

ARTÍCULO ORIGINAL

Valoración técnica y económica de la nivelación con láser y tradicional en el arroz de la provincia Granma

Technical and economic valuation of the leveling with laser and traditional in the rice of the Granma province

Luis Sierra Castellanos¹, Julián Herrera Puebla², Candelario Alemán García¹, Roberto Alarcón Licea¹,
Julio Reyes Fernández³

RESUMEN. En Cuba el arroz es esencial en la dieta alimenticia y el país ha invertido cuantiosos recursos en su desarrollo, sin embargo los rendimientos de 3,1 t/ha que se alcanzan no cubren las necesidades. El estudio se realizó en el Complejo Agroindustrial arrocero Fernando Echenique, donde se compararon dos campos de 25,46 ha, uno nivelado con la tecnología láser y el otro nivelado de forma tradicional. La eficiencia de aplicación del agua lograda con la tecnología láser, respecto a la forma tradicional fue de 69,6%, el consumo de agua se redujo en un 17% y el incremento de los rendimientos fue de 2,6 t/ha, la ganancia neta en el área evaluada fue de 445,50 peso/ha, al compararla con el área testigo (nivelación tradicional). Se considera que con resultados similares a los obtenidos en este trabajo los equipos que se requieren para la nivelación en todo el país se amortizarían en dos años y diez meses.

Palabras clave: Nivelación de suelo, tecnología láser y eficiencia.

ABSTRACT. In Cuba the rice is essential in the nutritious diet and the inverted country abundant resources in his development, however the performances of 3,1 t/ha that are caught up with do not cover up needs. The Rice grower accomplished study himself in the CAI Fernando Echenique, Where two 25,46 fields compared there is, I join leveled with the technology laser and the other leveled of traditional form. The efficiency of application of the water obtained with the technology the laser, respecting the traditional form was of 69.6%, the consumption of water decreased in a 17% and it was the increment of performances of 2,6 t/ha, it was the net profit in the area evaluated of 445.50 peso/ha, when the witness ranked her with area (traditional leveling). One considers than with worked out matches to the obtained in this work, the teams that are required for the leveling at all the country would amortize themselves in two years and ten months.

Keywords: Leveling of ground, technology laser and efficiency.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz constituye una importante fuente de alimentación en el Mundo. Los mayores productores de arroz son China con el 36% de la producción mundial, la India con el 21% e Indonesia con el 9%. En la actualidad se dedican aproximadamente 148 132 000 de ha a este cultivo (FAO 1995), que constituye el 21% del total de cereales que se cultivan en el planeta.

En Cuba el arroz es esencial en la dieta alimenticia, sin embargo los rendimientos que se obtienen no satisfacen las necesidades. Esto motivó que a partir de 1967 se diera inicio a un programa nacional para intensificar su producción encaminada a lograr la eliminación paulatina de las importaciones, donde el Estado invirtió cuantiosos recursos para la creación de nuevas empresas arroceras, con la construcción de sistemas de riegos y drenajes. No obstante por diversos factores no se obtuvieron los resultados esperados.

Recibido 21/12/10, aprobado 30/01/12, trabajo 03/12

¹ M.Sc., Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric), Carretera de Fontanar, km. 2½, Reparto Abel Santamaría, Boyeros, La Habana, Cuba, Tel.: (53) (7) 645-1731 y 645-1353, e-mail: julian@iagric.cu

² Dr.C. Inv. Titular, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

³ Ing., Investigador, Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola.

Colaborador: Ing. Román Pujol, a quien se le agradece su participación en la investigación.

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.

En la década de los 80 se comenzó un nuevo programa de modernización de los sistemas arroceros, con la nivelación en terrazas planas, con distintos esquemas de proyectos como el Kuban, Frente amplio, Variante Granma etc., nombrados Sistemas Ingenieros, en los cuales se obtuvieron resultados aceptables en los rendimientos.

A partir del año 1996 el Ministerio de la Agricultura, tomo la decisión de potenciar la producción no especializada del arroz, sobre la base de utilizar bajas cantidades de insumo. Actualmente en este tipo de producción de arroz, el 49% de las áreas poseen sistemas de riego y por tanto se hacen imprescindibles todas las acciones que se encaminen a potenciar la eficiencia en el uso del agua (López *et al.*, 2010)

Los rendimientos promedios en los últimos seis años, alcanzados han oscilado entre 1,6–3,1 t/ha. El área sembrada actualmente asciende a 114,5 miles de ha, sin embargo, con estos rendimientos, distan mucho del valor necesario (5,5 t/ha) para lograr el auto abastecimiento nacional de este cereal (García, 1994).

Los esfuerzos para elevar los rendimientos del arroz, plantean la necesidad de una inversión sostenida y eficiente en generación y uso de tecnologías. Los beneficios introducidos en la modernización en los sistemas de riegos superficiales, incluyendo el control preciso del flujo y la nivelación con láser, solo serán eficaces si se logra comprender el papel que juega la infiltración en riego superficial y se mejora el conocimiento sobre su variación en el tiempo y el espacio.

Además el cultivo del arroz es el mayor consumidor de agua, estimándose en un 30% del total de agua utilizada en Cuba (Herrera *et al.*, 2000). Produciendo un fuerte impacto ambiental en los ecosistemas agrícolas.

Respecto al manejo del agua Colom (2000), plantea que “el problema en nuestro país radica en tres aspectos: eficiencia de conducción de las fuentes a las terrazas arroceras, posibilidad de practicar un manejo de agua que satisfaga a la agrotecnia y eficiencia productiva del agua utilizada. Aunque no se cuenta con datos exactos sobre las eficiencias del uso del agua en las arroceras, se estiman que están entre el 30 y el 67%. Incrementar esa eficiencia resulta de primordial interés para alcanzar la sostenibilidad agrícola, especialmente en la zona oriental de Cuba, donde las sequías son más severas y el agua más escasa.

Una mejora en la Eficiencia del uso de agua para lograr pasar del 38% al 42%. Esto representa que el consumo debería reducirse de unos 7000–6000 m³/ha, para lograr esta reducción en el consumo del agua, deben efectuarse inversiones en la reconstrucción de la infraestructura de riego, así como en las técnicas de riego que se utilizan (Sagardoy *et al.*, 2003).

El objetivo del trabajo es determinar para las condiciones de la provincia Granma, las ventajas técnicas y económicas de la nivelación con Láser en las áreas de producción de arroz, además evaluar su impacto sobre los rendimientos del arroz.

MÉTODOS

El estudio se realizó en el Complejo Agroindustrial (CAI) arrocerero “Fernando Echenique” de Granma, en la Brigada de la Gabina situada en las coordenadas, Latitud Norte 20° 28’ 00” y Longitud Este 76° 46’ 00” a 29,46 msnm. Las principales características hidrofísicas se muestran en la Tabla 1. El campo nivelado con láser y el testigo, sus dimensiones fueron 850 x 300 m, ambos sobre un suelo aluvial poco diferenciado, con una capa vegetal entre 15 a 25 cm de profundidad.

TABLAS 1. Principales características hidrofísicas

Profundidad (cm)	Capacidad de campo (%pps)	Densidad aparente (g/cm ³)	Velocidad de infiltración media (mm/hora)
0-10	36,2	1,40	6,50
11-20	35,4	1,45	
21-30	34,5	1,47	
31-40	33,2	1,50	
41-50	31,5	1,51	
51-60	31,6	1,53	

En la preparación del suelo para ambos campos, se utilizó la tecnología de Preparación en Seco.

En la nivelación con láser se siguieron los siguientes pasos: levantamiento topográfico en cuadrículas de 20 x 20 m, determinación de las pendientes óptimas y movimientos de tierra, con la aplicación de los software NIVTERRA versión 3, 1989 y SURFER 32 1995. Se empleó un equipo, Láser Plane (Figura 1), formado por un emisor de rayos Láser, un receptor, un mástil, una niveladora con su tractor T-150 K. En estas imágenes se representa los componentes del Laser.

En el método de nivelación tradicional se empleó un Land Plane de una cuchilla con un tractor Ferguson-Messey de 110 HP, dándose 3 pases al área: el primero en la dirección de la mayor pendiente, el segundo en la de menor pendiente y el último en el sentido del riego. La variedad de arroz la IA Cuba-19, con norma de siembra de 140 kg/ha, y fertilización de acuerdo a la carta tecnológica del cultivo.

Los Componentes evaluados fueron: número de panículas por metro cuadrado, peso de 1000 granos, número de granos llenos, vacíos y total por área de cálculo tomándose 80 muestras al azar en el campo cultivado. Se hizo un análisis de varianza donde se correlacionó los rendimientos obtenidos contra los componentes.

Se determinaron por proyecto los volúmenes de corte y rellenos. Durante los riegos efectuados se controló el tiempo de aplicación, así como el de drenajes de las parcelas y la relación de costos-beneficios.



FIGURA 1. Componentes del equipo Láser Plane.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de nivelación por cualquier método y técnica a utilizar presupone realizar cortes del suelo de las partes altas y rellenos en las zonas bajas de las terrazas; proceso que influye en los rendimientos agrícolas del arroz como consecuencia de las modificaciones en el suelo tanto físicas como químicas.

El área nivelada con Láser de un total de 625 cuadrículas, 325 fueron de corte. En la nivelación del campo, la principal condición a cumplir es la conservación de la fertilidad del suelo.

El corte máximo que puede realizarse, sin afectar seriamente la producción agrícola; se plantea que debe estar entre 5-10 cm, y que por encima de los mismos hay una reducción brusca de los rendimientos (Rodríguez, 1998, Alemán, 1997 y García, 1994). En este caso, los cortes en ese rango correspondieron a 210 cuadrículas, (65% del total) y entre 5-10 cm de corte se encuentran 83 cuadrículas (25%); por lo tanto se mantiene la condición de lo planteado anteriormente en 90% del área nivelada con láser (Tabla 2).

TABLA 2. Cantidad de cuadrículas por profundidad en los cortes y en los rellenos

Profundidad de corte (cm)	0-5	5-10	10-15	15-20	20	Total de cuadrículas
Cantidad de cuadrículas	210	83	18	8	6	325
% de corte	65	25	6	2	2	100
Área (ha)	8.40	3.32	0.72	0.32	0.24	13.00
Profundidad de relleno	0-5	5-10	10-15	15-20	20	--
Cantidad de cuadrículas	184	81	22	7	6	300
% de relleno	61	27	7	2	2	100
Área (ha)	7.4	3.2	0.88	0.28	0.24	12

En el caso de los rellenos el 61% de ellos están en el rango de los 0-5 cm. Según Alemán (1997) y Rodríguez (1998), existe una tendencia al incremento de los rendimientos hasta los 5 cm, y a partir de este valor los mismos no influyen. En este caso los rellenos se mantuvieron en un rango entre 0-10 cm (88% del área nivelada con Láser) por lo que existe una compensación en la fertilidad del suelo, manteniéndose casi inalterables los rendimientos agrícolas. La relación entre corte y relleno fue de 1,27 para un excedente en los cortes de 1343 m³. La desviación Standard fue de 20,2 mm. Lo que demostró, que las pendientes utilizadas en el proyecto fueron las adecuadas al estar en el rango permisible de 1.20-1.30 según UCAIA (1991).

En el área nivelada por láser el promedio de movimiento de tierra es de 246 m³/ha, para un volumen de 6150 m³, en el caso del testigo su promedio es 75-95 m³/ha, para un volumen de 2375 m³

La pendiente predominante antes de nivelar osciló entre 0,005-0,007 y después de nivelado fue de 0,002-0,005,

aceptable para el cultivo del arroz. La pendiente transversal obtenida en la nivelación es de 0,0015-0,0097, estas pendientes facilitan el desagüe superficial de las terrazas, además de mantener láminas pequeñas que oscilaron entre 5-8 cm. durante el período de aniego, valores considerados como muy buenos (Figura 2).

El campo testigo se niveló con Land Plane normal, dándose 3 pases en distintas direcciones, como lo ha estado haciendo tradicionalmente la arrocera. Los movimientos de tierra fueron pequeños (entre 75-95 m³/ha), posteriormente se sembró y se marcaron los diques.

La productividad del equipamiento Láser en el proceso de nivelación depende del relieve topográfico (a mayor complejidad del terreno mayores son los movimientos del equipamiento en su conjunto y menor el área nivelada por jornada) y de las dimensiones de las parcelas o terrazas arroceras, alcanzándose la mayor productividad cuando las franjas de trabajo oscilan entre 200 y 300 m.

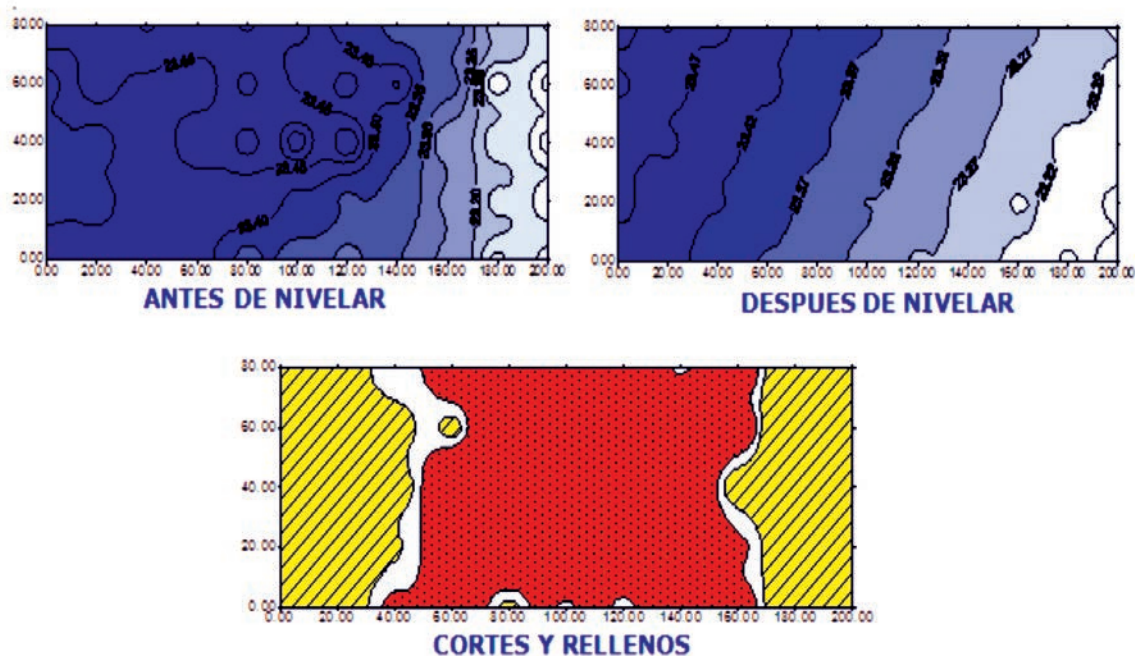


FIGURA 2. Cortes y rellenos en el proceso de nivelación.

Para condiciones de baja complejidad y con las dimensiones óptimas para el trabajo de los equipos, según Colom (2000) es posible alcanzar un potencial hasta de 4,3 ha/día. En el caso de estudio la complejidad del terreno era media, dado que el mismo nunca había sido sometido a un trabajo de nivelación con un proyecto definido, sino solo se había nivelado de forma empírica de acuerdo a la experiencia y pericia de los operadores que preparaban las terrazas antes de cada siembra. En estas condiciones el ritmo de nivelación alcanzada fue de 2,0 ha/día. Es de esperar que para condiciones similares esta productividad sea superada en la medida que se adquiera experiencia. Hay que señalar que los 11 equipos Láser existentes en las empresas arroceras del país, durante el año 1999 lograron una productividad de 1,8 ha/día, en 204 días laborables.

El tiempo de avance del frente de agua en el primer riego fue de 550 minutos para una longitud de la terraza de 300 m. El avance del frente de agua es más rápido en el segundo y tercer riego (450 y 390 minutos), como se observa en la Figura 1, debido a que ya existe una humedad residual en el suelo dado por el riego anterior que induce una disminución en la infiltración del agua en el suelo, permitiendo un avance de la lamina de agua aplicada mas rapido, sin escurrimiento superficial al final de la terraza.

Al finalizar cada riego se efectuó un drenaje rápido con una duración entre 27 y 39 horas. El ciclo del cultivo tuvo una duración de 149 días hasta el inicio de la cosecha. Se mantuvo en aniego permanente 85 días, y con los riegos efectuados o pases de agua, un total de 128 días. La norma total aplicada en el campo nivelado con Láser es de 16 988 m³ /ha, mientras que en el campo testigo, la norma total aplicada es de 20 500 m³ /ha, para un incremento en el consumo de agua de 3 512 m³ /ha. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Tabuchi (1995), en

Italia donde alcanzó con idéntica tecnología un consumo de agua entre 16 000 y 18 000 m³/ha en suelos arcillosos.

El campo nivelado con láser se realizaron 5 riegos de germinación y establecimiento, con un tiempo promedio de 36 horas y un intervalo medio de 9,7 días, con una norma neta de 11 832 m³/ha, lo que da una eficiencia de aplicación de 69,6%, eficiencia superior a la alcanzada en la granja Xintian, donde según Herrera *et al.* (2000), se aplicaron normas brutas de 17 540 m³/ha y alcanzaron una eficiencia de 67,4%, granja considerada modelo entre las arroceras del país, las normas aplicadas tanto netas como brutas en el campo nivelado con Láser son similares a las aplicadas en esta granja.

En el campo testigo se efectuaron 4 riegos de germinación y establecimiento, con un intervalo medio de 11 días, dado el exceso de humedad en determinadas áreas de las terrazas debido a encharcamientos por la nivelación menos precisa. A pesar de efectuar un riego menos en esta fase, el consumo total fue de 20 500 m³/ha, las láminas promedio entre 10-12 cm y la eficiencia de aplicación de 57,7% (11,9%) menor que en la zona nivelada con láser (Tabla 3).

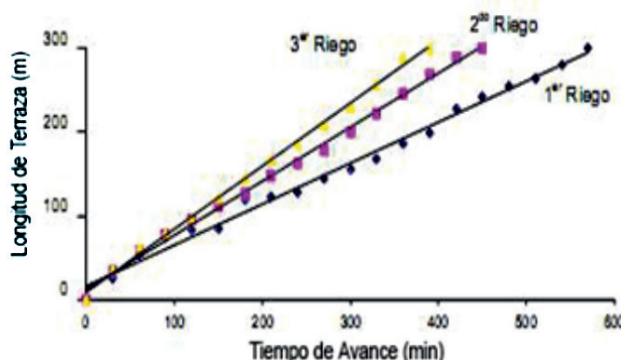


FIGURA 3. Curvas de avance en una terraza nivelada con láser.

Las alturas de láminas de agua en la fase de aniego en la nivelación con láser, se mantuvieron entre 5-8 cm lográndose disminuir la lámina entre 4-5 cm, en relación al campo testigo. El efecto de la nueva tecnología generó una disminución en el consumo de agua de 3 512 m³/ha, representando un ahorro del 17%. Otro aspecto a destacar es que el drenaje de las terrazas en los riegos de germinación y establecimiento, se realizaron como promedio en 31 vs. 39,5 horas que tardaba en las terrazas del campo testigo, lo que propició un mejor desarrollo del cultivo en sus primeros estadios, posibilitando una germinación más uniforme con 378 plantas/m² en la terraza nivelada con Láser y 252 plantas/m² en las terrazas con nivelación tradicional, estos valores obtenidos en rango entre 240 y 350 plantas/m² se deben obtener buenos resultados en los rendimientos.

La formación de panículas/m² está directamente relacionada con el índice de plantas/m² (fase de germinación-establecimiento). Cuando se niveló con láser se obtuvieron 446 panículas/m², en el caso del campo testigo fue 323 panículas/

m², estos valores se aproximan a los reportados por Cruz (1987), encontraron buenos resultados agrícolas en un rango de valores de 440 a 500 panículas/m² (Tabla 4), Fernández en 1998 en un área nivelada de forma tradicional con equidistancias de 4 cm, se registraron 422 panículas/m².

Analizando todos los factores componentes del rendimientos, que incidieron en un rango del % de incremento al comparar ambos métodos de nivelación entre 6.6-33 %, a favor de la nivelación con láser (Tabla 4), condujeron a un mayor rendimientos de 8.32 t/ha. Por el efecto directo que se obtiene al nivelar un campo, con la tecnología de punta de Rayos Láser, es posible el incremento de estos parámetros. Sin embargo el campo testigo su rendimiento fue de 6,06 t/ha, debido principalmente a las imprecisiones en la nivelación que condujeron a un manejo ineficiente del riego, con sus consecuencia en el sobre consumo de agua total aplicada. Se mantuvieron láminas de aniego entre 10-12 cm de altura, con encharcamiento en los primeros riegos etc.

TABLA 3. Comportamiento de los riegos en el campo nivelado con láser tradicional

Números de riegos	Fecha de inicio	Fecha de terminación	Duración del riego (horas)	Tiempo de drenaje (horas)	Intervalo de riego (días)
TERRAZAS NIVELADAS CON LASER					
1 ^{er} riego	30/3/97	1/4/97	54	39	--
2 ^{do} riego	8/4/97	10/4/97	32	30	9
3 ^{ro} riego	17/4/97	18/4/97	31	28	9
4 ^{to} riego	28/4/97	29/4/97	33	31	11
5 ^{to} riego	8/5/97	9/5/97	30	27	10
Ariego permanente	12/5/97	29/7/97	--	--	85
Drenaje del campo	30/7/97	31/7/97	--	35	--
TERRAZAS NIVELADAS POR EL MÉTODO TRADICIONAL(CAMPO TESTIGO)					
1 ^{er} riego	3/4/97	6/4/97	70	54	--
2 ^{do} riego	13/4/97	15/4/97	56	38	10
3 ^{ro} riego	24/4/97	26/4/97	48	34	11
4 ^{to} riego	6/5/97	8/5/97	44	32	12
5 ^{to} riego	--	--	--	--	--
Ariego permanente	16/5/97	14/8/97	--	--	91
Drenaje del campo	16/8/97	18/8/97	--	46	--

TABLA 4. Relación entre la nivelación por ambos métodos y algunos parámetros biológicos del rendimiento

Parámetro	Niv. Láser	Niv. Tradicional	% de Incremento	Diferencia
Panícula/m ²	446	323	28	123**
Plantas/m ²	378	252	33	126**
Peso de 100 gramos (g)	31,72	29,63	6.6	2,09 ^{NS}
Granos llenos por panícula	146	113	23	33**
Granos vanos por panícula	26	32	19	6 ^{NS}
Granos totales por panícula	172	145	16	27**
Rendimiento (t/ha)	8,32	6,06	27	2,26**

Estos resultados de rendimientos en la nivelación con Láser, son análogos a los obtenidos por Hill *et al.* (1992), en el Estado de California donde se lograron rendimientos entre 7,16-9,11 t/ha, empleando la misma tecnología de nivelación y a los reportados por Tabuchi (1995), en países como Australia y Brasil con 8,21 y 7,25 t/ha respectivamente.

La relación del volumen de agua utilizado respecto a la producción alcanzada fue de 2,04 m³/kg de arroz en el campo nivelado con láser. En el testigo la relación fue de 3,38 m³/kg. Se observa una diferencia en los rendimientos de 2,26 t/ha (27% de incremento a favor de la nivelación con láser). Si se compara con los rendimientos promedios de la brigada La Gabina para

esta campaña, que fueron de 5,25 t/ha, su incremento fue de 3,07 t/ha, es decir que la nueva tecnología incrementó la producción en un 37%.

Para la valoración económica se escogieron índices y valores del CAI Fernando Echenique, así como otros utilizados en la modernización de los sistemas de riego y drenajes del arroz (Tabla 5).

TABLA 5. Indicadores del CAI Fernando Echenique

INDICADORES	Pesos/ha
Combustible	54.97
Lubricante	6.90
Aromatización	154.56
Salario	34.05
Piezas para equipos	165.00
Otros gastos	38.00
Volumen medio en nivelación con láser	246 m ³ /ha
Volumen medio en nivelación tradicional	75 a 95 m ³ /ha
Valor de una tonelada de Arroz cáscara	303.60 pesos
Índice de movimiento de tierra	1.052 \$/m ³

Al analizar la Tabla 6, se observa que existe una diferencia en los valores en el consumo de agua de 17.60 peso/ha a favor de la nivelación con láser. Los costos de fertilización y aviación fueron ligeramente superiores, porque fue necesario aplicar un poco más de fertilizantes, en las áreas de la terraza nivelada con láser, correspondientes a las zonas de corte de la capa vegetal, para restituir la fertilidad del suelo y uniformar el desarrollo del cultivo. En el campo preparado tradicionalmente, el costo fue de 65 peso/ha en cada pase del equipo nivelador. Si comparamos este valor con el de la nivelación con láser, donde previamente se hizo un proyecto para determinar las pendientes óptimas, así como los volúmenes de trabajo mínimos a ejecutar, vemos que su costo fue de 360.66 peso/ha. La diferencia con el tradicional fue de 165.66 peso/ha.

Este incremento se debe al tener que utilizar equipos de mayor consumo energético para mover la niveladora, y al estudio previo de la topografía. En la modernización del arroz en Granma se utiliza un índice de 760 peso/ha, mientras en Pinar del Río es de 550 peso/ha. En los seis Estados que cultivan el cereal en E.U empleando la nivelación en pendiente con láser, sus rangos oscilan entre 540 a 800 peso/ha (Yamaji, 1995).

TABLA 6. Costo de la producción de acuerdo a la tecnología y a la nivelación empleada en peso/ha

Elementos de costo	Nivelación con tecnología tradicional	Nivelación con tecnología Láser
Preparación de suelo	133.32	133.32
Siembra	80.73	80.73
Fertilización	143.71	158.46
Labores fitosanitarias	142.95	146.31
Control de roedores	15.00	15.00
Consumo de agua	102.50	84.90
Aviación agrícola	168.76	174.66
Cosecha	139.22	165.43
Nivelación	195.00	360.66
Otros costos	182.98	225.33
Costo total	1 304.17	1 544.80

Durante la cosecha al tener el área nivelada con Láser un mayor rendimiento, las máquinas llenaban sus tolvas más rápido, sin haber terminado las embelgas, esto ocasiona pérdidas de tiempo y el uso de tolvas adicionales para la extracción de la cosecha, lo que generó mayores costos. El resto de los parámetros no presentan diferencias entre las tecnologías empleadas.

La tecnología guiada por rayo láser, incurrió en gastos de producción que ascendieron a 1544.80 peso/ha, donde su ingreso bruto fue de 2525.95 peso/ha y una ganancia neta de 981.15 \$/ha, que al compararse con la nivelación en forma tradicional, representó una diferencia de 445.50 peso/ha, y por tanto un incremento de las ganancias netas del 45%, siendo su relación beneficio-costado de 1.54.

El monto total de los equipos requeridos para la nivelación es de 149 500 pesos. De trabajar con la productividad del experimento y obtener iguales indicadores de ganancia, el sistema se pagaría al nivelar 336 ha. Si los rendimientos son solo 20% mayores, aceptado como mínimo por investigadores como Hill

et al. (1992) y otros, sobre el incremento de la producción media del país en 1997 que fue de 3,1 t/ha, significaría una ganancia neta de 188.33 peso/ha, que con la productividad actual, con solo 367 ha niveladas por año, la inversión se amortizaría en 2 años y 10 meses (Figura 3).

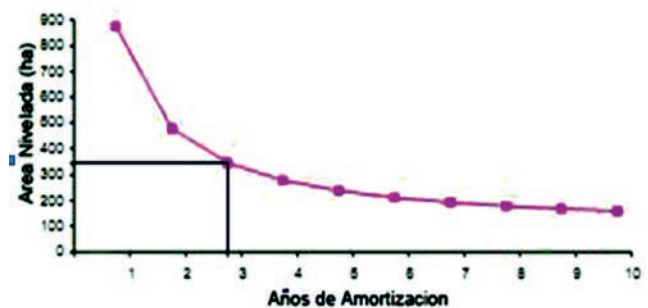


FIGURA 4. Amortización del equipamiento Láser con relación al área nivelada.

CONCLUSIONES

- Es factible el empleo de la nivelación con la tecnología láser para lograr un ahorro eficiente y sostenible en el uso del agua, aumentar los rendimientos, que implica disminuir las importaciones.
- La eficiencia de aplicación del agua lograda con esta tecnología láser, respecto a la forma tradicional de nivelación de las arroceras de Granma fue de 69,6%, lográndose un manejo adecuado en las láminas de agua aplicadas.
- El consumo de agua se redujo en 3 512 m³/ha, representando un 17%, de ahorro.
- Se incrementó los rendimientos en 2,6 t/ha por el empleo de la tecnología de punta láser, representando el 27%.
- La ganancia neta en el área evaluada fue de 445.50 peso/ha comparada con el área testigo. De obtenerse similar proporción en el incremento de los rendimientos respecto media nacional, las ganancias serían de 188.33 peso/ha y los equipos se amortizarían en 2 años y 10 meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALEMÁN, L. y A. P.L. RODRÍGUEZ: El manejo del agua en el arroz, En: **X Conferencia del Inger-Lac.**, 3-5 Marzo 1997, Acarigua, Venezuela, 1997.
- COLOM, A. L.: *Factores que han impedido obtener mejores resultados en la producción de arroz*, pp. 8-10 Reflexiones técnicas, UCAI, febrero, 2000.
- CRUZ, F.: *Preparación de los suelos para el cultivo del arroz*, Boletín de reseña arroz No. 13, sep. 1987, FAO, Perspectivas alimentarias, No. 5/6, Roma, 1995.
- GARCÍA, O. R.: *Irrigación y desecación en los sistemas arroceros*, Editorial Academia, La Habana, 1994.
- HERRERA, P. J.; G. LÓPEZ. y C. ALEMÁN: *Propuestas de Normas Netas Totales y Coeficientes de Eficiencia para los Principales Cultivos de Cuba*, pp. 2-5, INRH-MINAG-MINAZ, La Habana, 2000.
- HILL, E. J.; J.R. ROBERT & F. WILLIAMS: *Rice Production in California*, Cooperative Extension University of California Division of Agriculture and Natural Resources, USA, 1992.
- LÓPEZ, S. T.; F. GONZÁLEZ; A. GARCÍA; J. HERRERA y G. CID: "Adecuación de un modelo de simulación de cultivo para la predicción del crecimiento y producción del arroz en el sur de la Habana", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuaria*, 19(1): 57-64, 2010.
- RODRÍGUEZ, S. A.: *Consideraciones sobre la nivelación de los suelos arroceros. Tesis (en opción al título de Master en Riego y Drenaje)*, ISCAH-IIRD, La Habana, 1998.
- SAGARDOY, A. J. A. y E. PLAYAN: La modernización de la gestión de los sistemas de riego, En: **Memoria del III Congreso de Riego**, pp.1-16, octubre del 20-24, La Habana, 2003.
- TABUCHI, T.: *Paddy Fields and Evaporation Basin in Australia*, pp. 1-9, Paddy Fields in the World, Australia, 1995.
- UCAIA: *Normas técnicas en la proyección de los sistemas ingenieros en las arroceras*, 15pp., Vig. 1991.
- YAMAJI, E.: *Mechanize and Rice Cultivation in the USA*, pp. 189-216, Paddy Field in the World, USA, 1995.