

XVI FORUM DE CIENCIA Y TÉCNICA

TITULO: Impacto nacional en el incremento del rendimiento agrícola, economizar agua de riego y energía en el cultivo del arroz (oryza sativa L.) como consecuencia del estrés hídrico

AUTOR: Dr.C. Ricardo Polón Pérez

e-mail: rpolon@inca.edu.cu

Ocupación: Investigador

Centro: Estación Experimental del Arroz "Los Palacios" (INCA)

ORGANISMO: MINAGRI

MUNICIPIO: Los Palacios

PROVINCIA: Pinar del Río

RESUMEN

En el país, el arroz es el alimento básico de la dieta habitual de la población, con un consumo anual por persona de 60 kg. La producción arrocería forma un sector especializado constituido por Empresas Estatales que producen más de 127 000 t de arroz en 104 860 ha, distribuidas en ocho zonas arroceras en igual número de provincias y un sector de producción popular integrado por productores individuales y cooperativas de producción agropecuaria, los que obtienen 128 300 t de arroz consumo (húmedo) en 97 833 ha dispersas a lo largo de todo el país.

En la gran mayoría de los países del mundo, la producción agrícola contemporánea no es posible sin una irrigación adecuada. Por otra parte, los recursos hídricos son

restringidos y poco renovable, lo que unido a los grandes periodos de seca en las ultimas decenios, los fondos disponibles de los agricultores para la instalación de los sistemas de riegos y el manejo satisfactorio de los mismos, contribuirá a seguir incrementando las áreas bajo riego y perfeccionar los métodos empleados, los criterios del uso y manejo del agua.

El cultivo del arroz es el mayor consumidor de agua en la agricultura, con el 30% del agua disponible del país, actualmente no estamos produciendo ni la mitad del volumen de producción que existía antes del período especial que estaba entre 430 - 460 000 TM.

El primer efecto medible, como resultado de someter las plantas al estrés de humedad, resulta en la mayoría de los casos una reducción en el crecimiento producido por la inhibición del alargamiento celular, lo que está dado por el grado de turgencia que tienen las células en estas condiciones (1), así como una alteración de los procesos fisiológicos (2).

En condiciones de producción no se reportan trabajos sobre estrés hídrico en la literatura internacional y mucho menos con las características a los realizados en esta investigación, los pocos realizados han sido en condiciones semicontroladas.

En Cuba esta temática ha sido muy poco estudiada como alternativa para incrementar los rendimientos y economizar el preciado líquido. Esta investigación es de gran actualidad, si se tiene en cuenta que en la producción arrocera nacional cada año se siembran grandes áreas a riesgo por falta de agua, preferiblemente en el período poco lluvioso donde se alcanzan los más altos rendimientos del cereal, con este trabajo se puede solucionar esta problemática en gran medida y también sería una alternativa más para el gran movimiento del arroz popular en el país dada la escasez de este líquido en muchas zonas, la que se atenuaría con esta nueva modalidad en el manejo del agua para la producción de arroz.

El objetivo del presente estudio fue encontrar una alternativa en el riego del cultivo para incrementar los rendimientos agrícolas y ahorrar agua de riego, sin afectar la calidad industrial del grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Estación Experimental del Arroz – Los Palacios, durante tres años (1990-1993), sobre un suelo Hidromórfico Gley Ferralítico Nodular (3), y en el CAI Arrocero – Los Palacios en sus diversidades tipos de suelo durante cinco años 1994-1998, tanto para el período poco lluvioso como para el lluvioso para las diferentes tecnologías de siembras, y bajo los tres sistemas de riego y drenaje del CAI (sistemas tradicional de riego, semi-ingeniero e ingeniero).

Los tratamientos utilizados en la investigación fueron:

- T₁ – Estrés hídrico en fase de plántula
- T₂ - Estrés hídrico en fase de ahijamiento
- T₃ – Estrés hídrico en fase de ahijamiento-cambio de primordio
- T₄ – Estrés hídrico en la fase de cambio de primordio-preñez
- T₅ – Aniego permanente (Testigo de producción)

Para el desarrollo de la extensión agrícola en el CAI, se utilizaron indistintamente los tratamientos desde T₁ hasta T₃, priorizándose fundamentalmente el T₂.

El estrés hídrico consistió en suspender el riego durante 25 días (aniego permanente), el campo se puede desaguar o dejarlo con dicha lámina de agua, y que ésta se consuma por filtración y evapotranspiración dejando que el suelo se agriete (suelo seco), permitiendo esto que se produzca un enrollamiento de las hojas y/o quemaduras en las puntas de las mismas y el suelo totalmente agrietado, posteriormente se realiza la fertilización nitrogenada, y restableciéndose el aniego permanente lo antes posible (en un tiempo no mayor de 24 horas) para evitar pérdidas del nitrógeno por volatilización.

****Una condición necesaria para llevar a cabo el estrés hídrico en el cultivo del arroz es que el campo esté limpio de plantas no objeto de estudio (conocidas comúnmente como malezas o plantas indeseables)****

La siembra se realizó con una densidad de siembra de 130 kg.ha⁻¹, se utilizaron las distintas variedades comerciales actuales en producción (4).

Las atenciones fitotécnicas al cultivo se realizaron según recomendaciones de los Instructivos Técnicos del Cultivo (4).

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza, aplicándose la dócima de rangos múltiples de Duncan cuando se encontraron diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para un nivel de significación ($p \leq 0.05$).

En condiciones de producción se aplicaron indistintamente los tratamientos de estrés hídrico en las fases de plántula y ahijamiento, y comparándose con el testigo de producción (aniego permanente).

Mediciones y observaciones

- Rendimiento agrícola (t.ha⁻¹) e industrial del grano (% de granos entero)
- Granos llenos por panículas y panículas por m²
- Temperatura del suelo (°C)
- Malezas
- Precipitaciones (mm)
- Se midió el gasto de agua con las toberas del tipo Sianiri

Para la investigación en la Estación Experimental se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con 3 tratamientos y 4 réplicas (en campo), y en condiciones semi-controladas en macetas de 0.25 m² con un diseño experimental completamente aleatorizado con 5 tratamientos y 4 réplicas, mientras que en condiciones de producción (extensión agrícola) se montaron las variantes en campos con áreas variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas que fueron sometidas a estrés hídrico en las variantes T_1 y T_2 en condiciones semi-controladas, tuvieron rendimientos superiores al testigo. (Tabla 1) similares resultados informaron otros autores (5) pero en fases posteriores a las realizadas en este trabajo, quienes encontraron rendimientos superiores cuando el estrés fue sometido en la fase de máximo ahijamiento-preñez respecto al testigo (aniego permanente), pero con afectaciones en la calidad industrial del grano (reducción en el % de granos enteros).

Tabla 1. Rendimiento en gramos (g) en un área de 0.25 m² en condiciones experimentales

Variantes	Período poco lluvioso 1990-1991 y 1991- 1992	Período lluvioso 1993
T_1	450 a	380 a
T_2	445 a	360 a
T_3	365 a	325 a
T_4	320 ab	280 a
T_5 (Testigo)	290 b	235 b
EsX	7.64 ***	8.36 ***

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según dística de rango múltiple de Duncan.

En campo se corroboraron los resultados de condiciones semicontroladas, siendo las mejores variantes las relacionadas con el déficit de humedad en T_1 y T_2 (estrés hídrico en la fase de plántula y ahijamiento respectivamente), encontrándose diferencias significativas en los rendimientos al superar al testigo en 2.3 t.ha⁻¹ (Tabla 2).

Tabla 2. Rendimiento agrícola al 14% de humedad (t.ha⁻¹) en campo

Variantes	Período poco lluvioso 1991-1992
T_1	7.50 a
T_2	7.47 a
T_5 (Testigo)	5.12 b
EsX	0.56 ***

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según dística de rango múltiple de Duncan.

Esta superioridad en el rendimiento, al someter el cultivo a una fuerte deficiencia de agua durante 25 días, permitió ir elevando la temperatura del suelo gradualmente, cuando se alcanzó el estrés, la temperatura del suelo osciló entre 22 y 26°C. Esta pudo ser una de las causas que permitieron que las plantas ahijaran mucho más en las variantes T₁ y T₂ respecto al testigo.

Resultados similares fueron planteados por otros investigadores (5,6,8). Por otra parte hay investigaciones (7) que manifiestan que al aumentar la temperatura del suelo se incrementa la concentración de la enzima-N amoniacal en condiciones fuertes de estrés hídrico, produciendo una mayor cantidad de hijos fértiles repercutiendo esto en un mayor número de panículas por metro cuadrado y mayor peso de los granos formados. Esto confirma lo encontrado en este trabajo respecto a este componente del rendimiento (Tabla 3).

Tabla 3. Panículas por metro cuadrado en campo

Variantes	Período poco lluvioso 1991-1992
T ₁	316 a
T ₂	316 a
T ₅ (Testigo)	288 b
Es X	6.43**

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para

$p \leq 0.05$, según dócima de rango múltiple de Duncan.

El estrés hídrico en las variantes T₁ y T₂ redujo la altura de las plantas, aumentó el largo de las hojas así como su área foliar. Al hacer una valoración cuantitativa en las hojas, se observó un color verde más intenso que en la variante sometida a aniego permanente (testigo); este fenómeno podría atribuirse a una mayor concentración de clorofila, provocando una mayor actividad fotosintética, y por tanto mayor rendimiento a favor de las variantes de estrés hídrico, resultados similares fueron repodados por otros autores (5, 8)

Extensión Agrícola

Las plantas que fueron sometidas a estrés hídrico tuvieron rendimientos superiores, al compararse con el aniego permanente durante todo el ciclo de desarrollo del cultivo (Testigo) en los estudios en las diferentes localidades del Complejo Agroindustrial Arrocero – Los Palacios (Tablas 4, 5, y 6). Similares resultados fueron informados por otros autores (6,5), quienes encontraron rendimientos superiores cuando el estrés fue sometido en la fase de máximo ahijamiento, en suelos de iguales características y en fenofases posteriores y anteriores al inicio del ahijamiento (8) informaron un incremento en el rendimiento agrícola y una rápida recuperación de las plantas (24-48 horas) cuando fueron sometidas a deficiencias hídricas pero en fase de plántulas respecto al testigo (aniego permanente) para condiciones semi-controladas y en campo. Al respecto, diferentes investigadores e instituciones científicas plantean que al someter el cultivo del arroz a condiciones estresantes en la fase vegetativa, provoca una

mayor acumulación de fotosintatos (60%) que posteriormente se traslocan y forman los carbohidratos del grano, dándole mayor peso y longitud a las panículas (9, 10, 11, 12, 13, 14, 15) Esta pudiera ser una de las causas atribuibles al mayor rendimiento agrícola entre 1-2 t.ha⁻¹ (peso de los granos) y al mayor número de granos llenos por panícula a favor del estrés hídrico respecto al aniego permanente.

La superioridad en el rendimiento, al someter el cultivo a una fuerte deficiencia de agua durante 25 días permitió ir elevando la temperatura del suelo gradualmente, cuando se alcanzó el estrés la temperatura del suelo osciló entre 23 y 28°C (Tabla 7). Esta pudo ser una de las causas que permitieron que las plantas ahijaran mucho más en la variante de estrés respecto al testigo. Resultados similares fueron presentados por otros autores (15, 14, 11, 9, 8). Por otra parte, otro autor (7) manifestó que al aumentar la temperatura del suelo se incrementa la concentración de la enzima-N (N- Amoniacal) en condiciones fuertes de estrés hídrico, estimulando una mayor cantidad de panículas/m² y granos llenos por panícula.

Tabla 4. Comportamiento del rendimiento agrícola (t.ha⁻¹), el % de granos enteros y los granos llenos por panícula. Período poco lluvioso 1994-1995. Establecimiento Caribe. (Sistema de riego tradicional)

Variantes	Rendimiento		Granos llenos por panícula
	Agrícola (20 m ²)	Industrial (% entero)	
Estrés hídrico	5.13 a	37.7	120 a
Aniego permanente (Testigo)	3.02 b	37.0	58 b
EsX	0.02***	6.5 NS	0.08***

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para p≤0.05, según dócima de rango múltiple de Duncan.

Tabla 5. Comportamiento del rendimiento agrícola (t.ha⁻¹), el % de granos enteros, malezas y precipitaciones. Período poco lluvioso 1995-1996. Establecimiento Cubanacán. (Sistema de riego ingeniero)

Variantes	Rendimiento		Malezas (m ²)	Precipitaciones (mm)
	Agrícola (20 m ²)	Industrial (% entero)		
Estrés hídrico	5.1 a	50.6	19	0
Aniego permanente (Testigo)	4.0 b	50.8	21	0
EsX	0.07***	4.3 NS	-	-

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para p≤0.05, según dócima de rango múltiple de Duncan.

Tabla 6. Comportamiento del rendimiento agrícola ($t \cdot ha^{-1}$), el % de granos enteros, malezas y precipitaciones. Período poco lluvioso 1997-1998. Establecimiento Sierra Maestra. (Sistema de riego semi-ingeniero)

Variantes	Rendimiento		Malezas (m^2)	Precipitaciones (mm)
	Agrícola ($20 m^2$)	Industrial (% entero)		
Estrés hídrico)	4.25 a	48.3	26	0
Aniego permanente (Testigo)	3.25 b	48.3	32	0
EsX	0.04**	4.3NS	-	-

Medias con letras en común por columnas no difieren significativamente para $p \leq 0.05$, según dócima de rango múltiple de Duncan.

Tabla 7. Temperatura promedio del suelo ($^{\circ}C$) durante el período del estrés a una profundidad de 5 cm.

Variantes	Localidades		
	Caribe (1994-1995)	Cubanacán (1995-1996)	Sierra Maestra (1997-1998)
Estrés hídrico	24-28	23-24	22-25
Aniego permanente (Testigo)	18-19	18-20	19-20

Esto confirma lo encontrado en este trabajo, respecto a estos componentes del rendimiento que tienen marcada influencia en el rendimiento agrícola (Tablas 3 y 4).

El estrés hídrico redujo la altura de las plantas, aumento el largo de las hojas y el área foliar de la planta, incluso después que fue eliminado el estrés; resultados similares fueron reportados sobre este particular (10). Al hacer una valoración cualitativa en las hojas, se observó una coloración verde oscuro intenso en la variante donde se aplicó el estrés respecto a la variante sometida a aniego permanente (Testigo), este fenómeno podría atribuirse a una mayor concentración de clorofila provocada por la enzima N (amoniacal). Resultados similares fue reportado en un estudio sobre esta temática (8).

El rendimiento industrial (% entero), es decir, en la calidad del grano no se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en ninguno de los años estudiados (Tablas 4, 5 y 6). Esto se atribuye entre otras causas al hecho de realizar el estrés hídrico en la fase vegetativa y no en la reproductiva (a mediado), que se afecta la formación de los granos y ofrece mayor resistencia al molinado produciendo más partiduras de estos (13).

Durante los días en que se sometió el cultivo a la condición de estrés hídrico, no se registraron precipitaciones, comprobándose así que las plantas no recibieron ningún tipo de abastecimiento hídrico, a no ser la humedad residual en el suelo y el contenido de agua en sus tejidos así como la humedad relativa en horas de la

madrugada (Tablas 5 y 6), un tanto similar sucedió cuando se desarrolló la investigación bajo condiciones experimentales.

En cuanto a los daños por malezas durante el período sin riego, se puede decir que, antes de aplicar la condición de estrés en los campos, hubo un control total de las malezas a partir de aplicaciones de herbicidas, y las que salieron fueron posteriores al estrés, que no influyeron en los rendimientos agrícolas, ya que fue después de los 60 días que se reporta que no ocasiona daños significativos al rendimiento agrícola e industrial del grano (16).

CONCLUSIONES

Después de las pruebas realizadas en condiciones de extensión agrícola, corroboró los resultados encontrados en condiciones experimentales en la que se concluye que al aplicar la condición de estrés hídrico (deficiencia hídrica) el cultivo dio una respuesta a un incremento significativo en el rendimiento agrícola sin que se produzcan afectaciones en la calidad industrial del grano (% de granos enteros), ahorro considerable de agua (234.7 millones de m³ al año) , mayor ahijamiento por las plantas, mayor volumen del sistema radical y una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la fertilización nitrogenada y, una mejora en las condiciones físicas del suelo. Se incrementó el rendimiento agrícola en 1 t.ha⁻¹ sin que se produjera afectaciones en la calidad industrial del grano y, hubo un ahorro de agua de unos 3 129 m³.ha⁻¹ este ahorro de agua está dado por dejar de regar el cultivo durante 25 días

RECOMENDACIONES

La aplicación de esta nueva tecnología basada en el estrés hídrico conlleva cumplir con las siguientes recomendaciones:

- ✓ Estar el cultivo libre de malezas al momento de establecer el estrés hídrico.
- ✓ Realizar previamente el control de plagas y enfermedades.
- ✓ Reiniciar el riego del campo en tiempo no mayor de 24 horas después de la aplicación del fertilizante nitrogenado.
- ✓ Aplicar la condición de estrés hídrico desde la fase de plántula hasta el final del máximo ahijamiento - cambio de primordio.

Aportes

Social: El arroz constituye la base de la alimentación del pueblo cubano, es por ello que uno de los principales objetivos de la producción arrocería nacional es elevar los rendimientos actuales para disminuir las importaciones del grano y mantener una oferta estable en el mercado nacional. Dentro del programa alimentario se prevé elevar la producción hasta lograr en un quinquenio satisfacer las necesidades del consumo interno del país, por lo que se trabaja para que el 60% o más del incremento de la producción se obtenga mediante el aumento de los rendimientos. En este trabajo se propuso aplicar un fuerte estrés hídrico que

redundará al final con un incremento en el rendimiento agrícola en 1 t.ha^{-1} , lo que permite mayor cantidad de alimento para el pueblo representando unos 1 742.3 t de arroz blanco adicional, que permitirá ir satisfaciendo gradualmente la alta demanda de este cereal.

Ambiental: La condición de una lámina de agua permanente durante casi todo el ciclo de desarrollo del cultivo crea en el suelo fuerte condición de oxidación-reducción formando gran cantidad de sustancia tóxica afectando a la flora del suelo, a la contaminación del manto freático, a una gran emisión a la atmósfera del gas metano (CH_4) aumentando el efecto invernadero, donde el arroz es el responsable del 25% del total de gases emitido a la atmósfera, lo que afecta el entorno socioeconómico y ambiental del sector arrocerero impone a los productores un verdadero reto: aliviar la presión ejercida con él sobre el medio ambiente. La introducción del estrés hídrico, por los días que se deja de regar el cultivo (por lo menos 25 días) permitirá reducir en gran medida la contaminación del medio ambiente y el efecto invernadero dada por la disminución de los días de la presencia del permanente espejo de agua.

Tecnológico: La búsqueda de información con respecto a resultados científicos de otros países y su adaptación a nuestras condiciones es en la actualidad una de las metas más importantes en el quehacer científico-técnico en la transferencia de tecnología. En este trabajo se promueven las condiciones para realizar la fertilización nitrogenada en el cultivo con el suelo seco, permitiendo además una mejora tecnológica en el cultivo del arroz. Por la condición de aplicar el fertilizante nitrogenado con el suelo totalmente seco se incrementa su eficiencia en su uso por la planta en un 89 %, mientras que con el sistema tradicional de aplicar el fertilizante nitrogenado con una pequeña lámina de agua sólo se alcanzaba una eficiencia del 32 % y, cuando se hacen las aplicaciones de dicho fertilizante de forma manual en la producción de arroz popular para citar un ejemplo indudablemente que se humaniza el trabajo del hombre en el campo por tener una mejor facilidad y condiciones de trabajo para la aplicación del fertilizante por estar el suelo seco.

Económico: El cultivo del arroz demanda de grandes volúmenes de agua durante su ciclo de desarrollo, haciéndola llegar al mismo por gravedad, y estaciones de bombeo (consumen grandes volúmenes de petróleo y electricidad) las cuales elevan el consumo de energético. Este cultivo se siembra en dos campañas al año (Frío y Primavera) en un área de 75 000 ha, con el agua ahorrada $3\,129 \text{ m}^3/\text{ha}$ (el cálculo del agua está fundamentado sólo para una campaña de siembra), en esa área, representa un volumen de 234.7 millones $\text{m}^3/\text{año}$, esto es equivalente a una presa virtual (Mucho mayor que los embalses Bueycito en Granma o la Carlos Manuel de Céspedes en Santiago de Cuba), el precio de 1 millas de m^3 es de 5 pesos, para un efecto económico de 1.17 millones de pesos/año (M.N). Por incremento del rendimiento en 1 t.ha^{-1} , este valor haciendo su conversión para arroz blanco industrial permite alcanzar 1 742.3 t/año, a precio actual en el mercado mundial (Cierre Julio 2005, según Instituto de Investigaciones del Arroz) 380 USD, esto reporta un ahorro a la economía nacional de 662 074 de USD por disminuir la compra de arroz blanco en el mercado mundial (por concepto de reducir importación del grano). Permite un ahorro de petróleo de 283 t/año (por dejar de regar 25 días y no trabajar las estaciones de bombeo para regar esas

áreas), a un precio la tonelada de \$280.00 (MN) representa un efecto económico de \$ 56 600. (MN). Por concepto de electricidad se ahorran 200 000 kw/año fundamentado esto por la estación de bombeo eléctrica más grande del país que está situada en la toma del río Cauto en la provincia de Granma la cual suministra agua a las arroceras de su proximidades, donde 1 kw tiene un valor de 0.11 centavos para un efecto económico de 22 000 pesos/año (M.N).

Esa presa (de 234.7 millones de m³) sin nombre alcanzaría para suministrar cada año agua a un millón 290 850 habitantes, a 500 litros por persona diariamente, la media del país. Estaríamos hablando de aproximadamente la mitad de la población de la capital o de la provincia de Ciego de Ávila o Santi Spíritus.

Con el agua ahorrada implicaría poner bajo riego 13 805 ha de arroz para producir anualmente 24 878 toneladas y sustituir importaciones equivalentes a 7.3 millones de dólares.

Para el CAI Arrocerero – Los Palacios, donde se inició la extensión agrícola y posteriormente se introdujo la modalidad del manejo de agua aplicando el estrés hídrico, se aplica en un área de 8 752 ha y con un ahorro de agua de 3 219 m³/ha, esto representa un volumen de 26 256 000 m³/año (una pequeña presa virtual), a un precio del millar de m³ a 5 pesos, aporta un efecto económico de 131 280 pesos/año (MN).

Por incremento del rendimiento en 1 t.ha⁻¹ y este valor llevándolo a arroz blanco industrial permite alcanzar 203 t/año, el valor de la tonelada según (IIA, Julio 2005) es de 380 USD, lo que representa por este concepto un efecto económico de 77 140 USD.

Productivo: Según los Instructivos Técnicos del Cultivo 2000 y 2001, los rendimientos promedios de acuerdo a las condiciones ambientales, las tecnologías del cultivo y las variedades empleadas, arrojaron que el rendimiento promedio del CAI Arrocerero – Los Palacios en el período poco lluvioso (Frío) está en el orden de 3 t.ha⁻¹ y para el período lluvioso (Primavera) es de 2.1 t.ha⁻¹. Teniendo en cuenta un área de siembra para el CAI de 4 380 ha y con la implementación del estrés hídrico con un incremento de 1 t.ha⁻¹, lo que conduciría a un incremento de la producción en este cereal de 102 t/año, como mínimo (arroz blanco industrial). Se logra de forma significativa un incremento sustancial en la eficiencia de la fertilización nitrogenada por aplicarse este insumo con el suelo seco (producto del estrés aplicado) alcanza un 89% mientras con el sistema tradicional (con una pequeña lámina de agua) no sobrepasa el 32% de eficiencia del fertilizante por la planta. Con el agua ahorrada se puede incrementar el área bajo siembra actual en el país entre un 15 y 18%.

REFERENCIAS

1. Boyer, J.S. Relación del potencial hídrico en el crecimiento de las hojas. Fisiología de las plantas 45:1056-1062, 1968
2. Bhattacharjee/et al./. Estudio de estrés hídrico en un grupo de variedades promisorias. Fisiología de las plantas 74: 304-307, 1991

3. Hernández, A /et al./. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba, 1999, 64 p
4. Cuba, MINAGRI. Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz. 1991. p-10
5. Castro, P./et al./.Fisiología de la producción agrícola. Arroz, 1990, p. 12-16
6. CRRI (Centro Internacional de Investigación del Arroz para la Resistencia). Características fisiológicas del arroz estresado en la India. P. 6-8, 1989
7. CRRI (Centro Internacional de Investigación del Arroz para la Resistencia). Características del tallo del arroz para la resistencia a la sequía. P.1-6, 1993
8. Polón, R./et al./. Estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento en el cultivo del arroz. Cultivos Tropicales 16(2): 18-20, 1995
9. Austin, R.B. Maximising crop production in water-limited environment. P.13-26. En: Drought resistance in cereals. Edited by FWG Baker. ISCU. International 1989- 221 p.
10. International Rice Research Institute. Rice crucial environment. En: Rice Crucial Environment. Los Baños, Philippines, 1993, p. 10-16
11. Tavitas, Leticia y L. Hernández. Genotipos R.H.S. Novos Abanicos no Melhoramento Genético do Arroz de sequeiro no México. G.O., 1995, p.-84
12. Ensayo comparativo entre ciclo vegetativo y varias características en arroz de secano. 1997, p.69-70
13. Fukai, S y M. Cooper. Stress physiology in relation to breeding for drought resistance. A case study rice.- En: Physiology of stress tolerance in rice. IRRI. 1996, p. 123-134
14. Hans, W./et al./. Producción de alimentos. El papel crítico del agua. Boletín Informativo FIAR. 3 (1): 12-14, 1997
15. FLAR. Foro Arrocero Latinoamericano. 3 (1): 12, 1997
16. Alfonso, R. Determinación de parámetros genético fisiológicos indicadores del estrés hídrico para su empleo en el mejoramiento genético del arroz (*Oryza sativa* L.) Tesis de Grado (Dr.en Ciencias Agrícolas), 1998. 100 h.

Estación Experimental del Arroz Los Palacios.

Carta de la Administración

Yo Adriano Cabrera Rodríguez Director de Estación Experimental del Arroz Los Palacios Certifico que en el trabajo titulado Aplicación del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento agrícola y ahorrar agua de riego en el cultivo del arroz participaron los siguientes compañeros:

Relación de autores

Autor Principal	No. Carnet Identidad	% Participación
Dr.C. Ricardo Polón Pérez	55052101808	35
Coautores		

MSc.Regla María Cárdena	62072301753	6
Ing. Noraida de Jesús Pérez León	60091405276	6
Dr.C. Rodolfo Castro Menduiña	46051508641	6
MSc. Guillermo Díaz López	50013024607	5
MSc. Miguel Angel Ramírez Arrebato	72091405085	5
Dr.C. Juan A. Cabrera Rodríguez	50033002162	5
MSc. Alexander Miranda Caballero	74121118120	5
Ing. Michel Ruiz Sánchez	76101300666	5
MSc. Sandra H. Díaz Solís	71060804778	5
Msc. Rogelio Morejón Rivera	69011009040	5
Téc. Ernesto Díaz Valdés	59112207108	6
Téc. Jorge de la Cruz Canino	62050505329	6
Colaboradores		
Ing. Santiago Castell Hernández	63090210161	-
Ing. Juan Carlos Suárez Blanco	53040107360	-
Ing. Juan José Hernández Macías	63021902440	-
Ing. Alberto Ramos Hernández	57040807485	-
Ing. Luis E. Caraballo Regalado	60102604809	-
Dr.C. Luis Alemán Manfarroll	48081508580	-
Dr.C. Rubén Alfonso Caraballo	47012200603	-
Ing. Jorge Horford Smith	39021907081	-
Ing. Roberto Cabello Martínez	46031805081	-

Dr.C. Juan A. Cabrera Rodríguez
 Director Estación Experimental del Arroz

Propuesta Premio CITMA

APLICACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO COMO ALTERNATIVA PARA INCREMENTAR EL RENDIMIENTO AGRÍCOLA Y ECONOMIZAR AGUA DE RIEGO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (Oryza sativa L.)



Dr.C. Ricardo Polón Pérez
Dr.C. Rodolfo I. Castro Menduiña
Ing. Noraida de Jesús Pérez León
Téc. Ernesto Díaz Valdés
Téc. Jorge de la Cruz Canino

Estación Experimental del Arroz – Los Palacios

2002

Los Palacios, 17 Julio del 2005.

ESTACIÓN EXPERIMENTAL DEL ARROZ LOS PALACIOS

JURADO DE BASE DEL FORUM

AVAL

Dada la necesidad de aumentar los rendimientos en el cultivo y a lograr una mayor economía de los recursos hídricos que tanto consume el arroz, este resultado científico, sin lugar a dudas contribuirá a resolver esta problemática actual con el Estrés Hídrico aplicado al cultivo permite varias ventajas al mismo entre ellas aumentar los rendimientos en 1 t.ha^{-1} , un ahorro delpreciado líquido de unos $3\,129 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, aumenta el ahijamiento, se alcanza una mayor eficiencia en la aplicación de la fertilización nitrogenada con un 89 % por aplicarse el fertilizante con el suelo húmedo mientras que en el testigo sólo alcanza el 32 %, entre otras ventajas. Además por su nivel de introducción en la práctica social, forma parte hoy de los Instructivos Técnico del Cultivo del Arroz en el país.

A este trabajo se le dio categoría de Relevante.

MSc. Miguel A. Ramírez
Secretario del Jurado de Base

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas
Estación Experimental del Arroz – Los Palacios
Carretera La Francia km. 1 ½ Los Palacios. Pinar del Río

AVAL

El trabajo titulado “Generalización del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento agrícola y economizar agua de riego en el cultivo del arroz” del autor Dr.C. Ricardo Polón Pérez, y los coautores Dr.C. Rodolfo Isidro Castro Menduiña, Ing. Noraida de Jesús Pérez León, MSc. Regla María Cárdenas, Ing. Guillermo Díaz López, Dr.C. Juan A. Cabrera Rodríguez, Ernesto Díaz Valdés y Jorge de la Cruz Canino , fue analizado por la Comisión del Forum de la Estación Experimental del Arroz – Los Palacios. Teniendo en cuenta los resultados alcanzados, la valoración económica y el nivel de introducción que presenta, y además de formar parte de los Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz fue reconocido como Premio Relevante en el Forum de Base, y por la Comisión Municipal.

Dr.C. Adriano Cabrera Rodríguez
Director Estación Experimental de Arroz

Los Palacios, 25 Julio del 2005

Consejo Técnico Asesor Municipal Los Palacios

AVAL

Es de pleno conocimiento de este Consejo de las ventajas sociales y económicas que representa para la producción de arroz en el CAI Arrocero Los Palacios y para el resto de los Complejos Agroindustriales del país la introducción del resultado científico denominado: La Generalización del Estrés Hídrico como una alternativa para incrementar los rendimientos y ahorrar agua, este resultado ha tenido una gran aceptación por los productores, no cabe la menor duda. Desde la campaña de frío 2000- 2001 pasó a formar parte de los Instructivos Técnicos del Cultivo del Arroz.

MSc. Gloria Esther Álvarez
Presidenta Consejo Técnico Asesor Municipal
Representante del CITMA Municipal

Los Palacios, 20 de Julio del 2006

ESTACION EXPERIMENTAL DEL ARROZ

AVAL DEL CONSEJO CIENTÍFICO.

El logro científico titulado Generalización del estrés hídrico como alternativa para incrementar el rendimiento agrícola y economizar agua de riego, fue discutido y aprobado en este Consejo Científico, y en el del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) considerándolo como una revolución científica en este cereal por el aporte que hace a la teoría del conocimiento en este cultivo por sus nuevos aportes rompiendo con el tradicionalismo del aniego permanente en la primeras fases de desarrollo del cultivo, que actualmente después de este resultado se somete al cultivo a una fuerte deficiencia hídrica por lo menos de 25 días (sin riego) repercutiendo esto en un incremento sustancial del rendimiento agrícola en 1 t.ha^{-1} y una economía en el agua de riego de $3\,219 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ entre otros beneficios aportados al cultivo. Este logro científico posee una alta valoración económica y nivel de introducción a gran escala (forma parte de los Instructivos Técnicos del cultivo desde el 2001) en todos los CAI Arroceros del país.

M Sc. Aida Tania Rodríguez
Secretaria del Consejo Científico