1990), adaptado para surcos. Se seleccionó el gasto de riego que proporcionaba las máximas eficiencias de riego y uniformidad. Durante el proceso de selección del gasto de riego, el tiempo de riego,  $T_r$ , se calculó con la expresión:

$$Q_r = \frac{V_r}{T_r} \quad (2)$$

En la que  $V_r = E D L_r$ , en donde  $V_r$  es el volumen de riego por aplicar a cada surco,  $E$  = Eficiencia del riego y  $D$  = Longitud del surco.

Antes de aplicar el riego de germinación se tomaron tres muestras de suelo en el estrato 0-30 cm para determinar el contenido gravimétrico de humedad,  $W$ . Entonces  $\theta_o$  se calculó con la expresión:

$$\theta_o = W D_a \quad (3)$$

El riego de germinación y los 3 ó 4 posteriores se aplicaron con sifones previamente calibrados, controlando únicamente la carga hidráulica y el tiempo de riego; en los riegos posteriores se construyeron una especie de compuertas hechas a mano con suelo en la entrada de los surcos y el gasto se midió con una estructura aforadora colocada en la entrada de la parcela. Se registró la precipitación en la estación agrometeorológica más cercana a cada una de las parcelas para incluir el aporte de la lluvia en el cálculo de la lámina total aplicada.

Para definir el momento del riego se instalaron tensiómetros a 15 cm de profundidad en el fondo del surco y los riegos de auxilio se aplicaron cuando los valores del potencial de presión del agua en el suelo eran de -1.6 m de columna de agua en la etapa vegetativa, de -0.8 m en la reproductiva y de -1.2 m en la etapa de maduración.

**Manejo del cultivo.** Para definir las recomendaciones de manejo en el nuevo sistema, se consideró la información básica que fundamenta la producción de arroz (Osuna, 2001a), en términos del conocimiento de la planta, del ambiente, y de sus interacciones. En adición a los estudios de manejo del agua, se realizaron además una serie de ensayos en los que se evaluaron aspectos de manejo del nitrógeno y de las malezas. En lo que respecta al manejo de las malezas, en varios años se realizaron evaluaciones de productos nuevos en el mercado, como Gamit (clomazone) y Sempra (halosulfurón metilo), así como diferentes combinaciones entre estos y los productos tradicionales como Ronstar (oxadiazón), los propaniles y aquellos con base en el ácido 2,4-D (Osuna, 2000); en esta área se llevaron a cabo otros estudios como la evaluación de residualidad del herbicida Gamit (clomazone), así como la determinación del efecto de la solarización

del suelo sobre la dinámica de las malezas (Osuna, 2000; 2001b).

**Rendimiento de grano y sus componentes.** Debido a la importancia de que con el sistema de siembra directa en surcos se mantuviera, o incluso se incrementara, el alto nivel de rendimiento de grano que se alcanza con el sistema tradicional, se hicieron evaluaciones de campo a nivel semicomercial en un inicio, y comercial en la etapa posterior. Durante los años 2000 y 2001, además del uso de las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98, se incluyó a la variedad Humaya A-92, para poder evaluar el potencial del sistema con variedades de siembra directa, como es el caso de Humaya, la cual fue seleccionada en función de su buen desempeño en evaluaciones experimentales de nuevos genotipos. En todos los ensayos se determinaron los componentes del rendimiento para entender mejor el efecto de la aplicación del nuevo sistema sobre dichos componentes, y poder con ello afinar las recomendaciones de manejo. La determinación de los componentes del rendimiento (granos llenos por panícula, panículas  $m^{-2}$ , porcentaje de grano vano y peso de mil granos) se realizó de acuerdo al procedimiento indicado por Osuna (1994). En todos los ensayos de campo se tuvieron parcelas testigo cultivadas con el sistema tradicional de aborde y trasplante manuales.

**Evaluación de nuevos genotipos.** Debido a que las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 fueron formadas para cultivarse por trasplante, su comportamiento en siembra directa no es el más adecuado, lo cual se refleja en una baja habilidad de competencia con las malezas y una alta susceptibilidad al acame. Por ello, a partir de 1998 se llevaron a cabo evaluaciones de nuevos genotipos bajo el sistema de siembra directa en surcos. Los genotipos evaluados se seleccionaron de los ensayos de campo del Programa de Recursos Genéticos del CEZACA, poniendo énfasis en seleccionar materiales con el "nuevo" tipo de planta, de acuerdo con Khush (1994, 1998), lo cual incluyó: baja

capacidad de amacollamiento (3-4 tallos por planta en siembra directa); sin tallos improductivos; de 200 a 250 granos por panícula; de 90 a 100 cm de altura; tallos muy rígidos; hojas erectas y de color verde oscuro; sistema radical vigoroso; de 100 a 130 días de duración del ciclo; índice de cosecha de 0.6; resistencia múltiple a enfermedades e insectos, y; buena calidad de grano. Con los genotipos de estas características se espera trascender al llamado "paradigma IR-8" (Cuevas, 1998), es decir, superar el tope de rendimiento que se estableció con la incorporación del gen de semienanismo DGWG a las variedades tropicales de arroz.

**Análisis económico.** Dado que reducir el costo de producción era uno de los objetivos principales de la tecnología de siembra directa en surcos, en las evaluaciones comerciales del sistema se llevaron registros puntuales de los costos de producción para poder comparar su comportamiento en lo económico, con el sistema tradicional. De esta manera, se tienen datos comparativos de ingreso bruto, ingreso neto y relación beneficio-costeo entre ambos sistemas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Adecuación de la sembradora.** Con base en el diseño conceptual del nuevo sistema y de la búsqueda de información a nivel nacional e internacional, se concluyó que las sembradoras utilizadas en el Noroeste del país para la siembra de trigo, podrían adecuarse con éxito; este cultivo generalmente se siembra en camas angostas, de 80 a 100 cm de ancho, con un juego de ganchos rectos, mientras que una serie de ganchos curvos ubicados atrás de éstos, abren el surco para la aplicación del riego. Dado que en arroz es preferible tener las hileras de siembra lo más posible al fondo del surco, se modificó el sistema de tal manera que con los ganchos rectos se abren los surcos, con una separación de 60 cm, y con los ganchos curvos se siembran tres hileras, una en cada talud y otra más en el

fondo, con una distancia de 20 cm entre ellas.

Otra modificación importante consistió en cambiar los "chuzos" originales por otros elaborados con varilla de ángulo de 1.25" en la punta, y así depositar la semilla a una profundidad de 1.5 a 3 cm, con un mínimo de perturbación al surco; se encontró también que la velocidad óptima de siembra es de 30 m min<sup>-1</sup> ya que a velocidades más altas la semilla se entierra más de lo recomendable.

**Manejo del agua.** El ahorro de agua con el nuevo sistema se logra desde el establecimiento mismo, ya que con el sistema tradicional se debe mantener el terreno inundado permanentemente, para poder trazar los bordos a mano, siguiendo el nivel del agua, y para poder trasplantar las plántulas. Con el sistema de siembra directa en surcos, inicialmente se aplica sólo un riego de germinación y posteriormente se aplican riegos de auxilio, en la medida que se requiera para mantener los niveles de humedad indicados en Materiales y Métodos, para cada una de las etapas de desarrollo de la planta. En las evaluaciones iniciales, el ahorro promedio de agua, en 5 localidades de estudio, fue de 64% (Cuadro 1), lo cual indica que con los mismos volúmenes de agua empleados en el sistema tradicional, se podría regar más del doble de la superficie en siembra directa, todo ello sin afectar al rendimiento de grano como se verá más adelante.

**Manejo del cultivo.** Se logró generar un paquete de sugerencias para el manejo agrotécnico eficiente del cultivo en el sistema de siembra directa, el cual incluye preparación de terreno, densidad de siembra, control de malezas, fertilización (épocas, dosis, fuentes), manejo del agua y cosecha mecanizada (Osuna, 1998; Osuna, 2002).

**Rendimiento de grano y sus componentes.** Aplicando las tecnologías de manejo generadas en el proyecto se

lograron consistentemente rendimientos de grano de 10 o más t ha<sup>-1</sup> en evaluaciones comerciales (Cuadros 2 y 3). En Zacatepec, en el año 2000 se obtuvieron más de 14 t ha<sup>-1</sup> con el uso de Humaya A-92 (Cuadro 3), una variedad de siembra

directa, mientras que en 2001 se obtuvieron a nivel experimental, rendimientos de grano superiores a 18 t ha<sup>-1</sup> con líneas avanzadas para siembra directa (Cuadro 4).

Cuadro 1. Datos relevantes en relación al manejo del agua en las diferentes localidades. Morelos, 1996.

Parámetros	Localidades				
	Jojutla	Cuautla	Acatlipa	Mazatepec	Zacatepec
Número de riegos	13	15	14	17	15
Intervalo promedio riego (días)	10	12	9	10	9
Lámina de riego (cm)	84	77	72	74	92
Lluvia (cm)	64.1	77.7	71.5	74.0	92.0
Lámina total (cm)	148.1	154.7	141.0	132.4	156.1
Lámina total Sist. Tradic. (cm)	412.1	427.7	404.5	398.4	410.1
Reducción lámina total respecto al sistema tradicional (%)	64	64	65	67	62

Cuadro 2. Rendimiento de grano y sus componentes en los módulos de validación-inducción de la siembra directa en surcos con riegos de auxilio y en parcelas testigo con el sistema de trasplante. Morelos, 2001.

Localidad	Variedad	Rend. de grano <sup>a)</sup> (t ha <sup>-1</sup> )	Granos llenos por panícula (g)	Panículas m <sup>-2</sup>	Grano Vano %	Peso mil granos <sup>a)</sup> (g)
Módulos de Siembra directa						
Jojutla	Morelos A-98	9.7	80	343	17.3	41.0
	Humaya A-92	14.2	100	475	23.9	27.8
Xochitepec	Morelos A-98	9.6	110	414	15.5	40.8
Zacatepec	Morelos A-98	10.0	96	442	13.4	41.1
Sistema tradicional de trasplante						
Jojutla	Morelos A-98	10.2	97	301	16.8	41.8
Xochitepec	Morelos A-98	10.0	70	-	18.3	40.7

<sup>a)</sup>Ajustado al 14% de humedad

Cuadro 3. Rendimiento promedio de grano de Morelos A-92, Morelos A-98 y Humaya A-92, bajo el sistema de Siembra directa en surcos y el sistema de trasplante manual tradicional, en diferentes localidades. Morelos (varios años).

Localidad	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )			
	Morelos A-92 <sup>a)</sup>		Morelos A-98 <sup>b)</sup>	Humaya A-92
	SD <sup>c)</sup>	T <sup>d)</sup>	SD <sup>c)</sup>	SD <sup>c)</sup>
Jojutla	10.0	10.5	-	-
Cuautla	11.0	11.0	-	-
Acatlipa	10.0	10.2	-	-
Mazatepec	11.2	10.5	-	-
Zacatepec	10.1	9.0	10.3	14.2

<sup>a)</sup>Promedio de 1996 y 1997, <sup>b)</sup>Resultados del 2000, <sup>c)</sup>SD= Siembra Directa, <sup>d)</sup>T = Trasplante

En lo que respecta a los componentes del rendimiento, generalmente el número de granos llenos por panícula y el número de panículas por m<sup>2</sup> son los más afectados. En siembra directa, debido a la mayor densidad de población se tiene un mayor número de panículas m<sup>-2</sup> pero con menos granos llenos, en comparación con el sistema tradicional; los valores promedio de varios años para las variedades Morelos son: **Siembra directa** alrededor de 90 granos llenos panícula<sup>-1</sup> y 370 panículas m<sup>-2</sup> vs **Trasplante** alrededor de 135 granos llenos panícula<sup>-1</sup> y 300 panículas m<sup>-2</sup>.

**Búsqueda de nuevos genotipos.** Las evaluaciones de genotipos con el nuevo tipo de planta, permitieron tener una medida del rendimiento que es posible alcanzar con el sistema de siembra directa en surcos. En los últimos dos ciclos de evaluación se detectaron materiales con rendimientos experimentales de hasta 18 t ha<sup>-1</sup>, en comparación con 11 t ha<sup>-1</sup> de Morelos A-98, el testigo. Además, la altura promedio de los nuevos materiales es alrededor de 105 cm, contra 140 cm de Morelos A-98 (Cuadro 4); esto se manifiesta en graves problemas

de acame de la variedad Morelos, lo cual es una limitante para el uso de la cosecha mecanizada.

**Aspectos económicos.** De manera consistente se tuvieron reducciones alrededor de 20 a 25% en el costo de producción, al utilizar la siembra directa, lo que se reflejó en mayores relaciones beneficio-costos (Cuadro 5). Con el uso de Humaya A-92, la relación beneficio-costos se incrementó significativamente debido al elevado rendimiento de grano que se obtuvo.

**Transferencia de la nueva tecnología.** Durante varios años (1998-2002), en terrenos de productores se establecieron parcelas de validación y de inducción de la nueva tecnología y de sus diferentes componentes. Durante 2004, los productores organizados en la USPR Arroceros del Oriente del Estado de Morelos, implementaron un amplio programa de asistencia técnica para la utilización del sistema de siembra directa en más de 200 ha, con apoyo económico de Fundación Produce Morelos (Candanosa, 2005), con resultados satisfactorios.

Cuadro 4. Rendimiento de grano y sus componentes en los diferentes genotipos evaluados. Jojutla, 2001.

No. De Accesión	Nomenclatura	Rendimiento de grano (t ha <sup>-1</sup> )	Granos lentos/ panícula	Panículas m <sup>-2</sup>	Grano vano %	Peso mil granos <sup>a)</sup> (g)	Altura de planta (cm)	Duración del ciclo (días)
134	C166-Cu89-2-6-3-2-3	18.4	159	508	10	31.1	95	162
185	7988-IR 88-7-2-1	17.7	127	498	9	29.6	102	157
189	C111-Cu91-7-8-8-7	16.9	125	408	4	28.3	98	157
79	Franciscano B.	16.0	138	568	19	24.3	92	168
136	C173-Cu89-12-1-1-3-3	15.5	142	528	7	26.9	90	162
130	C97-Cu89-1-7-4-4-3	15.4	98	540	12	31.4	103	162
155	C193-Cu88-4-7-2-3-3	15.2	105	470	17	24.8	104	175
140	C190-Cu89-1-2-5-4-3	15.1	143	493	10	26.7	89	164
75	EPA GR1 108B	14.3	133	488	7	26.9	97	163
132	C143-Cu89-9-7-4-4-3	14.1	100	355	11	34.8	98	175
138	C150-Cu89-1-2-5-3-4	14.0	159	392	6	27.6	99	165
124	C174-Cu90-3M-8-1	13.9	161	382	13	32.3	111	164
255	C318-Cu87-5M-12-1-7	13.8	150	442	10	31.4	89	158
145	C24-Cu89-8-3-1-5-3	13.6	101	547	13	27.7	96	157
137	C190-Cu89-1-2-5-1-1	13.4	113	450	10	29.1	92	157
153	C181-Cu88-5-9-2-5-2	13.4	96	632	8	25.7	102	175
77	EPAGRI 109B	13.3	81	622	27	29.6	105	158
166	C205-Cu88-5-8-5-2-4	13.3	126	443	11	26.8	90	158
123	C173-Cu90-3M-5-4	13.0	113	475	13	34.1	115	162
146	C11-Cu88-5M-13-1-1-2	12.9	106	482	8	28.3	87	164
120	C172-Cu90-1M-1-1	12.7	124	442	8	33.3	110	162
169	C221-Cu88-21-2-1-3-	12.7	84	553	15	32.1	87	175
131	C104-Cu89-2-12-4-2-3	11.9	98	502	14	27.8	98	158
-	Morelos A-98-	11.8	107	737	15	40.5	161	163
154	C193-Cu88-4-5-1-4-5	11.5	125	483	6	26.5	93	175
139	C190-Cu89-1-2-5-4-3	11.0	109	653	14	27.4	104	158
187	C7-Cu91-5-10-4-6	8.4	67	518	28	29.2	88	156

<sup>a</sup> Ajustado al 14% de humedad

Cuadro 5. Análisis económico de los lotes de siembra directa en surcos. Zacatepec y Tetelpa, 2000.

Localidad	Variedad	Costo de producción (\$)	Relación beneficio/costo
Zacatepec	Morelos A-92	14,051	1.78
	Morelos A-98	14,051	1.69
Tetelpa	Humaya A-92	14,051	2.32
Zona Sur	A-92 y A-98	17,152	1.32 <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Se considera un rendimiento medio en la zona de 10 t ha<sup>-1</sup>, con ambas variedades.

## CONCLUSIONES

Se logró desarrollar un sistema alternativo de manejo del cultivo de arroz en Morelos el cual consiste en la siembra directa de arroz en surcos y manejo del agua mediante riegos de auxilio. Este sistema es factible desde el punto de vista técnico y económico ya que con las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98 se obtienen rendimientos de grano similares a los del sistema tradicional, pero con reducciones promedio de 64% en la lámina total de agua requerida, de 20 a 25% en el costo de producción y de 80% en la demanda de mano de obra, en comparación al sistema manual tradicional. El sistema se transfirió con éxito a los productores, especialmente en la zona alta arroceras de Morelos, debido a los menores problemas de acame de las variedades Morelos A-92 y Morelos A-98.

El nuevo sistema tiene un alto potencial para aumentar los rendimientos comerciales de grano, una vez que se cuente con genotipos de paja corta, resistentes al acame, por lo que deben intensificarse los esfuerzos para la liberación de variedades Morelos adecuadas a la siembra directa, con las que además se incrementarían los niveles de rentabilidad, al combinar mayor producción de grano con la reducción adicional de costos de producción mediante la cosecha mecanizada.

## LITERATURA CITADA

Candanosa, F.J. 2005. Informe del proyecto de asistencia técnica para el establecimiento comercial del sistema de siembra directa de arroz en surcos por parte de la USPR Arroceros del Oriente del Estado de Morelos. Informe Técnico a Fundación Produce Morelos (sin publicar).

Cuevas, P.F. 1998. Mejoramiento genético del arroz en los Trópicos: hacia un nuevo paradigma. In: Osuna, C.F.J. (Compilador). Memorias de las Conferencias Magistrales del 1er. Simposium Internacional del Arroz.

SAGAR. INIFAP. Campo Experimental Zacatepec. Cocoyoc, Mor.

Khush, S. G. 1993. More food and a safe environment. Food Comes First for Asia. Australia-IRRI day. Camberra, Australia. p 30-33.

Khush, G.S. 1994. Increasing the genetic yield potential of rice: Prospects and approaches. En: Memorias de la IX Conferencia Internacional de Arroz para América Latina y El Caribe. Goiania, Goiás. Brasil.

Khush, G.S. 1998. Facing a challenge with the new plant type of rice. [www.cgiar.org/irri](http://www.cgiar.org/irri) (noviembre).

Moreno, R.O.H. 1980. La siembra de trigo en surcos. INIFAP. CIANO. Campo Experimental Valle del Yaqui. Publicación especial No. 35. Cd. Obregón, Son.

Osuna, C.F.J. 1994. Informe 1994 de Actividades de Investigación. Area de Agronomía del Programa de Arroz. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Mor. 90 p.

Osuna, C.F.J. 1998. Siembra directa de arroz en surcos y riegos de auxilio. Memoria del I Encuentro Internacional de Arroz. La Habana, Cuba. 1998. pp. 211-212.

Osuna, C.F.J. 2000. Alternativas para el control químico de malezas en arroz de siembra directa en surcos. Memorias del XXI Congreso Nac. de la Ciencia de la Maleza. Morelia, Mich. pp. 145-154.

Osuna, C.F.J. 2001a. Fundamentos de la producción de arroz. Folleto Científico No. 1. INIFAP. CIRCE. CEZACA. Zacatepec, Mor. 60 p.

Osuna, C.F.J. 2001b. Estudios agrotécnicos en el cultivo de arroz. Proyecto de Investigación (financiado por Fundación Produce Morelos). INIFAP. CIRCE. CEZACA. Mimeografiado.

Osuna, C.F.J. 2002. Tecnología para cultivar arroz bajo siembra directa en surcos y riegos de auxilio en Morelos. Folleto para productores No. 33. SAGARPA. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. 15 p.

PlanetRice.net. 2001. China sets world record for rice yield. <http://planetrice.net/newspub/> (agosto).

Ponnamperuma, F.N. 1978. Electrochemical changes in submerged soils and growth of rice. In: Soils and Rice. IRRI. Los Baños, Filipinas. p 421-441.

Vories, E.D., B.R. Wells, R.J. Norman y H.J. Mascagni. 1991. Rice irrigation. Arkansas Farm Research. 40(3):3-4.