



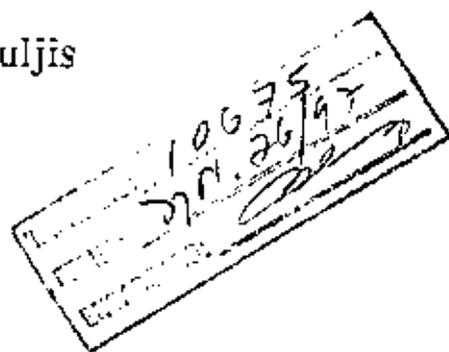
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA

CAPACIDAD DE REBROTE DE ARROZ A DOS ALTURAS  
DE CORTE CON DIFERENTES NIVELES DE  
NITROGENO Y POTASIO

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Agrónomo en el grado académico de licenciatura

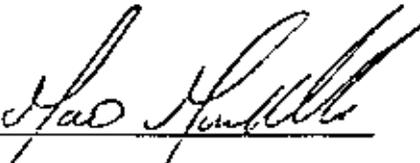
por

Mauro Ricardo Mendizabal Kuljis



Honduras, Abril de 1997

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reserva los derechos de autor.



---

Mauro Ricardo Mendizabal Kuljis

Zamorano, Honduras, abril de 1997.

## DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico enteramente a mi hijo, Ricardo Mendizabal Sandoval, con todo el amor del mundo.

## AGRADECIMIETO

- A Dios, a mi mamá y abuelita que desde arriba nunca me dejaron solo.
- A Moyra y Ernesto —mi familia— por su amor y su apoyo incondicional sobre todo en los momentos más difíciles.
- Al Dr. Pat Wall por su ejemplo, sus consejos, su ayuda y apoyo desde que los conocí.
- Al Dr. Pablo Paz aparte de su gran asesoría, le agradezco a él y a su esposa, por el calor de familia brindado.
- A la Dra. Margoth de Andrews le agradezco sus consejos, enseñanzas y su apoyo continuo.
- Muy especialmente a María Augusta le agradezco estar siempre a mi lado, en las buenas y en las malas, ENANA, de todo corazón te digo que eres la mejor.
- A Marisa, Angel, Inti, Diego, Santiago, Joe, Andrés, Klemen, Andrea; panas del alma, un millón de gracias por su gran amistad.
- A mi mujer Alvaro (tosh qué) por todos los consejos y las perras compartidas en este año.
- Al Departamento de Agronomía, Araceli, Deisi, Juan Carlos, Edgardo, Rommel, Eduard, Hilda, Anayansi; por el apoyo especial brindado en mi estadía en EAP.
- Al IRD, por el financiamiento brindado para concluir mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.
- A todas las personas que de uno u otra forma me apoyaron en la realización de este trabajo.

## RESUMEN

El arroz es el principal alimento para más de la mitad de la población mundial. Es el segundo cereal más importante después del trigo y el promedio de producción es de 3,5 ton/ha. Una segunda cosecha (rebrote) del arroz muestra grandes ventajas, es debido a esto los objetivos del ensayo: evaluar el rebrote de la variedad Cuyamel 3820; determinar la mejor recomendación de fertilización con N y K; y realizar un análisis económico del rendimiento del grano. Se cosechó el cultivo principal cortando a 15 y 30 cm sobre el suelo, se fertilizó con N (0, 25, 50 y 75 kg/ha) y K (0 y 50 kg K<sub>2</sub>O/ha) cuando el cultivo principal estaba en estado de grano pastoso. Se obtuvieron bajos rendimientos debido a las bajas temperaturas durante el período sensible de floración (menores a 15 °C) y a condiciones climáticas adversas como alta nubosidad produciéndose alta esterilidad de granos y sin diferencias significativas entre tratamientos. Pero se observó que a 15 cm de altura de corte se producen menor cantidad de brotes por planta, aunque más productivos; una menor altura de planta y cuando se agrega K, aumenta el número de granos por panícula. El efecto de la adición de N favoreció el % de brotes efectivos y el efecto de la adición de K aumentó el peso de grano. Es importante recalcar que a pesar de estas diferencias no se mostraron efectos significativos en el rendimiento de grano. Un análisis aritmético basado en las tendencias de producción muestra un ingreso neto de Lps 2200 (\$1=12.78 Lps) sin utilizar agroquímicos, pero este rendimiento no es estadísticamente significativo por lo que no se puede dar una recomendación real.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Derechos de autor.....	ii
Página de firmas.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos.....	v
Resumen.....	vi
Contenido.....	vii
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Índice de anexos.....	xi
<b>I. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO .....	3
2.1.1 Morfología de la planta de arroz .....	3
2.1.2 Taxonomía .....	4
2.1.3 Duración de las fases de crecimiento .....	4
2.2 MORFOLOGÍA Y FISIOLOGÍA DEL RETOÑO .....	4
2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DEL REBROTE .....	5
2.3.1 Altura de corte del cultivo principal .....	6
2.3.2 Época de cosecha del cultivo principal .....	7
2.3.3 Prácticas culturales del cultivo principal .....	7
2.3.4 Temperatura .....	11
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>13</b>
3.1 UBICACION .....	13
3.2 MATERIALES .....	14
3.3 PARCELA EXPERIMENTAL .....	14
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	14
3.5 TRATAMIENTOS.....	14
3.6 VARIABLES QUE SE ESTUDIARON .....	15
3.6.1 Componentes de rendimiento.....	15
3.6.2 Rendimiento (kg/ha) .....	16
3.6.3 Altura de plantas.....	16
3.7 PRACTICAS DEL CULTIVO PRINCIPAL .....	16
3.7.1 Preparación del suelo .....	16
3.7.2 Siembra y transplante.....	16
3.7.3. Inundación.....	16
3.7.4 Fertilización del cultivo principal.....	17
3.7.5 Fertilización del rebrote .....	17
3.7.6 Combate de malezas, insectos y enfermedades .....	17
3.7.7 Cosecha del cultivo principal.....	17

3.7.8 Cosecha del rebrote .....	18
3.8 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS .....	18
<b>IV RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>19</b>
4.1 RENDIMIENTO .....	19
4.2 BROTES POR PLANTA .....	22
4.3 ALTURA DE PLANTAS .....	22
4.4 BROTES EFECTIVOS POR PLANTA .....	23
4.5 PESO DE 1000 GRANOS .....	24
4.6 NUMERO DE GRANOS POR PANICULA .....	25
<b>V CONCLUSIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>VI RECOMENDACIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VII LITERATURA CITADA .....</b>	<b>28</b>
<b>VIII ANEXOS .....</b>	<b>33</b>

## INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. FASES DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ARROZ.....	4
CUADRO 2 TEMPERATURAS PROMEDIO DE LOS MESES DE DESARROLLO DEL REBROTE DE ARROZ.(1996 A 1997).....	13
CUADRO 3. RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUELO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL LOCALIZADA EN LA ZONA DE COLINDRES, EAP, EL ZAMORANO, 1996.....	14
CUADRO 4. NIVELES DE FACTORES UTILIZADOS EN EL ENSAYO DE REBROTE DE ARROZ; ZAMORANO, HONDURAS, 1991. ....	15
CUADRO 5. EFECTO DE LA ALTURA DE CORTE Y LOS NIVELES DE N Y K SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN REBROTE DE ARROZ CUYAMEL 3820, TERRAZAS DE COLINDRES, ZAMORANO, HONDURAS, 1997.....	19
CUADRO 6. DIFERENCIAS EN NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA Y EN RENDIMIENTO ENTRE EL CULTIVO PRINCIPAL Y EL REBROTE DE ARROZ EN ZAMORANO, 1997.....	21
CUADRO 7. ANÁLISIS ARITMÉTICO DEL RENDIMIENTO DEL REBROTE.....	21
CUADRO 8. EFECTO SIMPLE DE LA ALTURA DE CORTE SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL REBROTE DE ARROZ.....	22
CUADRO 9. EFECTOS SIMPLES DE LA SUPLEMENTACIÓN DE NITRÓGENO SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL REBROTE DE ARROZ.....	23
CUADRO 10. EFECTO SIMPLE DE LA SUPLEMENTACIÓN DE POTASIO SOBRE EL RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES EN EL REBROTE DE ARROZ. .	24
CUADRO 11. EFECTO DE LA INTERACCIÓN DE ALTURA DE CORTE Y POTASIO EN EL NÚMERO DE GRANOS POR PANÍCULA DEL REBROTE DE ARROZ.....	25

**INDICE DE FIGURAS**

- FIGURA 1. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS DURANTE EL PERIODO DE CRECIMIENTO DEL REBROTE DE ARROZ EN ZAMORANO, 1997.....20
- FIGURA 2. PORCENTAJE DE BROTES EFECTIVOS POR PLANTA DE REBROTE DE ARROZ SEGUN LA CANTIDAD DE N APLICADO POR HECTAREA. ZAMORANO, 1997.....24

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. CROQUIS DE CAMPO DEL ENSAYO DE REBROTE DE ARROZ EN EL POTRERO 5 DE COLINDRES.....	34
ANEXO 2. CUADRO RESUMEN DE LOS ANALISIS DE VARIANZA PARA EL TOTAL DE TRATAMIENTOS EN EL ENSAYO DE REBROTE DE ARROZ, ZAMORANO, 1997.....	35

## I. INTRODUCCION

El cultivo de arroz en inundación o seco según la FAO, (1991) cubre a nivel mundial un área productiva de aproximadamente 150 millones de hectáreas. Este total de área cultivada, usualmente se reparte entre agricultores que sufren adversas condiciones de crecimiento del cultivo y altos niveles de riesgo, obteniendo generalmente rendimientos muy bajos los cuales en promedio alcanzan 3,5t/ha.

No es nada nuevo que la adopción de mejores sistemas de producción y mejores practicas culturales que se puedan combinar con variedades de alto rendimiento; son de las últimas practicas que se han estado promoviendo por científicos y extensionistas de varios países. Entre las opciones que se proponen se encuentra la practica de una segunda cosecha de arroz por ciclo aprovechando la capacidad de rebrote que tienen algunas de las variedades modernas. Esta practica consiste en obtener un beneficio adicional al cultivo principal (una segunda cosecha) a un costo y tiempo menores utilizando menos insumos, acortándose el ciclo del cultivo casi a la mitad (Pérez; Sanzo, 1996) y obteniendo rendimientos comparables a los de un ciclo normal en cantidad y calidad.

La práctica del rebrote del arroz no es nueva y ha sido utilizada por agricultores de varios países como ser: La India, Japón, los Estados Unidos, las Filipinas, Brasil, Colombia, la República Dominicana, Suiza, Tailandia y Taiwan; pero unicamente en Estados Unidos es practicada en un 50% del área total arroceras (IRRI, 1988).

La ventaja del sistema de rebrote es que en áreas donde el arroz es el cultivo principal, un "doble cultivo" puede ser una opción para obtener beneficios adicionales. Esta alternativa es particularmente importante donde se practica el monocultivo y los recursos del suelo se desperdician en la época del año en que no hay un segundo ciclo de cultivo debido a condiciones climáticas y de humedad limitantes. Por otra parte, el rebrote de arroz es una alternativa en áreas donde existe suficiente riego o precipitación para su desarrollo después de la primera cosecha.

En Cuba, Pérez y Sanzo (1996), informan que el cultivo de rebrote madura en menor tiempo que un ciclo normal. El tiempo entre cosecha principal y recolección de los retoños entre un 33% a 58% de la duración del ciclo normal del cultivo principal. La duración depende tanto de la variedad como de la altura de corte de cosecha del cultivo principal.

Otras ventajas, además de las anteriores, son: a) se ahorra una preparación del terreno para sacar un ciclo de cultivo adicional, ya que si sembráramos otro ciclo de cultivo normal, se necesitaría labrar el suelo nuevamente. Se evita así, la degradación y erosión del suelo que es normal en los cultivos tradicionales y b) se requiere una cantidad menor de agua y fertilizantes, lo que significa un uso más eficiente de estos recursos.

En Zamorano se siembra arroz en inundación por medio de transplante llegándose a cosecha a finales de noviembre a mediados de diciembre. Según Paz (1996)<sup>1</sup>, esta condición es propicia para la práctica del cultivo de rebrote, pues se tiene acceso a riego para mantener la inundación y el factor climático es normalmente adecuado. Este es entonces el motivo de evaluar el desarrollo del cultivo y sus resultados bajo nuestras condiciones.

Los objetivos del ensayo son: 1) evaluar la capacidad de rebrote de la variedad Cuyamel 3820, bajo las condiciones de Zamorano, cosechando el cultivo principal a 15 y 30 cm de altura sobre el suelo; 2) obtener la mejor combinación de niveles de fertilización nitrogenada y potásica con base en el mejor rendimiento obtenido del rebrote y 3) realizar un análisis económico evaluando la rentabilidad del rendimiento del rebrote.

---

<sup>1</sup>PAZ P.E. 1996. Arroz en rebrote. Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO

El arroz es una planta herbácea anual que se cultiva en condiciones casi permanentes de inundación; pero puede también crecer muy bien en suelos no anegados (Universidad de Filipinas, 1988). En condiciones tropicales se comporta como planta semiperenne por su capacidad de rebrote siempre que existan las condiciones necesarias para su desarrollo (Paz, 1997)<sup>2</sup>.

#### 2.1.1 Morfología de la planta de arroz

La morfología del arroz puede dividirse como sigue: 1) órganos vegetativos, que comprenden las raíces, los tallos y las hojas y 2) órganos florales, que comprenden la panícula que en realidad es un conjunto de espiguillas. La flor, que es completa, se encuentra entre la lema y la palea (glumas) de las espiguillas constando estas de seis estambres y un pistilo.

La planta de arroz está formada por tallos redondos, huecos erectos, dispuestos en macolla. Los tallos están formados por entrenudos de diferente longitud, limitados por nudos; en cada nudo se inserta una vaina foliar que envuelve el entrenudo inmediato superior. Las hojas, de forma lineal, tienen una longitud variable incluso en plantas de la misma variedad; las situadas más abajo, o sea, las más viejas, son generalmente más cortas y estrechas. La anchura varía entre 10 y 30 mm. La planta está provista de siete a once hojas, alcanza una altura variable entre los 80 y 150 cm, dependiendo de la variedad y las condiciones de cultivo. Presenta raíces fibrosas, cilíndricas y fasciculadas.

La inflorescencia es una panícula más o menos compacta de 20 a 25 cm de longitud, sostenida por el último entrenudo llamado "cuello"; está formada por el raquis del que parten, con una disposición variable, siete a quince raquillas o ramificaciones primarias de diferente longitud que forman los racimos. Cuando esta inflorescencia está madura adopta una posición de arco más o menos péndula, según la variedad. Las flores, sostenidas por pedúnculos o pedicelos, están dispuestas a lo largo de las raquillas y en la cima de las mismas. Cada raquilla lleva cinco a quince flores o más. La flor es una espiguilla unifloral con seis estambres y dos estigmas plumosos. Está formada por dos pequeñas glumas y de dos grandes glumillas, que en la

---

<sup>2</sup>PAZ P.E. 1997. Arroz en rebrote. Escuela Agrícola Panamericana. (Comunicación personal).

madurez envolverán el grano o cariósipide. Ambos órganos están muy lignificados presentan pubescencia y son muy silíceos, la glumilla inferior llamada lema, puede estar o no provista de arista (Tinarelli, 1989; Universidad de Filipinas, 1988).

### 2.1.2 Taxonomía

Entre las fanerógamas monocotiledóneas, el arroz, en el orden de las Glumiflorales, pertenece al género *Oryza*, de la tribu de las *Oryzoea*, en la familia de las *Gramineae* (Tinarelli, 1989).

### 2.1.3 Duración de las fases de crecimiento

La planta de arroz tiene un patrón general de crecimiento. Este patrón lo podemos dividir en las siguientes fases:

**Cuadro I. Fases de crecimiento y desarrollo del arroz.**

FASES	DURACIÓN
1. Fase vegetativa básica o activa	De 25 a 65 días, para la mayoría de las variedades.
2 Fase vegetativa retardada (de la fase vegetativa básica al comienzo de la formación de las panículas)	Varía bastante, de acuerdo con la longitud del día, en la variedades estacionales.
3. Fase reproductiva (del comienzo de formación de las panículas a la floración) y fase de maduración (de la floración a la maduración)	Unos 35 días sea cual fuere la variedad, independientemente del ciclo vegetativo.

Con un total de 120 a 140 días de ciclo para todas las fases de crecimiento y desarrollo de la planta desde la siembra a madurez fisiológica (Arradeau y Vergara, 1988; Universidad de Filipinas, 1988), salvo para variedades precoces cuyo ciclo es de 90 a 115 días (Paz, 1997)<sup>1</sup>.

## 2.2 MORFOLOGÍA Y FISOLOGÍA DEL RETOÑO

Existe una diferencia marcada en la morfología de un retoño comparado con la del cultivo principal. Generalmente la altura es menor, se tienen menores cantidades de vástagos efectivos (Bahar y De Datta, 1977; citados por el IRRI, 1988), los rebrotes usualmente

tienen menos hojas (Aubin, 1979; citado por el IRRI, 1988). y también existe una competencia en actividades metabólicas entre el desarrollo de yemas auxiliares frente al llenado de grano (Balsubramanian, Morachan y Kaliappa, 1970; Evatt, 1958; citados por el IRRI, 1988).

En lo referente al crecimiento y desarrollo, el retoño tiene un patrón similar al del cultivo principal en la fase reproductiva y de maduración, respectivamente. La diferencia recae en que al tener ya la planta un establecimiento radical y un desarrollo vegetativo previo, la fase vegetativa se ve acortada (Paz, 1996)<sup>1</sup>.

El retoño depende de la existencia de yemas en reposo que continúan viables en los tallos del cultivo principal. Emergen del segundo, tercero y cuarto nudos de los tallos de la madre. Estas yemas se pueden encontrar en iguales o diferentes estados de desarrollo (Nair y Shadevan, 1961; Chauhan, Vergara y López, 1985; citados por el IRRI, 1988). La viabilidad de las yemas en cada nudo varía. Normalmente la mayoría de las yemas en el segundo, tercer y cuarto nudos son viables, pero en el quinto nudo, la viabilidad es baja (cerca del 70 %).

Los rebrotes formados de nudos superiores, después del corte, se desarrollan más rápidamente, crecen más velozmente y maduran antes (Prashar, 1970; citado por el IRRI, 1988). Existen interacciones entre los componentes de rendimiento que se ven afectadas: las panículas producidas de nudos bajos producen más granos por panícula que las producidas en nudos superiores, pero el porcentaje de fertilidad decrece. En otras palabras: aunque las panículas del segundo nudo produzcan pocos granos, su gran fertilidad equilibrará el número de granos llenos totales producidos comparados con el primer nudo (Sun y Liang, 1988; citados por el IRRI, 1988).

### **2.3 FACTORES QUE AFECTAN LA CAPACIDAD DEL REBROTE.**

La capacidad inherente a la variedad de rebrotar, las prácticas culturales, la luz, la temperatura, la humedad y la fertilidad del suelo; son los factores principales en la capacidad del rebrote del arroz (Paz, 1997)<sup>1</sup>. Según Sun y Liang, (1988) los componentes de rendimiento del cultivo principal y del rebrote en la zona sur de China, rindieron 12,4 t/ha en el campo de un agricultor en 1983. Esto se debió que siguió cuidadosamente las prácticas recomendadas, obteniéndose un 38% más de panículas de rebrote que en el cultivo principal siendo éstas de una fertilidad similar. La duración del crecimiento, así como las características genéticas de la planta y de un sistema radical vigoroso, tienen también un impacto significativo en la capacidad de rebrote y en el rendimiento.

### 2.3.1 Altura de corte del cultivo principal

La producción de retoños proviene de dos fuentes principales: 1) de los nudos de los tallos de la madre; y 2) de yemas de la base de la planta. (Paz, 1996<sup>1</sup>; Volkova y Smetnín, 1971). Por tanto, la altura de corte influye directamente sobre el brote de los retoños que provienen de las yemas de los nudos de los tallos, pero no tienen mayor efecto sobre los brotes de las yemas de la base de la planta, salvo que estos se vean estimulados al no poseer la planta suficientes nudos en la parte superior (Sun y Liang, 1985).

Existen varias experiencias controversiales en lo referente a la altura de corte ideal para lograr una mayor producción del cultivo de rebrote; algunos como Ishikawa y Balasubramanian et al. (1970), Ishikawa (1964), Quddus (1981) y Reddy, Mahadevappa y Kulkarni (1979); citados por el IRRI (1988), reportan que la altura de corte del cultivo principal no afecta el rendimiento del cultivo de retoño; otros indican que el efecto relacionado a la altura de corte y la duración del crecimiento es consistente; los cortes bajos retrasan la maduración, pero la uniformizan al igual que al crecimiento (Evatt, 1958; Evatt, 1966; Haque, 1975; Hodgues y Evatt, 1969; Parago, 1963; Prashar, 1970; Samson, 1980 y Sanchez y Cheaney, 1973; citados por el IRRI, 1988).

Existen criterios sobre cual altura de corte es la mejor: 1) cortar bajo, hasta los 15 cm sobre el suelo y 2) cortar alto, por encima de 15 cm hasta 45 cm.

#### 2.3.1.1 Cortes bajos ( hasta 15 cm)

Pérez y Sanzo (1996), reportan que en estudios hechos en Cuba en arroz de inundación, los rendimientos del rebrote cortados a 15 cm del suelo fueron superiores que los cortados a 30 cm y 40 cm. En el IRRI y en Colombia, el corte a los 15 cm promovió el macollaje, redujo significativamente los tallos vanos e incrementó el rendimiento comparado con un corte a 5 cm o al nivel del suelo. La altura ideal de corte sugiere ser entonces los 15 cm (Bahar y De Datta, 1977; Ishikawa, 1964; Prashar, 1970; citados por el IRRI (1988). Según Saran y Prashar, (1970) citados por el IRRI, (1988), cortar al ras del suelo produce un rendimiento menor del rebrote que al hacer un corte mas alto.

#### 2.3.1.2 Cortes altos (mayores a 15 cm)

Según Saran y Prashar (1970), citados por el IRRI (1988), el hacer cortes bajos sobre el nivel del suelo, se traduce en un retraso en el periodo a la maduración y rendimientos bajos de grano debido a: una mayor mortalidad de tallos, una disminución en la capacidad de

rebrote o macollaje ya que existe un mayor número de yemas muertas en los nudos cercanos al suelo (Cauhan, Vergara y Lopez, 1985 y Sun y Liang, 1988; citados por el IRRI, 1988). Saran y Prashar (1952), citados por el IRRI (1988), indican también que el mayor aumento en rendimiento al aumentar la altura de corte de 23 a 43 cm fué de 48%.

Experiencias en el campo según (Bolloch; Turner, sf) demostraron que cortar más abajo de la altura necesaria para cosechar el grano del cultivo principal (45 a 60 cm), no muestra ninguna ventaja. Los cortes a alturas menores que estas permiten que entre más paja o rastrojo dentro de la combinada, lo que retrasa la cosecha e incrementa la pérdida de grano en el campo.

### 2.3.2 Época de cosecha del cultivo principal

El estado de maduración del cultivo principal a la cosecha o corte afecta el rebrote (Haque, 1975; Votong, 1975 y Yang, Sun y Long, 1958; citados por el IRRI, 1988). La época óptima de cosecha es cuando los tallos están todavía verdosos, antes que este esté completamente maduro, o en un estado total de maduración pero cuando los brotes del retoño recién empiezan a crecer (Mahadevappa y Yogeessa, sf; Saran y Prasad, 1952 y Parango, 1963; citados por el IRRI, 1988).

Según Votong (1975), retrasar la cosecha del cultivo principal hasta los 44 a 56 días después de floración se reduce el tiempo de crecimiento del rebrote.

Reddy, Mahdevappa, Kulkarni, (1979) y Haque (1975); citados por el IRRI (1988), encontraron que cosechar a 30, 35, 40, y 45 días después de la floración no se mostraban efectos significativos sobre el rendimiento.

### 2.3.3 Prácticas culturales del cultivo principal

Las diferentes variedades tienen diferentes patrones de rebrote, cuando son sometidos a diferentes prácticas culturales. Entre las principales prácticas culturales están:

#### 2.3.3.1 Sistema de siembra

El cultivo de rebrote depende en gran medida de la preparación de terreno para el cultivo principal. Una preparación profunda aumenta la elongación de los tallos y el número de panículas por planta en el cultivo principal. Al trabajar el suelo a 25 cm de profundidad se obtuvieron los más altos rendimientos de grano comparados con preparaciones superficiales. Pero también se observó que al preparar el suelo a más de 25 cm se tendía a

bajar la viabilidad del rebrote (Reddy, Mahdevappa, Kulkarni, 1979; citados por el IRRI, 1988).

En un ensayo en el IRRI, el desempeño del rebrote fue influenciado significativamente por el método de labranza (Haque, 1975). El cultivo de rebrote que creció en condiciones regulares de labranza (arado seguido por rastra) produjo altos rendimientos de grano y un número más alto de panículas con baja esterilidad en las espiguillas, que las plantas de rebrote bajo cero labranza. Las plantas que reciben una preparación del suelo en el cultivo principal también tienden a producir más brotes en el cultivo de rebrote. Estos resultados sugieren que para tener éxito en un cultivo de rebrote es necesario tomar en cuenta el sistema y el grado de preparación de suelo.

### 2.3.3.2 Espaciamento

La población del cultivo principal está determinada por el espaciamento. Una elevada población aumenta el número de macollos/unidad de área, aumentando el potencial de rebrote, pero una alta densidad en el cultivo principal aumenta el número de macollos vanos en el cultivo de rebrote (Bahar y De Datta, 1977; citados por el IRRI, 1988).

### 2.3.3.3 Fertilización

Para promover un temprano y abundante rebrote del cultivo después de la cosecha, lo que aumenta el rendimiento de grano, es importante la aplicación de fertilizantes. A pesar que el cultivo rebrote se dará con solo la aplicación de agua, el rendimiento de grano es significativamente mayor si es que se suministran nutrientes adicionales (Vergara, López y Chauhan, s.f.).

Los requerimientos varían grandemente. Algunos estudios demuestran que el crecimiento del rebrote depende de la composición y la dosis del fertilizante usado, De Datta y Bernasor (1981). Otros demuestran que el uso de fertilizantes completos (N, P y K) son necesarios no solo en el cultivo principal sino en el cultivo de rebrote. Szokolay 1956 citado por IRRI (1985).

Una aparente disminución en el número de macollos y la biomasa del follaje fueron observadas cuando se tuvieron deficiencias de N y P. Aparentemente, la respuesta del cultivo de rebrote a diferentes niveles de N depende de la dosis de fertilizante usada. Evatt y Beachel (1960), citados por el IRRI, (1988) en sus estudios de requerimiento de N del rebrote, notaron que los rendimientos del mismo fueron altos a niveles de fertilización nitrogenada en cantidades al 75% del cultivo principal. Evatt y Beachel también encontraron que en referencia al P y al K no hay diferencias significativas en el

rendimiento del rebrote, siempre y cuando se habrían aplicado una cantidad adecuada de estos nutrientes en el cultivo principal.

**1 Nitrógeno.** Aunque Flinchum y Evatt (1972) e Ishikawa (1964), indican que N debe ser aplicado al cultivo principal inmediatamente después de la cosecha para promover un rebrote temprano; cuando se aplicó el N 14 días antes de la cosecha se aumentó la cantidad de rebrote en un 10 % retardando la senescencia del cultivo y promoviéndose la germinación de yemas en dormancia; pero también existiendo una tendencia a disminuir el rendimiento del cultivo principal. Esta tendencia no se mostró hasta la cantidad de 81 Kg. N/ha (Sun y Liang, 1988; citados por el IRRJ). Controversialmente, Quddus (1981), no encontró una interacción significativa entre la época de aplicación de los fertilizantes y la época de cosecha.

Cuando se aplican altas cantidades de N al cultivo principal se tiene una reducción en la capacidad de rebrote por forzar un crecimiento exagerado en plantas débiles 18. En estudios realizados en la India por Prakash et al, (1985) encontraron que aplicando 50 kg/ha de N inmediatamente después del corte aumentó el número de macollos y favoreció la acumulación de materia seca en las raíces. Altos niveles de N aplicados en el cultivo de rebrote pueden mejorar los rendimientos. El rango de aplicación de N varía desde la cero aplicación, hasta los 100 kg/ha dependiendo del potencial de rendimiento de la variedad de rebrote.

El método de aplicación del N no mostró efecto en la altura de la planta, el largo de la hoja, número de panículas efectivas y vanas, y el peso de 1000 grano (Somepaew, 1979; citado por el IRRJ, 1988). Las aplicaciones fraccionadas (90 kg N/ha) con un dosis basal en la época de iniciación de las panículas, en un estado de grano lechoso temprano, lechoso tardío y siete a quince días antes de la cosecha del cultivo principal, no afectaron el número de macollos/m<sup>2</sup> o el rendimiento de grano del cultivo de rebrote (Quddus, 1981; citado por el IRRJ, 1988). Se observó como complemento que una deposición profunda del fertilizante en el suelo, produce incrementos significativos en el rendimiento a comparación con una aplicación al voleo. También, se muestra que a iguales niveles de fertilización las plantas que recibieron el N al voleo fueron menos vigorosas (Samson, 1980; citado por el IRRJ, 1988).

**2 Fósforo.** Según la FAO (1984) el cultivo inundado parece tener una alta eficiencia de absorción del P debido a la gran actividad de las raíces en la zona superficial, lo que compensa la falta de incorporación del fertilizante en el suelo, además de esto, el suelo al estar inundado tiende a estabilizar el pH a un nivel neutro, favoreciendo la disponibilidad del P para la absorción de la planta (Paz, 1977)<sup>1</sup>. En consecuencia, si por alguna razón no fuera oportuno aplicar el P en el transplante o antes, pueden esperarse respuestas a la aplicación aunque se hicieran estas varias semanas después.

Como en el caso del N, el P es necesario para el establecimiento del cultivo. Por eso su absorción por parte de la planta es mayor en las fases iniciales debiendo por lo tanto ser aplicado en la época de siembra o transplante.

Con una irrigación adecuada, el P produce claros aumentos de granos. Por otro lado, cuando hay un estrés hídrico, el efecto del P se manifiesta principalmente a través de la cantidad de grano vano y del peso de 1000 granos

El fósforo y el potasio se aplican al cultivo principal cuando son deficitarios en el suelo (Bolloch; Turner, sf)

**3 Potasio.** La deficiencia de K perturba considerablemente el metabolismo de la planta. El K es necesario para la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de clorofila. Uno de los efectos metabólicos de la falta de K es la acumulación de carbohidratos solubles y de azúcares reductores. La falta de K provoca una disminución de la enzima quinasa pirúvica y como consecuencia hay una acumulación de azúcares (Barbosa Filho, 1987).

El K tiene un papel fundamental como activador de algunas enzimas en la síntesis de aminoácidos grasos a partir de acetato derivado de la glucólisis. La falta de K provoca una acumulación de aminoácidos, amidas y nitrógeno soluble, por lo tanto es vital para las enzimas responsables de la incorporación de aminoácidos en las proteínas.

La gran diferencia del K con otros minerales es que no forma parte de ningún compuesto dentro de la planta. Otras funciones importantes del K son la apertura y el cierre de estomas, y el transporte de carbohidratos. El K acelera la lignificación de las células escleroenquimáticas y aumenta el grosor de las paredes celulares, ofreciendo a las plantas una mayor resistencia al acame, a las enfermedades y a las plagas.

La fertilización potásica manifiesta su importancia por la obtención de mayores rendimientos de grano entero después de la elaboración; una maduración más rápida y completa; mayor resistencia a los ataques de parásitos en suelos con alto contenido de nitrógeno y una mayor resistencia al avame.

El potasio, se requiere en cantidades similares a las del N durante la fase inicial y en el macollamiento de la planta. Juega un papel importante en la determinación del número y desarrollo de raíces, y en el número de panículas fértiles. Durante las fases posteriores promueve la síntesis y la translocación de azúcares; por lo que se relaciona directamente con la formación y peso de los granos o cariopsides. Además, protege a la planta de los efectos de las bajas temperaturas y enfermedades.

Tinarelli (1988) recomienda como óptimo suplementar al arroz con cantidad equivalente a 80% del nitrógeno aplicado. La cantidad de K aumentará o disminuirá, según la cantidad de N aplicado, siendo aproximadamente: 150 kg de K<sub>2</sub>O/ha

### 2.3.3.4 Riego

El suministro de agua antes y después de la cosecha del cultivo principal afecta la capacidad de rebrote (Bahar y De Datta, 1977; Haque, 1975; Menguel y Leonards, 1977; Prashar, 1970 y Votong, 1975; citados por el IRRI, 1988). Para promover el rebrote, el campo debe estar húmedo, pero no inundado por dos semanas al final del cultivo principal. Cuando se drena el campo varios días antes de la cosecha se promueve el rebrote (Bahar y De Datta, 1977; Iso, 1954 y Parago, 1963; citados por el IRRI). A secar el cultivo principal, se aumentan el número de panículas/m<sup>2</sup> y se disminuye el porcentaje de plantas y flores estériles (Votong, 1975; citado por el IRRI, 1988).

Cuando el rastrojo fue cortado bajo, la aplicación de agua tardía se mostró superior que aplicar el agua un día después del corte. (Bahar y De Datta, 1977; Hodgues y Evatt, 1969; Plucknett, Escalada, De la Peña, 1978; citados por el IRRI, 1988). Si el cultivo principal fue drenado para la época de cosecha e irrigado 12 días después, no importa que el corte se haga al ras del suelo o a 15 cm de altura, se producen parecidos rendimientos de grano. Muchas plantas murieron cuando el cultivo fue cortado al nivel del suelo y el agua tenía una película de 5 cm o el campo fue inmediatamente irrigado. El número de plantas aumentó a medida que el tiempo entre la época de cosecha y la de inundación fue más corto (Bahar y De Datta, 1977; citados por el IRRI, 1988).

Según Mengel y Wilson (1981), citados por el IRRI (1988), una inundación temprana promovió un crecimiento mayor, rápido y uniforme que cuando la inundación fue tardía y además, se produjeron rebrotes de mayor altura y rendimiento significativamente superiores.

Al drenar el campo en la época de la cosecha del cultivo principal se promueve el rebrote y se evita la muerte de plantas debido a la inundación. Pero en el caso de cultivos a temporal se recomienda dejar el corte a 15 cm o más para minimizar el número de macollos vanos en el cultivo de rebrote y reducir el crecimiento de malezas (Vergara, López y Chauhan, sf)

### 2.3.4 Temperatura

Además de que las temperaturas menores prolongan la duración del crecimiento del rebrote alargándose el periodo a maduración, Samson (1980), citado por el IRRI (1988), indica que en plantas expuestas a temperaturas de 20 °C promedio, en el estado de embuchamiento del cultivo principal, se formaron una a tres veces más brotes basales que en las expuestas a mayores temperaturas (27 °C mínima a 35 °C máxima), y dos veces más que las expuestas a las ambientales de 29 y 21 °C. El número total de los macollos y de los macollos efectivos, fueron también significativamente mayores con temperaturas menores que con las temperaturas ambientales.

El rendimiento de grano a 20°C promedio, fue significativamente menor que los rendimientos con temperaturas altas y temperaturas ambientales debido al gran número de espiguillas estériles.

Ichii (1982), citado por el IRRI (1988), encontró que a mayor es la temperatura --hasta 30 °C-- mayor también es la altura de las plantas.

Paz (1997)<sup>1</sup>, indica que a temperaturas menores de 15 °C en la época de floración, se tienen pobres índices de antésis, ya sea por que el estigma no está totalmente receptivo o la producción de polen se ve disminuida, lo que resulta en una enorme reducción del número de granos por panícula que presenta una relación directa con el rendimiento de grano.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACION

El ensayo se llevó a cabo en el área de arroz inundado de Colindres, en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), en el valle del río Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, Honduras. Se encuentra sobre una altitud de 800 msnm, una precipitación de 1080 mm, la mayor parte distribuidas en seis meses (Maayo a Octubre). Las temperaturas promedio y precipitación total registradas durante los meses del ensayo, se encuentran referidas en el Cuadro 2.

**Cuadro 1** Temperaturas promedio de los meses de desarrollo del rebrote de arroz.(1996 a 1997).

	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
Temp. media (°C)	20	20	21	23
Temp. mínima (°C)	14	15	15	17
Temp. máxima (°C)	28	29	30	33

*Fuente: Estación meteorológica de la EAP.*

El suelo está clasificado como Typic Ustifluent (1989)<sup>1</sup>, de textura mediana sobre fina, mixto, isohipertérmico del profundo, con una permeabilidad moderada. Los análisis del Laboratorio de Suelos en la EAP, previos a la siembra del ensayo, indican que poseen bajos niveles de N, P, al contrario del K el que se encontró en niveles altos considerandose estos más que suficientes (Cuadro 1).

<sup>1</sup> Laboratorio de la Escuela Agrícola Panamericana

**Cuadro 3. Resultado del análisis de suelo de la parcela experimental localizada en la zona de Colindres, EAP, El Zamorano, 1996.**

Análisis	Cantidad	Observación
Nitrógeno	0.11 %	Medio
Fósforo	14,2 ppm	Bajo
Potasio	481 ppm	Alto
pH (H <sub>2</sub> O)	5.57	Fuertemente ácido
Materia orgánica	2.22 %	Medio
Textura	Franco arenoso	

### 3.2 MATERIALES

Se utilizó la variedad Cuyamel 3028. En sistema de transplante en arreglo espacial de 0,25 m x 0,25 m entre plantas, con una sola planta por eje (160 mil plantas/ha).

Como fuente de nitrógeno se utilizó urea y como fuente de potasio se utilizó Kcl.

### 3.3 PARCELA EXPERIMENTAL

El área total donde se realizó el ensayo corresponde a 1152 m<sup>2</sup>. Las dimensiones de cada una de las parcelas experimentales (64 en total) fueron 18 m<sup>2</sup> (3 m x 6 m).

La parcela útil fué de 10 m<sup>2</sup>, donde se consideraron 8 m<sup>2</sup> para evaluar rendimiento y 2 m<sup>2</sup> para evaluar los componentes de rendimiento.

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un arreglo factorial de 2 x 4 x 2 en bloques completos al azar (BCA), con cuatro repeticiones. Los tratamientos correspondieron a 2 alturas de corte, cuatro niveles de N y 2 niveles de K.

### 3.5 TRATAMIENTOS

La distribución de los tratamientos se ve detallada en el Cuadro 4.

**Cuadro 4. Niveles de factores utilizados en el ensayo de rebrote de arroz; Zamorano, Honduras, 1991.**

*Altura	TRATAMIENTOS	
	Niveles N:	Niveles K <sub>2</sub> O:
A1=15cm	N0= 0 kg/ha	K0=0 kg/ha
A2=30cm	N1=25kg/ha	K1=50kg/ha
	N2=50kg/ha	
	N3=75kg/ha	

### 3.6 VARIABLES QUE SE ESTUDIARON

#### 3.6.1 Componentes de rendimiento

Dentro de la parcela útil (10m<sup>2</sup>) se hicieron dos muestreos de 1m<sup>2</sup> c/u al azar. En estos puntos se cosechó cada postura o planta individual que estuviera dentro de un marco de metal que se utilizó como muestreador diseñado especialmente para ese fin, cada macolla o planta se amarró mediante un pedazo de cuerda y se metieron todas en conjunto dentro de un saco etiquetado con el número de parcela en forma correlativa. Luego de la finalización de la cosecha se procedió a evaluar el contenido de cada uno de los sacos tomándose los datos siguientes que están señalados con un asterisco (\*).

\* **Plantas/m<sup>2</sup>**. Se contaron el número de macollas o plantas dentro de cada se sacó un promedio y se obtuvo el dato en plantas/ha para el respectivo análisis estadístico.

\* **Número de brotes/planta**. De cada atado o plantas individuales de cada saco y se calculó el promedio por parcela.

\* **Número de brotes efectivos/m<sup>2</sup>**. Aprovechando el muestreo de plantas/m<sup>2</sup> anterior, se determinó el número de panículas que presentaron por lo menos un grano lleno, del total de macollos de c/u de los "atados" o plantas del total que se tenían por saco.

\* **Porcentaje de brotes efectivos**. Mediante un cálculo matemático se sacó esta medida. Se tomó el número de macollos por planta y el número de macollos efectivos como componentes del cálculo expresándose el resultado en porcentaje.

\* **Número de granos/panícula**. Se tomaron 10 panículas efectivas de cada parcela (eligiéndolas al azar de los dos sacos disponibles de cada parcela) y se contó el número de granos de cada uno sacándose un promedio de granos formados por panícula.

\* **Peso de 1000 granos (g)**. Se pesaron estos y se hizo el cálculo mediante una regla de tres lográndose al final el resultado expresado en gramos.

### **3.6.2 Rendimiento (kg/ha)**

El rendimiento se calculó en base al peso del grano que se obtuvo en la cosecha de la parcela neta (8 m<sup>2</sup>). Se tomó el % de humedad de este y se ajustó al 13% de humedad expresando el resultado en kg/ha.

### **3.6.3 Altura de plantas**

El dato de la altura de la planta se midió donde llegó la punta de la hoja bandera. Mediante el uso de un flexómetro se determina esta altura tomándose como referencia el promedio de tres puntos localizados al azar dentro de cada parcela.

## **3.7 PRACTICAS DEL CULTIVO PRINCIPAL**

### **3.7.1 Preparación del suelo**

La preparación del suelo se realizó mediante fanguero con un arado rotatorio y una nivelación con rastra de púas.

### **3.7.2 Siembra y transplante**

Se utilizó la variedad "Cuyamel 3820", la cual se sembró previamente en una parcela vivero utilizándose un terreno contiguo al ensayo. La semilla de arroz pregerminada se sembró al voleo. Se procedió al transplante a las parcelas de producción a los 25 días después de esta siembra aproximadamente

### **3.7.3. Inundación**

El proceso de inundación fue constante tanto en el ciclo del cultivo principal como en el de rebrote. Se trató de mantener una película mínima de 5 cm de agua sobre la superficie del suelo, renovando el agua de la piscina semanalmente.

### 3.7.4 Fertilización del cultivo principal

La fertilización inicial se realizó aplicando 275 kg/ha del fertilizante 12-24-12. El fertilizante se aplicó al voleo al momento del fanguero, completándose así toda la dosis de P y K requeridos por el cultivo principal (66 kg  $P_2O_5$ /ha y 33 kg  $K_2O$ /ha). El resto se hizo en dos aplicaciones de urea al voleo a los 35 días después del trasplante y a los 65 días después del mismo.

### 3.7.5 Fertilización del rebrote

Dentro del ciclo del cultivo principal, cuando el grano se encontraba en estado masozo, se procedió a la fertilización con N y K (Cuadro 2). Se realizó este procedimiento en este momento ya que el llenado de grano se encontraba en etapa final y se pretendió optimizar el aprovechamiento de estos nutrientes por parte de la planta para la época de crecimiento del rebrote (Paz, 1996)<sup>1</sup>. El fertilizante se aplicó al voleo 20 días antes de la cosecha del cultivo principal.

### 3.7.6 Combate de malezas, insectos y enfermedades

El control de insectos y enfermedades no fue necesario puesto que no se presentaron niveles críticos en ninguno de los dos casos. El control de malezas fue necesario y se realizó en el cultivo principal a mano extrayendo las plantas que fueran visibles o/o mayores en tamaño que el cultivo, (este procedimiento se realizó más que todo por estética ya que no hubiera sido necesario por que las malezas no ofrecían mayor competencia con el cultivo).

### 3.7.7 Cosecha del cultivo principal

Se determinó el momento de cosecha cuando los tallos de la planta estaban todavía verdes, pero cuando ya se había llegado al estado de madurez completa y el llenado de grano ya se había completado en su totalidad. La altura del corte se realizó según el tratamiento de cada parcela (15 cm y 30 cm del nivel del suelo).

Se cosecharon las plantas que quedaron dentro de la parcela neta (8 m<sup>2</sup>) manualmente con la ayuda de hoces. El manojito de arroz resultante por cada parcela se aporreó dentro de un barril y se guardó en bolsas de papel debidamente etiquetadas para las posteriores tomas de datos y calcular el rendimiento estandarizado.

### 3.7.8 Cosecha del rebrote

Básicamente el procedimiento de cosecha fue similar a la del cultivo principal. Se cosechó un área de 8 m<sup>2</sup> cuando los tallos estén amarillentos, por medio de hoces, trillando o aporreando los manojos para poner el grano en bolsas de papel, midiendo el % de humedad. Pero con la diferencia de que esta vez la altura de corte no tiene mayor importancia puesto que la altura del corte del cultivo principal es la que influye en el rebrote. El rebrote se cosechó a los 105 días después de la cosecha del cultivo principal.

## 3.8 ANALISIS ESTADISTICO DE LOS DATOS

Se utilizó el paquete "Statistical Analysis System" (SAS® versión 6.4). En el análisis de varianza se determinó la significancia de los tratamientos a una probabilidad menor a 0.10 dentro de los tratamientos. En las variables que resultaron significativas se procedió a realizar el cálculo de comparación de medias utilizando el método SNK y en el caso de los niveles de fertilización se hizo un análisis de regresión..

## IV RESULTADOS Y DISCUSION

En el ensayo de rebrote de arroz (variedad Cuyamel 3820), se evaluó el rendimiento y sus componentes. Los resultados de los tratamientos y sus combinaciones se presentan en el Cuadro 5.

**Cuadro 2. Efecto de la altura de corte y los niveles de N y K sobre el rendimiento y sus componentes en rebrote de arroz Cuyamel 3820. Terrazas de Colindres, Zamorano, Honduras, 1997.**

TRATAMIENTO	OS	Rendimiento (Kg/ha)	Brotos / planta	% Brotos efectivos	Granos / panícula	Peso de 1000 granos (g)	Altura (cm)	
		13%						
A1	N0	K0	799	39	76	18	24	51
		K1	733	45	79	11	28	55
	N1	K0	805	35	78	11	26	56
		K1	910	44	78	10	27	57
	N2	K0	613	38	83	11	23	53
		K1	682	38	81	6	25	51
	N3	K0	691	40	83	13	25	57
		K1	696	39	85	14	24	53
A2	N0	K0	939	51	81	11	25	61
		K1	590	41	80	11	25	56
	N1	K0	611	49	85	8	24	59
		K1	525	50	81	12	25	60
	N2	K0	695	42	80	9	24	56
		K1	781	43	81	10	25	59
	N3	K0	361	42	88	6	26	53
		K1	540	45	82	14	24	59

A1 = 15 cm

N0 = 0 Kg. N/ha

N2 = 50 Kg. N/ha

K0 = 0 Kg. K<sub>2</sub>O/ha

A2 = 30 cm

N1 = 25 Kg. N/ha

N3 = 75 Kg. N/ha

K1 = 50 Kg. K<sub>2</sub>O/ha

### 4.1 RENDIMIENTO

El rendimiento no mostró diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.1$ ) (Cuadro 5) y el análisis estadístico mostró un coeficiente de determinación de 0.58 y un coeficiente de variación de 38 %.

El efecto de las temperaturas bajas y algunas otras condiciones climatológicas atípicas para esta temporada como nubosidad excesiva que se presentaron durante el periodo de crecimiento del rebrote (Figura 1) fueron posiblemente responsables por los bajos rendimientos y por el aumento en el número de días a la maduración y cosecha con un total de 105 días siendo generalmente lo esperado de 55 a 60 días normalmente (Hodges y Evatt, 1969). Esta situación es similar a la observada por Samson (1980), citado por el IRRI (1988), quien además indica que el arroz es de los cultivos que presenta mayor sensibilidad en el estado de floración a las bajas temperaturas. En relación con esta aseveración, Fageria (1991), observó en Brasil, que controlando la temperatura a 19 y 15 °C por un mes alrededor de la floración, se obtuvieron 19 % y 97 % ,respectivamente, de espiguillas estériles. Esto indica que a 15 °C el rendimiento es disminuido debido al alto porcentaje de espiguillas estériles (Fageria, 1991).

Según Murata y Matsushima (s.f.), citados por Evans (1975) la esterilidad se debe a que la doble fertilización (el huevo y los nucleos polares) se completa después de 2.5 a 3 horas después de la floración y con temperaturas menores de 15 °C la célula huevo no inicia su división para formar el embrión.

Como se puede observar en la Figura 1, el periodo de floración en este año concordó con temperaturas bajas lo que pudo contribuir a una polinización anormal. Como se muestra en el Cuadro 6, el rebrote rindió solo un 14 % de lo obtenido con el cultivo principal, cuando lo esperado por lo menos era un 50 % (Paz, 1997). Esto posiblemente está relacionado con el bajo número de granos por panícula que fue solo un 10 % de los que se tuvieron en el cultivo principal.

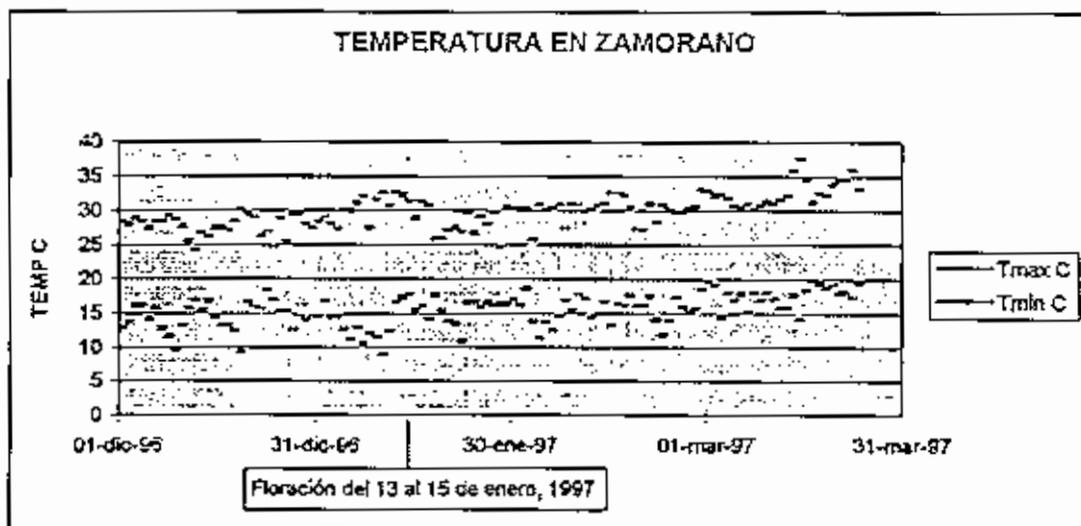


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas durante el periodo de crecimiento del rebrote de arroz en Zamorano, 1997.

**Cuadro 6. Diferencias en número de granos por panícula y en rendimiento entre el cultivo principal y el rebrote de arroz en Zamorano, 1997.**

	Cultivo principal	Rebrote	%
Rendimiento (Kg/ha)	5057	691	14
Granos prom. / panícula	104	11	10

A pesar que no hubieron diferencias significativas entre los rendimientos y de que el mismo fue muy reducido por las condiciones de temperatura, se obtuvo en promedio 765 kg/ha sin utilizar fertilizantes y 572 utilizando 75 kg/ha de N. La reducción de el rendimiento de grano al aumentar la dosis de N se puede deber a que el agua que se utilizó para la inundación provenía de fuentes subterráneas que posiblemente tenían una gran cantidad de nitratos lixiviados de los suelos fertilizados en zona dos del departamento de horticultura. La planta al tener exceso de N disponible pudo haberse dedicado a solo desarrollo vegetativo dejando de lado la producción de grano. Un análisis aritmético nos muestra el ingreso neto que se obtuvo con el rebrote (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Análisis aritmético del rendimiento del rebrote.**

	Con nitrógeno	Sin nitrógeno
Rendimiento promedio (kg/ha)	572	765
Ingreso (Lps/ha)	2202.00	2945.00
Costo de fertilizantes y aplicación	850.00	0.00
Costo de agua de riego <sup>4</sup>	293.70	293.70
Costo de cosecha mecánica	318.00	318.00
Costo de acarreo con tractor	109.00	109.00
Costo total	1570.70	720.70
Ingreso neto	631.30	2224.30

Precio de grano de arroz en granza cotizado en 175 Lps/qq. (\$1 = 12.78 Lps).

Es importante recalcar que este análisis está basado únicamente en las tendencias demostradas en el campo para este ensayo, no tiene fundamentos estadísticos que lo repalden y no se debe tomar como una recomendación.

<sup>4</sup>Se requiere un litro de agua por segundo por hectárea para mantener la inundación del sistema.

## 4.2 BROTES POR PLANTA

La cantidad de brotes por planta mostró un efecto significativo en respuesta a la altura de corte de la cosecha principal. Estos se presentan en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Efecto simple de la altura de corte sobre el rendimiento y sus componentes en el rebrote de arroz.**

TRATAMIENTOS Altura de corte	Rendimiento (kg/ha 13%)	Brotos/ planta*	% de brotes efectivos	Granos / panícula	Peso de 1000 granos (g)	Altura de planta*
30 cm	630	45 A	80	10	25	58 A
15 cm	741	40 B	82	12	25	54 B

\* Diferencias significativas analizadas mediante la prueba SNK para comparación de medias ( $\alpha = 0,1$ ).

El número de brotes por planta fue significativamente mayor cuando se cortó la planta a 30 cm de altura ( $P < 0,10$ ). Se obtuvo un  $R^2 = 0,45$  y un coeficiente de variación de 26 %. El aumento como se puede observar en la comparación de medias fue de prácticamente cuatro brotes más por planta. Esta situación se debe a que existe un mayor número de yemas muertas en las partes bajas de la planta y los cortes a mayor altura promueven el brote de un mayor número de yemas que se encuentran en reposo en los nudos superiores de los tallos (Cauhan, Vergara y Lopez, 1985 y Sun y Liang, 1988; citados por el IRRI, 1988).

## 4.3 ALTURA DE PLANTAS

Como podemos observar en el Cuadro 8, la altura de la planta también fue significativamente mayor ( $P < 0,05$ ), cuando se cortó la cosecha principal a 30 cm sobre el suelo. Esta variable mostró un  $R^2$  de 0,55 y un CV de 8 %. La comparación de medias indica que se pueden tener diferencias de casi de 4 cm.

Una mayor altura de las plantas del rebrote cuando se corta la cosecha principal a 30 cm se puede deber a dos factores: 1) al efecto de cortar 30 cm confiere a la planta 15 cm más de ventaja y 2) a la capacidad de la planta al tener una mayor área fotosintética para aprovechar la radiación solar aumentando su metabolismo y por tanto su crecimiento. Esta situación se explica según Murata y Matsushima (s.f.), citados por Evans (1975) en que el desarrollo de la hoja se ve reflejado por el índice de área foliar de la planta (IAF); donde la influencia de la radiación solar sobre la fotosíntesis y el metabolismo es directamente proporcional al IAF.

#### 4.4 BROTES EFECTIVOS POR PLANTA

El resultado de los efectos simples debido a la adición de N sobre el rendimiento y sus componentes se muestra en el Cuadro 9. En estos resultados se observó que existe una diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en el % de brotes efectivos por planta entre la dosis máxima de N y cualquier dosis menor. El análisis estadístico mostró un  $R^2$  de 0.32 y un CV de 9 %.

Cuadro 9. Efectos simples de la suplementación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el rebrote de arroz.

TRATAMIENTOS Nitrógeno	Rendimiento (Kg./ha 13%)	Brotes / planta	% brotes efectivos	Granos / panícula	Peso de 1000 granos (g)	Altura de planta
75 Kg./ha	572	41	85	12	25.2	55
50 Kg./ha	693	40	81	9	24.7	55
25 Kg./ha	713	45	81	10	25.8	58
0 Kg./ha	765	44	79	13	26.0	56

Se realizó un análisis de regresión para explicar el efecto de la adición de N sobre la producción de brotes efectivos, el gráfico de los datos se muestra en la Figura 2. La regresión cúbica mostró el mejor ajuste del análisis, con un R cuadrado ajustado de 0.09. Esto nos dice que el efecto de un mayor número de brotes efectivos por planta se debe en menos de 10% a la aplicación de N. Existen otros factores que influyeron sobre la formación de los brotes siendo estos responsables de más del 90% de los efectos sobre la variable. Es importante considerar un mayor número de variables adicionales para poder cuantificar el efecto de la aplicación del nitrógeno.

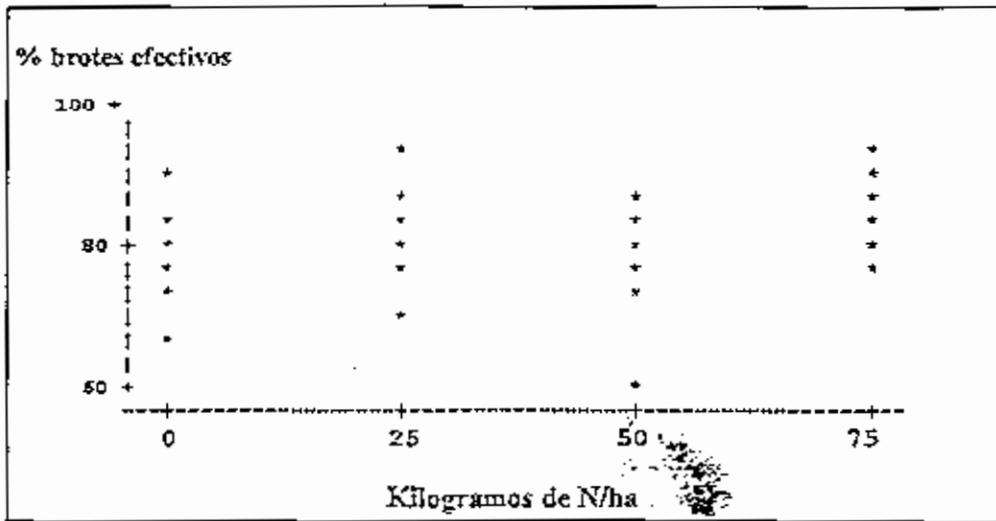


Figura 2. Porcentaje de brotes efectivos por planta del rebrote de arroz según la cantidad de N aplicado por hectárea.

#### 4.5 PESO DE 1000 GRANOS

El efecto del peso de 1000 granos tiene relación con la adición de K al rebrote. El resultado de los efectos simples debido a la adición de potasio sobre el rendimiento y sus componentes se halla referido en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Efecto simple de la suplementación de potasio sobre el rendimiento y sus componentes en el rebrote de arroz.

TRATAMIENTOS Potasio	Rendimiento (kg/ha 13%)	Brotes/ planta	% de brotes efectivos	Granos/ panicola	Peso de 1000 granos (g)*	Altura de planta
50 kg/ha	682	43	82	11	26 A	56
0 kg/ha	689	42	82	11	25 B	56

\* Diferencias significativas analizadas mediante la prueba SNK para comparación de medias ( $\alpha = 0.1$ ).

Como se puede observar, la suplementación de K solo mostró diferencias significativas en el peso de los granos ( $P < 0.10$ ). El análisis estadístico mostró un  $R^2$  de 0,26 y un CV de 11 %. La comparación de medias muestra que la aplicación de 50 kg  $K_2O/ha$  aumentó en un gramo aproximadamente el peso de los 1000 granos.

El aumento de peso en los granos se debe a que a pesar que el 80 a 90 % del K es acumulado en la parte vegetativa de la planta, en fases de desarrollo posteriores afecta la síntesis y la translocación de los azúcares; como consecuencia, influye en la formación y peso del grano así como también en la obtención de mayores rendimientos enteros después de la industrialización (Tinarelli, 1989).

#### 4.6 NUMERO DE GRANOS POR PANICULA

El número de granos por panícula tuvo un efecto significativo ( $P < 0.05$ ) mostrando un  $R^2$  de 0.46 y un CV de 53 % en la interacción de la altura de corte de la cosecha principal por la cantidad de K suplementada (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de la interacción de altura de corte y potasio en el número de granos por panícula del rebrote de arroz.

	0 kg $K_2O/ha$	50 kg $K_2O/ha$	Media
15 cm	212	164	11.8
30 cm	148	188	10.5
Media	11.3	11	

Se puede observar que al reducir la altura de corte a 15 cm y aplicar 50 kg/ha de  $K_2O$  se obtienen un mayor número de granos por panícula. Esta situación concuerda con los datos obtenidos en Cuba por Pérez y Sanzo (1996), donde los cortes a 15 cm de mostraron mejores rendimientos debido a que las panículas provenientes de tallos basales son más fértiles que las de tallos provenientes de nudos superiores, por lo tanto presentan un mayor número de granos por panícula.

## V CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones en que se realizó el ensayo, el rebrote no tuvo buenos rendimientos de grano (solo 14 % en promedio de la producción del cultivo principal), debido principalmente a las bajas temperaturas y otras condiciones climatológicas, las cuales provocaron una alta esterilidad de los granos.
2. Los cortes a 15 cm sobre el suelo mostraron un mayor número de brotes por planta y plantas de menor tamaño, sin embargo, no hubo efecto en el rendimiento.
3. Al cortar a 15 cm la cosecha principal más la adición de 50 kg de  $K_2O$ /ha aumentó el número de granos por panícula pero esta combinación no influyó en el rendimiento.
4. No hubieron diferencias significativas en el rendimiento en respuesta a las dosis de los fertilizantes aplicados.
5. La aplicación de 75 kg de N/ha promovió un mayor número de brotes efectivos, sin embargo fueron de baja productividad, sin traducirse un mejor rendimiento.
6. Al aplicar 50 kg  $K_2O$ /ha se aumentó el peso del grano pero sin mostrar efecto en el rendimiento de grano.
7. A pesar de los bajos rendimientos del rebrote se obtuvieron ingresos netos de Lps. 2224 sin aplicar agroquímicos.

## VI RECOMENDACIONES

1. Repetir el ensayo con variedades de ciclo corto o intermedio.
2. Practicar siembras tempranas, para obviar el efecto de bajas temperaturas.
3. Evaluar nuevamente el efecto de los fertilizantes especialmente el fraccionamiento del N y la época de aplicación.
4. Evaluar respuestas a fertilizantes en unidades experimentales aisladas.
5. Evaluar el rebrote con los diferentes sistemas de siembra (transplante y siembra directa).

## V. LITERATURA CITADA

AUBIN, J.P. 1979. Conditions governing rice culture in the Senegal River valley. International Institute for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria. p 42-45.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

ARRANDEAU, M.A.; VERGARA, B.S. 1988. A farmers primer on growing upland rice. IRRI; French Institute for Tropical Food Crop Research (IRAT). Los Baños, Laguna, Philippines. 284 p.

BAHAR, F.A.; DE DATTA, S.K. 1977. Prospects of increasing total rice through ratooning. *Agron. J.* 69:536-540.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

BALSUBRAMANIAN, B.; MORACHAN, Y.B.; KALIAPPA, R. 1970. Studies on ratooning in rice, I. Growth attributes and yield. *Mandras Agric. J.* 57(11):565-570.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

CHAUHAN, J.S.; VERGARA, B.S.; LOPEZ, F.S.S. 1985. Rice Ratooning. IRRI Res. Pap. Ser. 102. 19 p.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

DE DATTA, S.H.; BERNASOR, H.M. 1981. Long-term effects off reduced tillage on weed shift in wetland rice. Paper presented at the 12th Annual Conference of the Pest Control Council of the Philippines, 13-15 May 1981, University of the Philippines at Los Baños, Laguna, Philippines.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

EVATT, N.S. 1958. Stubble rice production tests. *Rice J.* 61(6): 18-19.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

EVATT, N.S. 1966. High annual yields of rice in Texas through ratoon or doble cropping. *Rice J.* 69(12): 10-12.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

EVATT, N.S.; BREACHEL H.M. 1960. Ratoon cropping of short season rice varieties in Texas. *Int. Rice Comm. Newsl.* 9(3):1-4.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C.; JONES, C.A. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. New York, New York. Marcel Dekker. 475 p.

FAO. Estadísticas de Producción 1991. No. 104. Vol. 45. Dependencia de datos Básicos, Dirección de Estadística FAO, Roma, Italia. p72.

FLINCHUM, W.T.; EVATT, N.S. 1972. The effect of 2,4-D and nitrogen on the stuble crop rice production in Texas. Consolidated PR 3105. Sep. 1972.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

HAQUE, M:M: 1975. Varietal variations and evaluation procedures for ratooning in rice. MS thesis, University of Philippines at Los Baños, Laguna, Philippines. 110 p.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

HODGES, R.J.; EVATT, N.S. 1969. Second crop rice production. *Agron. Notes* 69:21-22.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

ICHII, M. 1982. The effect of light and temperature on rice plant ratoons. *Jpn. J. Crop Sci.* 52(1):15-21.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

ISHIKAWA, T. 1964. Studies on the ratoon of rice plant in early cultivation. (in Japanese, English summary). *Bull. Fac. Agric. Univ. Miyazaki, Jpn.* 10(1):72-78.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

ISO, E. 1954. Ratoon culture of horai varieties. Pages 197-200 in *Rice and crops in its rotation in subtropical zones*. Japan-FAO Association, Tokyo.

Citado por: IRRI. 1988. *Rice ratooning*. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

MAHADEVAPPA, M.; YOGESHHA, H.S. sf. Rice ratooning: breeding, agronomic practices and seed production potenciales. Department of Seed Science and Tachnology, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India -560 065.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

MENGEL, D.B.; LEONARDS W.J. 1977. Effects of water management and nitrogen fertilization ond second crop yield and quality. Annual progress report. Louisiana Rice Exp. Stn. 70:60-62.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

MENGEL, D.B.; WILSON, F.E. 1981. Water management and nitrogen fertilization of ratoon crop rice. *Agron. J.* 73:1008-1010.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

PARAGO, J.F. 1963. Rice ratoon culture. *Agric. Ind. Life*, 25(8):15, 45, 47.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

PEREZ P, R.; SANZO M, R. 1996. Cuba ensaya la cosecha de retoños. CIAT. *Arroz en las Américas*. no 1. v.17, p7

PLUCKNETT, D.L.; ESCALADA, R.G.; PEÑA, R.S. DE LA. 1978. Crop ratooning. J. Series 2266 of the Hawaii Agricultural Experimental Station, Honolulu, Hawaii, USA. 40 p.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

PRASHAR, C.R.K.. 1970. Some factors govering rice ratoon yields. *Plant Soil* 32(2): 540-541.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

QUDDUS, M.A. 1981. Effect of several growth regulators, shading and cultural managemente practices on rice ratooning. MS thesis, University of Philippiness, at Los Baños, Laguna, Philippines. 100 p.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

REDDY, T.G.; MAHADEVAPPA, M.; KULKARNI, K.R. 1979. Studies on ratooning in paddy. *Andhra Agric. J.* 6(2):70-72.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

SAMSON, B.T. 1980. Rice ratooning: effects of varietal type and some cultural management practices. MS thesis, University of Philippines, at Los Baños, Laguna, Philippines. 116 p.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

SARAN, A.B.; PRASAD, M. 1952. Ratooning in paddy. *Curr. Sci.* 21(8):223-224.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

SOMPAEW, V. 1979. Stand establishment techniques in direct-seeded dryland rice. Ph D thesis, University of the Philippines at Los Baños, Laguna, Philippines. 182 p.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

SUN, X.H.; LIANG, Y.J. 1998. Ratooning with rice hybrids. p 155-161 in Rice ratooning. International Rice Research Institute, Po Box 933, Manila, Philippines.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

SZOKOLAY, G.; 1956. Ratooning of rice in the Swaziland irrigation scheme. *World Crops* 8(2):71-73.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

TINARELLI, A. 1989. El arroz. Traducido al español del italiano por Ramón Miguel Carreres. 2ed. Madrid, España. Mundi-Prensa. 575p.

UNIVERSIDAD DE FILIPINAS. 1988. Cultivo de arroz, Manual de producción. Trad. del inglés por Agustín Contin. México D.F., Limusa. p 13-33.

VERGARA, B.S.; LOPEZ, F.S.S; CAUHAN, J.S. sf. Morphology and physiology of ratoon rice. International Rice Research Institute. Manila, Philippines. p 33-40.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

VOLKOVA, N.P.; SMETANIN, A.P. 1971. On ratooning characters of rice. *Int. Rice Res. Newsl.* 4(5):25-26.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

VOTONG, V. 1975. The effect of time of drainage and time of rewatering on the yield of ratoon rice. *Agron. J.* 69:536-540.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

YANG, K.C.; SUN, S.W.; LONG, C.Y. 1958. A study of regeneration in rice. (in Chinese, English summary). *Acta Agric. Assoc. China* 169:1-16.

Citado por: IRRI. 1988. Rice ratooning. Los Baños, Laguna, Philippines. 279 p.

## VIII ANEXOS



NORTE

Anexo 1. Croquis de campo del ensayo de rebrote de arroz en el Potrero 5 de Colindres.

Repetición IV

416 A2 N0 K1	415 A2 N2 K1	414 A1 N2 K0	413 A2 N3 K0	412 A2 N1 K1	411 A1 N1 K0	410 A2 N1 K0	409 A1 N0 K1
401 A2 N3 K1	402 A2 N2 K0	403 A1 N0 K0	404 A2 N0 K0	405 A1 N2 K1	406 A1 N3 K0	407 A1 N1 K1	408 A1 N3 K1

Repetición III

316 A1 N3 K0	315 A1 N0 K1	314 A1 N2 K1	313 A1 N3 K1	312 A1 N2 K0	311 A2 N0 K1	310 A1 N1 K0	309 A2 N2 K0
301 A1 N0 K0	302 A2 N3 K0	303 A2 N1 K0	304 A1 N1 K1	305 A2 N1 K1	306 A2 N0 K0	307 A2 N3 K1	308 A2 N2 K1

Repetición II

216 A1 N3 K1	215 A1 N2 K1	214 A2 N2 K0	213 A1 N1 K0	212 A1 N3 K0	211 A2 N1 K0	210 A2 N0 K0	209 A2 N0 K1
201 A2 N3 K0	202 A1 N2 K0	203 A1 N0 K1	204 A2 N1 K1	205 A2 N3 K1	206 A2 N2 K1	207 A1 N0 K0	208 A1 N1 K1

Repetición I

116 A2 N0 K1	115 A1 N2 K1	114 A1 N2 K0	113 A2 N2 K0	112 A1 N3 K0	111 A1 N0 K0	110 A2 N0 K0	109 A1 N0 K1
101 A2 N3 K0	102 A1 N3 K1	103 A1 N1 K1	104 A1 N1 K0	105 A2 N1 K0	106 A2 N3 K1	107 A2 N2 K1	108 A2 N1 K1

P  
O  
T  
R  
E  
R  
O

CAMINO

Anexo 2. Cuadro resumen de los análisis de varianza para el total de tratamientos en el ensayo de rebrote de arroz. Zamorano, 1997.

Fuente de Variación.	Plantas /m <sup>2</sup>	Brotos/planta	% brotes efectivos	Granos/panícula	Peso 1000 granos(g)	Altura de planta	Rend. kg/ha
Modelo	0,532	0,0230	0,278	0,017	0,744	0,001	0,0003
Repetición	0,858	0,0001	0,820	0,000	0,736	0,000	0,0001
Altura	0,172	0,0501	0,145	0,303	0,510	0,001	0,1002
Nitrogeno	0,575	0,6790	0,025	0,336	0,498	0,177	0,2180
Potasio	0,497	0,7021	0,548	0,949	0,091	0,740	0,9155
Alt. x N	0,086	0,8353	0,385	0,651	0,560	0,556	0,1349
Alt. x K	0,926	0,4262	0,123	0,040	0,177	0,544	0,5948
N x K	0,472	0,8631	0,775	0,204	0,811	0,921	0,3595
Alt. x N x K	0,561	0,5991	0,611	0,990	0,693	0,035	0,6126
Error	2,700	11,360	0,087	5,879	2,828	4,499	263,43
R <sup>2</sup>	0,274	0,455	0,320	0,467	0,230	0,555	0,5832
C V	16,19	26,709	9,160	53,827	11,070	8,057	38,42