

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE
ARROZ CONTAMINANTE (*Oryza sativa*) EN
LAS PLANTACIONES COMERCIALES DE
ARROZ, FINCA GANADERA LOS SUKIAS,
CAÑAS, GUANACASTE**

ANDRÉS VÁSQUEZ ULATE

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de
Agronomía como requisito parcial para optar al grado de
Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2007

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE
ARROZ CONTAMINANTE (*Oryza sativa*) EN
LAS PLANTACIONES COMERCIALES DE
ARROZ, FINCA GANADERA LOS SUKIAS,
CAÑAS, GUANACASTE**

ANDRÉS VÁSQUEZ ULATE

Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de
Agronomía como requisito parcial para optar al grado de
Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2007

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MANEJO INTEGRADO PARA EL CONTROL DE
ARROZ CONTAMINANTE (*Oryza sativa*) EN
LAS PLANTACIONES COMERCIALES DE
ARROZ, FINCA GANADERA LOS SUKIAS,
CAÑAS, GUANACASTE**

ANDRÉS VÁSQUEZ ULATE

Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:

Ing. Agr. Gerardo Chaves Alfaro, Br.

Asesor

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, MSc.

Jurado

Ing. Agr. Joaquín Durán Mora, MSc.

Jurado

Ing. Agr. Fernando Gómez Sánchez, MAE.

Coordinador
Trabajos Finales de
Graduación

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, MSc.

Director
Escuela de Agronomía

2007

Dedicatoria

A mis padres por haberme dado el regalo de la vida y el apoyo total en mi formación como persona y profesional.

Agradecimiento

A mi esposa Pilar por darme el amor y el tiempo necesario para culminar este trabajo.

Al Ing. Gerardo Chaves Alfaro por todas sus enseñanzas en el cultivo del arroz.

Tabla de Contenido

	Página
Tabla de contenido.....	i
Lista de cuadros.....	v
Lista de figuras.....	vi
Resumen.....	ix
Resumen en inglés.....	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Justificación del trabajo	3
1.2. OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Importancia del cultivo	5
2.2. Aspectos generales sobre el cultivo del arroz	5
2.2.1. Requisitos edáficos y climáticos	5
2.2.2. Fenología del cultivo.	7
2.3. Efecto de las malezas y arroz contaminante en la producción arrocer.....	8
2.4. Características de los arroces contaminantes y su efecto en el rendimiento en el cultivo de arroz	9
2.4.1. Botánica del arroz rojo y clasificaciones conocidas	10
2.4.2. Clasificación del arroz rojo	12
2.4.2.1. Varietales	12
2.4.2.2. Pipones	13

2.4.2.3. Mechudos.....	13
2.4.2.4. Rayones	13
2.4.3. Genética del arroz rojo.....	13
2.4.4. Fisiología del arroz rojo.....	14
2.5. Factores que contribuyen en la diseminación de arroces contaminantes	15
2.5.1. Uso de semilla no certificada	15
2.5.2. Siembra convencional y continua en tierras arrendadas.....	16
2.5.3. Deficiente uso de medidas preventivas y prácticas culturales.....	16
2.5.4. Desconocimiento básico del problema.....	16
2.6. Estrategias de control de arroces contaminantes	16
2.6.1. Manejo del agua	17
2.6.2. Control químico	18
2.6.2.1. Uso de herbicidas preemergentes en lámina de agua	18
2.6.2.2. Uso de herbicidas no selectivos.....	18
2.6.3. Supresión de panículas.....	19
2.6.4. Protectores y antídotos de los herbicidas.	19
2.7. Características del herbicida glifosato.	19
2.8. Programa de custodia “Clearfield”	20
2.8.1. Semilla certificada Clearfield (variedad CFX-18)	21
2.8.2. Herbicida “Clearfield” autorizado.....	21
2.8.3. Programa de custodia	21
3. MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Localización y condiciones edáficas.....	22

3.2. Materiales y equipo	26
3.3. Metodología utilizada para el control de arroz contaminante	26
3.3.1. Descripción de la técnica de fanguero utilizada en el periodo anterior a 1999.....	27
3.3.2. Prácticas del Manejo Integrado para el Control de Arroz Contaminante (MIAC) implementadas del año 1999 al 2006	29
3.3.2.1. Chapea pos-cosecha.....	30
3.3.2.2. Quema de rastrojos con fuego.....	30
3.3.2.3. Manejo de agua	31
3.3.2.4. Aplicación con glifosato.....	31
3.3.2.5. Siembra directa	33
3.3.2.6. Lámina de agua.....	34
3.3.2.7. Escapes de arroz rojo.....	35
3.3.2.8. Cosecha	36
3.3.2.9. Programa Clearfield.....	37
3.4. Metodología utilizada para la evaluación del manejo integrado de arroz contaminante	37
3.4.1. Cuantificación del estado del banco de semillas de arroz contaminante en el suelo, al inicio y al final del periodo de estudio	38
3.4.2. Impacto del arroz contaminante sobre las calidades del arroz	39
3.4.3. Cuantificación de la respuesta a las técnicas de manejo integrado de arroz contaminante a través del comportamiento productivo y la calidad molinera	39
3.4.4. Cuantificación del arroz contaminante al inicio y al final del periodo de estudio.....	39

3.4.4.1. Cuantificación del número de tallos efectivos y no efectivos / m ² de arroz contaminante en el año 1999 y 2006.....	40
3.4.4.2. Evaluación visual de la incidencia de arroz contaminante en cosecha inverniz del año 2006	41
3.4.5. Análisis del costo beneficio / ha en la producción de arroz en Ganadera los Sukias para el año 1999 y 2006	41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1. Cuantificación del estado inicial (año 1999) y final (año 2006) del banco de semillas de arroz contaminante en el suelo.....	42
4.2. Impacto del arroz contaminante sobre las calidades del arroz.....	44
4.3. Cuantificación de la respuesta de las técnicas de manejo integrado de arroz contaminante a través del comportamiento productivo y la calidad molinera.....	45
4.4. Cuantificación del número de tallos efectivos y no efectivos/m ² de arroz contaminante en el año 1999 y 2006.....	48
4.5. Evaluación visual de la incidencia de arroz contaminante en cosecha inverniz, año 2006.....	51
4.6. Análisis del costo beneficio / ha de la producción de arroz en Ganadera los Sukias para el año 1999 y 2006.....	52
5. CONCLUSIONES	55
6. RECOMENDACIONES	58
7. BIBLIOGRAFÍA	60
8. ANEXOS	62

LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1.	Análisis químico de suelo. Finca Ganadera los Sukias.....	25
2.	Muestreo de tallos efectivos y no efectivos de arroz contaminante / m ² y la determinación del porcentaje visual de presencia de arroz contaminante en el campo. Finca Ganadera los Sukias 1999 y 2006.....	48
3.	Comparación del costo actual de labores de preparación de suelo y siembra en el manejo integrado para el control de arroz contaminante (MIAC) y el manejo convencional/ha. Ganadera los Sukias, 2006.....	53
4.	Muestreo de suelo en 10 y 20 centímetros de profundidad /m ² para la evaluación del banco de semillas de arroz contaminante. Finca Ganadera los Sukias, Cañas- Guanacaste 1999 y 2006.....	63
5.	Variables de rendimiento y producción del periodo 1999 al periodo 2006. Finca Ganadera los Sukias.....	64
6.	Comparación de la variedad CR-1821 con 0 % de impurezas y con arroz contaminante como impureza Ganadera los Sukias, 1999.....	65
7.	Análisis económico del año 1999 al 2006. Ganadera los Sukias.....	65

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1.	Diferentes tipos de arroz contaminante presentes en campos arroceros. Guanacaste, Costa Rica.....	11
2.	Arroz pilado con pericarpio de color rojo y blanco. Guanacaste, Costa Rica.....	14
3.	Molécula de Glifosato. N-(fosfometil) glicina.....	20
4.	Fotografía satelital. Finca Ganadera los Sukias.....	23
5.	Lotes de arroz. Finca Ganadera los Sukias.....	23
6.	Tractor fangueando en lote arrocero. Finca en Bagaces, Guanacaste.....	28
7.	Lote fangueado con pérdida de estructura del suelo. La Soga, Gte.....	28
8.	Prácticas de control de arroz contaminante.....	29
9.	Chapea lote de rastrojo de arroz . Ganadera los Sukias	30
10.	Malezas a 20 centímetros de altura. Ganadera los Sukias.....	31
11.	Fumigación con equipo terrestre. Ganadera los Sukias.....	32
12.	Plantas de arroz aplicadas con glifosato.....	33
13.	Sembradora de siembra directa.....	34
14.	Lámina de agua a 10 cm de altura a los 20 días de Germinado arroz.....	35
15.	Extracción de plantas de arroz contaminante	36

16.	Cosecha mecánica de arroz en granza.....	37
17.	Muestra de suelo a 20 centímetros de profundidad. Ganadera los Sukias,2006.....	38
18.	Muestra de 0,25 m ² para conteo de tallos de arroz. Ganadera los Sukias.....	40
19.	Resultado de las muestras del banco de semillas de arroz /m ² en 10 centímetros de profundidad. Ganadera los Sukias, 1999-2006.....	43
20	Comparación de arroz CR-1821 con 0 % de impurezas y CR-1821 con arroz contaminante e impurezas. Ganadera los Sukias,1999.....	44
21.	Comportamiento de los rendimientos en t/ha/año. Ganadera los Sukias 1999-2006.....	46
22.	Comportamiento del rendimiento industrial y calidad molinera. Ganadera los Sukias, 1999-2006	47
23.	Plantación de arroz con un alto porcentaje de arroz contaminante.Ganadera los Sukias, 1998.....	49
24.	Plantación de arroz con un alto porcentaje de arroz contaminante. Ganadera los Sukias, 1998.....	49
25.	Plantación de arroz con cero porcentaje de arroz contaminante a nivel visual. Finca Ganadera los Sukias, año 2006.....	50
26.	Plantación de arroz con cero porcentaje de arroz contaminante a nivel visual. Finca Ganadera los Sukias, año2006.....	50
27.	Lote con 0 % de arroz contaminante a nivel visual en etapa de floración. Ganadera los Sukias, 2006.....	51

28.	Lote con 0 % de arroz contaminante a nivel visual en etapa de floración. Ganadera los Sukias, 2006.....	52
29.	Rendimiento de producción en t/ha y utilidades económicas en dólares/ha. Ganadera los Sukias, año 1999-2006.....	53
30.	Número de granos/ panícula de arroz comercial CR 1821 y arroz contaminante de porte alto y porte bajo al 100 % de floración. Finca Ganadera los Sukias. Cañas, Guanacaste, 1999.....	66
31.	Números de granos/panícula de arroz contaminante a cosecha. Ganadera los Sukias, 1999.....	67
32.	Muestras de arroz entero y quebrado con arroz rojo y sin arroz rojo.....	68
33.	Lavado de muestras de suelo en un cedazo para separar semillas del suelo.....	69
34.	Extracción de plantas de arroz contaminante.....	69
35.	Desgrane de la panícula de arroz contaminante.....	70
36.	Panículas de arroz contaminante.....	70
37.	Canal de riego. Senara, Guanacaste.....	71
38.	Fertilizante en suelo seco 20 días después de germinado el arroz. Ganadera los Sukias.....	71

RESUMEN

La finca Ganadera los Sukias produce arroz en granza desde el año 1983; diez años después se encontró con la presencia del arroz contaminante, sumado a un manejo intensivo de prácticas convencionales como el uso de rastras y fanguero, que provocaban procesos de incorporación y exposición de semillas de arroz del banco de semillas del suelo hacia la superficie y su emergencia. Esto ocasionó un problema de diseminación de semillas de arroz maleza y de difícil control, que permitió el aumento de arroz contaminante en el suelo. El arroz contaminante provocó pérdidas hasta de 2 toneladas métricas por hectárea, bajos rendimientos en la industria molinera y bajos ingresos económicos.

El proyecto se realizó en el periodo comprendido entre el año 1999 al año 2006 en la finca Ganadera Los Sukias, ubicada en Paso Hondo de Cañas, Guanacaste a una altura de 15 a 20 m.s.n.m. con temperaturas máximas de 32.96°C, mínimas de 23.75 °C y una media de 28.35 °C.

Este proyecto consistió en la implementación de un manejo integrado para el control de arroz contaminante, en el cual se utilizaron varias prácticas como chapea y quema de rastrojo, mojes para germinar arroz contaminante y aplicar glifosato para eliminarlo, siembra con un sembradora de siembra directa la cual mueve tan solo un 20 % el suelo. Todas estas prácticas redujeron el banco de semillas de arroz contaminante en 10 centímetros de profundidad de 1514 semillas en el año 1999 a 13 semillas / m² de arroz contaminante en el año 2006.

El banco de semillas se redujo año con año, y esto combinado con buenas épocas de siembra, densidades, fertilización y sanidad vegetal, han llevado a esta finca a obtener rendimientos de 4,6 en el año 1999 a 7,46 y 8,24 toneladas métricas por hectárea en el año 2006.

La implementación del sistema de manejo integrado para el control de arroz contaminante resultó todo un éxito. Por esta razón debería implementarse esta práctica en toda la zona de riego de Guanacaste, la cual se caracteriza por la gran infestación de arroz contaminante.

Palabras claves: Arroz, Arroz contaminante, Manejo integrado de control.

ABSTRACT

Ganadera los Sukias farm, have been grown rice since 1983 until 2007. From 1983 to 1999, there was abundance of a weed called “*arroz rojo*” (***Oryza sativa***), “*arroz pato*” (***Oryza latifolia***), which reduces the raising of rice. The main cause of this problem was to work on mud to produce muddiness of the ground (puddle-fangueo). This bad custom turns the soil upside down carrying all the seeds into and up the soil.

The contaminant rice reduced to two tons of the good rice less per hectar, the land has a low yield, less yield at the factory and it is not longer economic. The farm decided to change the old custom of puddling to another more efficacious system.

The farm is located in Paso Hondo de Cañas, Guanacaste at 15-20 meters over sea level with temperatures from 32,96 °C to 23,75 °C. The average is 25,35 °C.

The farm administrator began a project of searching in 1999 and finished it in 2006.

The integrated handling for the control of the contaminant rice consisted of: Mowing the grass or weeds, the burning of field stubble, watering the field to let the seeds grow and apply a herbicide called glyphosate that kill all the gramineae, the use of a sowing machine which plants the seed at two or three centimeters into the soil without ploughing the land. This machine removes only a 20 % of the soil.

All these new agriculture practices reduced the population of contaminant rice to ten centimetres deep, and a quantity of 1514 seeds per square meter in 1999 to thirteen seeds in 2006.

The population of seeds kept on reducing gradually and became a success in the good control of contaminant rice. This practice with good times of sowing, density, good fertilization and an efficient control of diseases and plagues have produced yields of 4,6 tons in 1999 to 7,46 and 8,24 tons per hectar in 2006.

To putting into practice a system of an integrated handling for the control of the contaminant rice was successful; reason why the irrigated land in Guanacaste that is infested by contaminant rice should implemented this handling.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz pertenece al género Oryza, originario de Eurasia, del cual se habla hace 100 millones de años, emigrando a Australia y África durante el período Terciario y a América durante la época histórica, donde se produce la diferenciación del género Oryza en dos grupos sativa y latifolia (Second, citado por Agüero 1996).

El arroz es uno de los granos más importantes en la nutrición humana y representa el 40% del consumo mundial (De Datta, citado por Cordero 1993).

El consumo per cápita por año en Costa Rica es de 54,68 kg. de arroz pilado con una producción de 210.294 t/año, lo que lo hace muy representativo para la población e importante para el país, ya que además de lo nutritivo, genera fuente de trabajo para muchas personas y actualmente es una actividad rentable para el productor. El área sembrada de arroz en Costa Rica en el período 2005-2006 fue de 60.415 hectáreas (www.conarroz.com 2006).

Uno de los rubros más costosos de la producción arrocera, es el combate de malezas. El problema de infestación con malezas suele incrementarse conforme aumenta el tiempo dedicado al cultivo del arroz.

Dentro del amplio espectro de especies de malezas que afectan al cultivo, los arroces contaminantes constituyen las malezas más difíciles de combatir. Estas malezas causan pérdidas al competir por luz, agua y nutrientes, además provocan volcamiento del arroz comercial sembrado y a cosecha contaminan el arroz a comercializar, bajando su calidad y afectando el rendimiento por hectárea. Otro aspecto relevante de estos arroces, es la contaminación permanente y acumulativa de los lotes de una finca, facilitándose su diseminación por maquinaria, implementos y por agua del riego (CIAT 1985).

Una alta infestación con arroz contaminante puede obligar al abandono del área de siembra, las cuales son generalmente adecuadas a un alto costo en diseño e infraestructura para riego (CIAT 1985).

Se presume que los arroces contaminantes fueron introducidos al país por vía de importación de semilla certificada, hace varios años. Para el caso del “arroz rojo” *Oryza sativa* en particular, la problemática se inició con el cruce de éste con los cultivares de endospermo blanco, produciéndoles generaciones fuera de tipo y en proporciones de 2/3 partes con endospermo rojo. Esto sin duda ha provocado un mayor número de biotipos de arroces contaminantes en nuestro país (Agüero 1996).

Los diferentes biotipos de arroces contaminantes que están presentes en los campos arroceros de Costa Rica reciben el nombre de arroz rojo, arrozón, arroz pato y arroz chino, los cuales constituyen una diversidad de material genético donde los más importantes son: *Oryza sativa* (arroz rojo) y el *Oryza latifolia* (arroz pato) (Agüero 1996).

1.1. Justificación del trabajo

El manejo de arroz contaminante requiere procesos de mediano y largo plazo para lograr efectos importantes en su reducción.

La producción de arroz en Ganadera los Sukias inició en el año 1983; diez años después se encontró con la presencia del arroz contaminante; esto sumado a las prácticas de preparación de suelo con el uso de rastras y fanguero para remover suelo a un costo económico elevado, aumentó rápidamente la diseminación del arroz contaminante por todos los lotes arroceros de la finca. Los rendimientos en la producción de arroz en las áreas altamente infestadas, pasaron de 5 t/ha a 3 y 2 t/ha, que para los precios del año 2006, la pérdida económica sería de \$ 210 /ha.

Debido a la crisis que atravesaba la empresa, se propuso una combinación de técnicas de manejo integrado y su validación, generando un programa de manejo integrado para el control de arroz contaminante que inició en el año 1999.

El presente informe contempla la descripción y resultados del control de arroz contaminante obtenidos por la finca Ganadera los Sukias del año 1999 al año 2006.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Implementar un sistema de manejo integrado para el control de arroz contaminante en el período comprendido del año 1999 al 2006.

1.2.2. Objetivos específicos

- Cuantificar el estado del banco de semillas de arroz contaminante en el suelo, al inicio y al final del proceso de implementación del manejo integrado para el control de arroz contaminante.
- Describir las técnicas utilizadas en el manejo integrado de arroz contaminante.
- Cuantificar la respuesta de las técnicas de manejo integrado de arroz contaminante a través del comportamiento productivo y la calidad molinera del arroz cosechado.
- Cuantificar el impacto de las técnicas de manejo integrado para el control de arroz contaminante sobre la población de arroz contaminante al inicio y al final del periodo de estudio.
- Analizar el costo beneficio/ha en la producción de arroz en Ganadera los Sukias para el año 1999 y 2006.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia del cultivo

El arroz ha tenido éxito en América Latina en aumentar su rendimiento para ayudar a satisfacer la demanda creciente de alimento. El incremento rápido de las cosechas de este cereal se iniciaron a finales de la década de los 60, con la introducción de las variedades enanas de alto rendimiento, la primera de ellas, IR-8 traída de IRRI Filipinas (Montealegre y Vargas 1992).

A nivel mundial el arroz lo consumen más del 40 % de la población como principal fuente de calorías, siendo el productor y consumidor más importante el Asia Monsónica (De Datta, citado por Cordero 1993).

En América Central, el arroz es un alimento básico en la dieta de estas poblaciones sobre todo en Panamá y Costa Rica. Para el año 2005 el consumo per cápita de arroz cáscara en Panamá fue de 60.2 Kg. y en Costa Rica de 54.68 Kg. (www.conarroz.com 2006).

2.2. Aspectos generales sobre el cultivo del arroz

2.2.1. Requisitos edáficos y climáticos

Las principales limitaciones climáticas para el cultivo del arroz son la precipitación pluvial, la radiación solar, temperatura y humedad relativa (De Datta, citado por Cordero 1993).

El agua es indispensable para la vida de las plantas de arroz, el cual varía de acuerdo con la estructura y con el estado de desarrollo de la planta a través de las raíces, la cual ocupa menos del 15 % del agua absorbida, mientras que el resto de agua se pierde a la atmósfera por medio de la transpiración de las hojas (Montealegre y Vargas 1992).

La distribución y cantidad de las aguas influyen en el desarrollo de la planta de arroz en distintas épocas de crecimiento como son: macollamiento, germinación y floración.

Para América Latina se ha señalado que la precipitación de 1000 mm de lluvia anuales, con 200 mm de precipitación mensual durante el desarrollo del cultivo, son las más adecuadas (De Datta, citado por Cordero 1993).

Las tasas de crecimiento de la planta de arroz aumenta inicialmente con la temperatura dentro de un rango de 22° a 31°C, durante el estado inicial comprendiendo entre 20 a 35 días después de la siembra, la temperatura afecta muy levemente el macollamiento y la relativa tasa de crecimiento. En cuanto energía solar el periodo crítico de requerimiento es a partir de la iniciación de la panícula hasta aproximadamente 10 días antes de la maduración, demostrándose una correlación entre el rendimiento del grano y la radiación solar durante los últimos 30 días del desarrollo del cultivo, lo cual es muy importante para la acumulación de materia seca (Yoshida, citado por Cordero 1993).

La radiación solar tiene su influencia sobre la fase reproductiva de la planta, seguido por la fase de maduración, mientras que en la fase vegetativa tiene poco efecto.

Se ha demostrado que con un aumento en la humedad relativa y teniendo todos los factores constantes, se reduce la intensidad de la evaporación, ya que la gradiente de presión de vapor de agua entre la atmósfera y superficie húmeda es bajo. La capacidad del aire de retener vapor de agua aumenta rápidamente con la temperatura, por lo tanto, el aire caliente del trópico toma mayor vapor de agua que el aire frío de otras zonas. En el trópico, la alta humedad relativa provoca un incremento en la incidencia de enfermedades como ***Pyricularia grisea*** y ***Helminthosporium oryzae*** (De Datta, citado por Cordero 1993).

Los suelos para desarrollar el cultivo de arroz, son muy variados como el rango de climas, los cuales se pueden exponer el cultivo, la textura varía de arena

a arcilla, con extremos de pH entre 3.0 a 10. El contenido de materia orgánica va de 1 a 50 %, concentraciones de sal de 0 a 1 % y la disponibilidad de nutrientes desde muy marcadas deficiencias hasta el exceso (Montealegre y Vargas 1992).

2.2.2. Fenología del cultivo.

La planta de arroz cumple su ciclo generalmente entre 100 a 210 días pero su moda está entre 100 a 150 días.

Las variedades de ciclo largo como las que superan los 160 días y más, son sensibles al fotoperíodo y son plantadas en áreas de aguas profundas.

El desarrollo de la planta de arroz para su mejor estudio, se divide en tres fases:

- **Fase vegetativa** que comprende desde la germinación hasta el inicio de la panícula.
- **La fase reproductiva** que comprende desde la iniciación de la panícula hasta la floración.
- **Fase de maduración** que va desde la floración hasta la madurez total.

Cada una de estas fases consta de diferentes etapas, por ejemplo, desde la germinación a la iniciación de la panícula se encuentra las etapas de macollamiento y elongación del tallo (Contin 1987).

Las variedades de arroz que responden al nitrógeno, por lo general maduran más temprano (entre los 110 a 140 días), teniendo un gran vigor vegetativo, además de que aumenta el macollamiento, tallos cortos y robustos que resisten la tendencia a doblarse, cuando se aplican grandes cantidades de fertilizante nitrogenado, además son insensibles al foto período.

Otras variedades como las no estacionales maduran en 30 días, la fase vegetativa comprendiendo de 60 a 70 días hasta la iniciación de la panícula. La fase reproductiva toma 35 días y la maduración 30 días (Contin 1987).

Dichas fases son muy alteradas por el clima, como por ejemplo, la fase vegetativa aumenta al bajar las temperaturas y al haber días más largos, la fase de maduración se retrasa al aumentar las lluvias y al bajar la temperatura.

En el caso de la germinación, temperaturas inferiores a 10°C o superiores a 40°C, inhiben el proceso de germinación, el óptimo se encuentra en los 30°C.

2.3. Efecto de las malezas y arroz contaminante en la producción arroceras

En continentes como Asia, las pérdidas anuales debido a las malas hierbas corresponden al 11,8% del valor de la producción potencial y mundialmente a 9,5%.

El crecimiento de las malas hierbas en lotes sin control, disminuye el rendimiento hasta un 34%, en arroz trasplantado un 45% y un 67% en arroz de tierras altas (CIAT 1985).

En Costa Rica se considera que la pérdida de rendimiento por efecto de malezas puede alcanzar hasta un 10% cuando se aplica alguna práctica de combate, y puede oscilar entre un 50% a un 100% cuando no se efectúa ninguna (Soto y Agüero 1992).

El arroz rojo es considerado como la maleza más importante de las explotaciones agrícolas arroceras. Su importancia radica no sólo en su capacidad de reducir los rendimientos de la variedad cultivada, sino también por la reducción de la calidad y valor del arroz cosechado.

El arroz rojo es nocivo y de difícil control en muchas áreas del mundo, pero en especial, donde las siembras son en forma directa y continua; además de que muchos autores afirman que el arroz rojo pertenece al mismo género y especie de

las variedades cultivadas de arroz. Bajo estas condiciones, sus características morfológicas y fisiológicas son similares a las que presentan las plantas de variedades comerciales.

Una gran cantidad de tipos de arroces contaminantes tiene características morfo – fisiológicas superiores, exponiendo una mayor capacidad de competencia (Montealegre y Vargas 1992).

El nivel de infestación de arroz rojo en los lotes arroceros tiene una gran incidencia en la producción. Densidades de 20 plantas / m² de arroz rojo, proporcionan una merma del 57 % en el rendimiento y pérdidas por el grado y calidad de arroz comercial (Montealegre y Vargas 1992).

Baldwin citado por Montealegre y Vargas (1992), reporta disminuciones en el rendimiento de arroz comercial hasta un 64% cuando se presentan 32 panículas de arroz contaminante/m².

2.4. Características de los arroces contaminantes y su efecto en el rendimiento en el cultivo de arroz

Los arroces contaminantes son difíciles de diferenciar del arroz cultivado en estado de plántula, pero en los estados de macollamiento, floración y madurez, es posible diferenciar algunos arroces contaminantes del cultivado, ya que los primeros son reconocibles por las siguientes características:

- a) Hojas verde-claro, híspidas.
- b) Macollamiento profuso.
- c) Panículas más delgadas y largas.
- d) Fuerte desprendimiento de los granos.
- e) Presencia de arista en algunos casos.

Otra característica del arroz rojo es la marcada latencia de sus granos, los cuales se desprenden y pueden mantenerse viables en el suelo hasta por doce años. No existen diferencias nutricionales entre el arroz rojo y el arroz cultivado;

sin embargo, los granos de arroz rojo son más delicados y quebradizos y durante el pulido se produce un excesivo quebramiento de éstos (Agüero 1996).

El estudio del origen y la evolución del género *Oryza* es interesante y necesario, si se quiere comprender la relación existente sobre el arroz cultivado y las especies del mismo género que se han desarrollado como malezas asociadas al cultivo.

Los arroces contaminantes limitan la producción de arroz y deteriora la calidad del grano, produciéndose 2 efectos negativos:

- La imposibilidad de producir semilla de arroz 100% pura.
- Una merma en los rendimientos de arroz blanco por la competencia con los contaminantes, volcamiento y el rebajo en el precio de venta del producto.

En Costa Rica los diferentes biotipos de arroz contaminante presentes en los campos arroceros reciben los siguientes nombres: arroz rojo, arrozón, arroz pato y arroz chino. Ellos constituyen la diversidad del material genético en los que se destaca la *Oryza sativa*, arroz rojo, y *Oryza latifolia*, arroz pato. (Agüero 1996).

Cuando los arroces contaminantes son de la misma familia y género del arroz comercial con características fisiológicas y morfológicas muy semejantes, hacen que su control sea más difícil. Presentan el ciclo fenológico más corto (de 90 a 110 días); de mayor altura; rápida diseminación; fácil desgrane; semilla con germinación diferencial; alta viabilidad (20 a 40 años); alta resistencia a efecto de herbicidas selectivos (Agüero 1996).

2.4.1. Botánica del arroz rojo y clasificaciones conocidas

El arroz rojo según Agüero (1996), puede ser definido como semillas de arroz distintas, por tener la parte más externa del grano coloreado. Hay varios tipos de granos de arroz rojo, como se observa en la Figura 1:

- El rojo de grumos claros.
- Rojo toro

- Rojo bermellón
- Los rojos de grano largo.
- Los rojos de grumos negros, entre otros.



Figura 1. Diferentes tipos de arroz contaminante presentes en campos arroceros. Guanacaste, Costa Rica.

Solo hay 2 especies del género *Oryza* que se cultivan comercialmente, *Oryza sativa* de origen asiático y *Oryza glaberrima*, de origen africano.

El endosperma de la primera tiene un color más claro que el de la segunda, el cual presenta tonos marrón, rojo y gris, *Oryza rufipogon* es nombrado para abarcar un amplio rango de tipos de arroces salvajes, rojo y negro, relacionados con *O. sativa* y es difícil distinguir las diferencias entre ellos.

Botánicamente el arroz rojo y el blanco son clasificados por algunos autores dentro de la especie *O. sativa*.

Las principales diferencias morfológicas que distinguen el arroz rojo del arroz blanco son:

- La semilla tiene el pericarpio colorado.
- La semilla desgrana fácilmente en forma escalonada.
- La semilla se mantiene en reposo sin perder la viabilidad durante un largo periodo de años.
- Las plantas son generalmente más altas y precoces que las variedades cultivadas.
- Las plantas son generalmente pubescentes.
- Las plantas pueden tener un color más claro.

2.4.2. Clasificación del arroz rojo

En Colombia, la Universidad Nacional y Fedearroz seleccionó 15 tipos de rojos más comunes en las zonas arroceras de Colombia y las clasificó en cuatro grupos principales, denominados: varietales, pipones, mechudos y rayones (Cuevas 1992).

2.4.2.1. Varietales

Este grupo se conformó teniendo en cuenta los arroces rojos que tienen semillas, cuya forma es semejante a la de algunas de las variedades cultivadas de arroz, y que posiblemente fueron producidas por hibridación con las variedades comerciales, como lo afirman varios autores (Sonnier *et al*, citados por Cuevas 1992).

Montealegre (1992); menciona que estos varietales, por su similitud con la variedad parental, son los materiales de arroz rojo más difíciles de diferenciar en los análisis de calidad de arroz paddy, y por esta razón, en la producción de semilla certificada está ocasionando los mayores rechazos al nivel de laboratorio.

2.4.2.2. Pipones

Este grupo presenta tamaño del grano corto a largo, anchos y con un ligero abultamiento. En la parte media presenta algunos grumos de color pajizo y tienen un porcentaje de desgrane ligeramente superior a los otros tres grupos.

2.4.2.3. Mechudos

La característica principal es que los granos presentan una arista muy larga, además de ser largos y aplanados, los grumos son de diferentes colores, oscilando entre negro, marrón, pajizo y dorado.

2.4.2.4. Rayones

No presentan aristas y se caracteriza este grupo por presentar grumos de dos colores en forma moteada.

2.4.3. Genética del arroz rojo

Algunas características de este arroz son dominantes sobre los alelos del arroz blanco y pueden ser transferidos por cruzamiento. Por ello, nuevos tipos de arroz rojo pueden aparecer en diferentes localidades al cruzarse el arroz rojo con variedades blancas (Sonnier, citado por Cuevas 1992).

El arroz es auto polinizado o autógeno en más del 99.99 % y el cruzamiento natural es muy bajo. Cuando éste ha ocurrido la primera generación es híbrida y 3/4 de la segunda tiene granos con pericarpio rojos, como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Arroz pilado con pericarpio de color rojo y blanco. Guanacaste, Costa Rica.

Como producto de los cruces naturales de arroz rojo con blanco, algunas plantas pueden tener las mismas características de las variedades de granos blancos y es posible diferenciarlos para sacarlos del campo al hacer descontaminación, estos son los conocidos como granos rojos varietales (González, citado por Agüero 1996).

2.4.4. Fisiología del arroz rojo

El arroz rojo crece en sus primeras etapas más rápido que algunas variedades comerciales mejoradas, lo cual hace posible disminuir oportunamente la competencia removiendo las plantas de arroz rojo existentes en el campo.

Experimentos realizados por Agüero (1996), indican que las semillas de arroz rojo y comercial a diferentes temperaturas de 15, 20, 25, 30, 35 y 40°C, demostraron que el límite más bajo de germinación ocurrió entre 30 y 35° C para el arroz rojo y de 30 °C para variedades comerciales, pero a cualquier temperatura el arroz rojo, germina un día antes que los blancos.

2.4.5. Infestación y diseminación del arroz rojo.

El nivel de infestación de arroz rojo en los lotes arroceros tiene una gran incidencia en la producción. Estudios realizados por el Instituto Riograndense do arroz rojo (IRGA, citado por Cuevas 1992), reveló que las densidades de 20 plantas / m² de arroz rojo proporcionan una merma de 57% en el rendimiento y pérdidas por el grado de calidad de arroz comercial.

Densidades de 5, 108 y 215 plantas de arroz rojo por metro cuadrado, redujeron el rendimiento agrícola del arroz comercial en 22 %, 77 % y 88 % respectivamente (Cuevas 1992).

2.5. Factores que contribuyen en la diseminación de arroces contaminantes

Vargas y Montealegre (1992), mencionan los factores que contribuyen en la diseminación de arroces contaminantes en los campos de sembradío.

- a) Uso de semilla no certificada
- b) Siembra convencional y continua en tierras arrendadas
- c) Deficientes prácticas culturales
- d) Desconocimiento básico del problema

2.5.1. Uso de semilla no certificada

Es común en países de América Latina las normas de tolerancia de semillas de arroz rojo por kilogramo de semilla certificada, es alta en programas de certificación como en Brasil, 12 granos de arroz rojo /500 gramos de arroz.

La falta de conciencia en utilizar una buena semilla certificada por los agricultores y productores de arroz, ha contribuido a un ineficiente manejo y dificulta la erradicación de los arroces contaminantes.

2.5.2. Siembra convencional y continua en tierras arrendadas

El fenómeno de la siembra convencional y continua de arroz en tierras arrendadas a corto y mediano plazo en zonas de monocultivo de arroz, no ha permitido hacer un eficiente manejo de los arroces contaminantes, ya que este cultivo ofrece mejores perspectivas de precios y compra del mercado del producto que los otros cultivos, favoreciendo así la propagación de estas malezas y las hibridaciones naturales entre variedades cultivadas y arroces contaminantes.

2.5.3. Deficiente uso de medidas preventivas y prácticas culturales

Las medidas preventivas como limpieza de canales, bordes de lotes, maquinaria, además de las prácticas culturales necesarias en el establecimiento y desarrollo del cultivo, requieren de una supervisión y seguimiento permanente con el fin de obtener los mejores resultados.

En cuanto a prácticas culturales, se debe usar en su totalidad semilla certificada y no mezclarla con arroz comercial.

2.5.4. Desconocimiento básico del problema

Las características morfo-fisiológicas de diferentes arroces contaminantes que infestan los campos arroceros, no se han estudiado en forma detallada; existen varios tipos de arroces contaminantes que muestran una alta capacidad de competencia, debido a la altura de la planta, precocidad, mayor área foliar y peso seco, dominancia en su semilla que puede ser modificada de acuerdo al medio seco o acuático en el que caiga la semilla en el campo, de acuerdo al desgrane (Vargas y Montealegre 1991).

2.6. Estrategias de control de arroces contaminantes

El control de arroz rojo requiere de una combinación de sistemas complejos de cultivo-herbicida-cultivo. Vargas y Montealegre (1992), mencionan un programa de control bien planeado:

- a) Semilla sin malezas, agua de riego sin semillas de arroz rojo, y equipo agrícola limpio.
- b) Rotación de cultivos junto con control del arroz rojo en todos los cultivos.
- c) Manejo cuidadoso del cultivo y del agua.
- d) Aplicación de herbicidas.
- e) Quemadas de residuos de cosecha
- f) Densidades de siembra para controlar poblaciones de plantas.
- g) Método de siembra directa con semilla seca (sembradora sin remover suelo).
- h) Siembra pregerminada (voleo) o por trasplante.
- i) Deshierba manual (entresaque).

2.6.1. Manejo del agua

El control de arrocillos contaminantes con agua, se basa en que estos no pueden germinar cuando están cubiertos por suelo y agua, pero germinan cuando están cubiertos por uno solo de los dos componentes (CIAT 1985).

Experimentos en Crowley, E.U.A., con inundación continua, solamente el 3.3% del rendimiento total fue arroz rojo. Con drenaje prolongado hay reducción del rendimiento total y el 40% fue arroz rojo (Sonnier, citado por CIAT 1985).

Una integración importante es el manejo del agua conjuntamente con la siembra en lámina de agua. Consiste en la siembra de semilla pregerminada en terreno preparado en seco o fangueo. Sobre esta lámina se volea la semilla de arroz pregerminada a una dosis entre 138 a 184 kg/ha.

El arroz pregerminado es capaz de atravesar la lámina de agua y establecerse normalmente a los 10 o 12 días de sembrado.

La presencia de lámina de agua será hasta el espigamiento total de la plantación (100 días aproximadamente), momento en el que se debe secar la terraza para el endurecimiento del suelo para la cosecha.

Con esta técnica hay poca sobrevivencia de malezas gramíneas y ciperáceas comunes al cultivo (Vargas y Montealegre 1992).

2.6.2. Control químico

2.6.2.1. Uso de herbicidas preemergentes en lámina de agua

Agüero (1996), menciona que en Estados Unidos se han evaluado numerosos herbicidas con potencial en el combate de arroces contaminantes sembrados en agua, pero en estudios de campo ninguno obtuvo mejor resultado que el Molinate.

Estudios similares realizados por Castro (1999), en finca Santa Paula, distrito Bebedero del cantón de Cañas, provincia de Guanacaste, demostró que la aplicación de 6 a 7 l /ha de producto comercial Odram 79 EC (Molinato i.a.) se obtuvo el mayor control de arroces contaminantes con un 85 % a 75%. Cuando se aplicó la dosis de 5 l / ha se controló un 70%, y al utilizar 4 l /ha se controló un 50%.

2.6.2.2. Uso de herbicidas no selectivos

Existen herbicidas de contacto o sistémicos como el glifosato y el paraquat, los cuales se utilizan en las aplicaciones para el control de arroz contaminante. El glifosato se puede potencializar con 250 cc /ha del producto comercial a base de Oxifluorfen.

La atrazina en una dosis de 2 kg/ha ha producido excelentes resultados y no ha dejado residuos después del período de inundación de 30 días en un experimento en Cali, Colombia. La combinación de paraquat y linuron [3-(3,4-

diclorofenil)-1-metoxi-1-metilurea] produjo también un excelente control del arroz rojo y no causó problemas por residuos al cabo de 30 días (Cheaney, citado por De Datta 1986).

2.6.3. Supresión de panículas.

RAI citado por Agüero (1996); sugirió investigar el uso de reguladores de crecimiento para prevenir el desarrollo de la panícula de las malezas. Los reguladores de crecimiento amidocloro y mefluidide, suprimen la formación de panículas tanto en los arroces contaminantes como en el arroz blanco. La selectividad de estos productos se puede lograr sembrando variedades de arroz que emitan la panícula antes que el arroz rojo, el cual tiene una floración precoz.

2.6.4. Protectores y antídotos de los herbicidas.

Los antídotos son productos que se utilizan como protectores en la semilla, para aplicar dosis de herbicidas más altas sin dañar los cultivos. Se ha logrado proteger con éxito el arroz cubriendo las semillas con carbón activado, el cual reduce los daños por el butacloro y el oxadiazón si dichas semillas se siembran en suelos cementados no inundados (Nangju, citado por De Datta 1986).

Otro ejemplo de antídoto es el AN (anhídrido 1,8 naftálico), que puede utilizarse como protector de varios cultivos como semillas de sorgo, avena y arroz (Parker y Dean, citado por De Datta 1986).

2.7. Características del herbicida glifosato.

El glifosato es un herbicida sistémico (Figura 3) de acción total con escasa o nula residualidad, y de aplicación pos-emergente a las malezas. Cuando no es posible efectuar labranza del terreno y existen en él malezas perennes o arroz voluntario, la vegetación existente debe ser destruida con este producto. La siembra del cultivo se hace posteriormente en forma voleada.

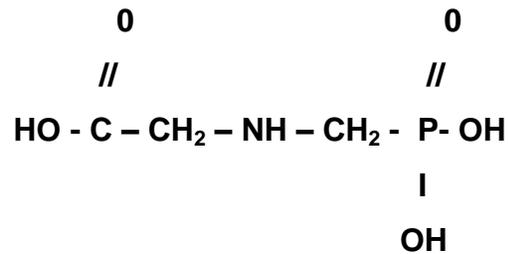


Figura 3. Molécula de Glifosato. N-(fosfometil)glicina (Agüero 1996).

Foto descomposición: Despreciable

Volatilidad: Despreciable

Solubilidad en agua: 1,2 %.

Uso Herbicida: Combate de especies anuales y perennes. De amplio espectro y no selectivo, en aplicaciones de presiembra o preemergencia de los cultivos en mínima labranza, en arroz, maíz y otros.

Método de aplicación: Post-emergente a las malezas pero no al cultivo.

Dosis: 1– 3 litros /ha.

Comportamiento en el suelo: Relativamente no persistente por lo que ofrece poca o nula actividad preemergente.

2.8. Programa de custodia “Clearfield”

El programa “Clearfield” es un sistema utilizado para el control de arroses contaminantes, que permite recuperar campos con altas infestaciones de arroz maleza. Este programa se desarrolló a través de técnicas de fitomejoramiento convencional y no pertenece al grupo de cultivos llamados transgénicos.

Este programa está formado por tres componentes:

2.8.1. Semilla certificada Clearfield (variedad CFX-18)

- Se recomienda 160 kilogramos de semilla por hectárea.
- Ciclo de 90 a 95 días.

2.8.2. Herbicida “Clearfield” autorizado

El herbicida que se utiliza es KIFIX ® (nombre comercial), a una dosis de 228 gramos por hectárea, el cual puede ser manejado con dos aplicaciones de 114 gramos cada una. La primera aplicación a los 10 días de germinado el arroz y la segunda aplicación entre los 20 a 25 días de germinado el arroz.

El herbicida KIFIX ® es el que controla el arroz maleza y algunas malezas en el campo como *Echinochloa colonum*, *Leptochloa* sp, *Rottboellia cochinchinensis* y *Cyperus* sp.

2.8.3. Programa de custodia

El programa es custodiado por la empresa BASF de Costa Rica y Distribuidora Agrocomercial de Grecia, las cuales realizan visitas al campo y asesoran técnicamente al productor para el manejo adecuado del sistema (BASF de Costa Rica 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización y condiciones edáficas

El proyecto se realizó en la finca Ganadera Los Sukias, ubicada en Paso Hondo de Cañas, Guanacaste (Figuras 4 y 5), con una cercanía al Ingenio Taboga de 3 kilómetros y con una latitud de 10°23 Norte y 85°10 longitud Oeste.

La altura de la finca es de 15 a 20 m.s.n.m. con temperaturas máximas de 32.96°C, mínimas de 23.75 °C y una media de 28.35 °C.

La región corresponde a la zona de vida de bosque seco tropical, y presenta dos estaciones climáticas bien definidas, una seca que se extiende desde el 15 de noviembre al 15 de mayo, y una lluviosa que va del 15 de mayo al 15 de noviembre. Generalmente se presentan dos periodos secos intermedios conocidos como veranillo de San Juan y canícula. Estos suelen juntarse y generar un periodo con una disminución significativa de las lluvias entre Julio y Agosto.

El área de la finca es de 163 hectáreas y se dedica al cultivo de caña de azúcar, arroz y ganadería.

El área de sembrada de arroz sometida al programa aplicados fue de 42 hectáreas.



Figura 4. Fotografía satelital. Finca Ganadera los Sukias. (www.google.com)



Figura 5. Lotes de arroz. Finca Ganadera los Sukias (www.google.com)

La finca realiza muestreos de suelo para el análisis químico de los elementos y así diseñar los programas de fertilización que requiere el cultivo en su momento. Los suelos de la finca pertenecen al grupo de los inceptisoles y presenta un nivel adecuado de elementos para las siembras de arroz. Los análisis químicos de suelo se presentan en el Cuadro 1, y se realizaron en el año 2001 en laboratorio químico de Corporación Bananera Nacional, en el año 2004 en el laboratorio del Centro de Investigación Agronómica (CIA), y en el año 2006 en laboratorio de Grupo Fertica.

Cuadro 1. Análisis químicos de suelo. Finca Ganadera los sukias

		pH	cmol(+)/L					mg/L					Relaciones entre bases			
Elementos y relaciones		H ₂ O	Ca	Mg	K	acidez	CICE	P	Cu	Fe	Mn	Zn	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/k
Rangos Adecuados		5,5-6,5	4-20	1-5	0,2-0,8	< 0,3	> 5	10-50	1-20	10-50	10-50	3-10	2-5	2.5-15	10-40	5-25
LOTE	AÑO															
TORRE	2001	5.73	16,2	6,27	0,37	0,13	22,97	1	14	379	16,9	7	2,58	16,95	60,73	43,78
TORRE	2004	6,21	35,1	17,4	0,12	0,12	52,74	7,7	17,3	18	16,2	11,4	2,02	145,00	437,50	292,5
TORRE	2006	6,2	19,56	9,32	0,23	0,16	29,27	7	16	63	20	11	2,10	40,52	125,57	85,04

3.2. Materiales y equipo

Los equipos utilizados fueron:

- Tractor 90 hp con ruedas fangueadoras de 1,1 metro de ancho
- Equipo de fumigación marca *Jacto* con un tanque con una capacidad de 400 litros y una descarga de 150 litros / hectárea con boquillas 110/02 a 40 p.s.i.
- Cuadros de tubo de p.v.c. de media pulgada de grueso y un largo de 50 cm por 50 cm.
- Sembradora de arroz para siembra directa marca *Tatoo SDA2* con 15 chorros y una distancia entre líneas de 15,8 centímetros.
- Glifosato
- Guantes de latex y de tela
- Chapeadora de 1,7 metros de ancho
- Cámara de fotos digital
- Cuadro de hierro de 25 cm por 25 cm de ancho y una altura de 20 cm para muestras de suelo

3.3. Metodología utilizada para el control de arroz contaminante

El manejo integrado de arroz contaminante consiste en la aplicación de varias técnicas de manejo en el transcurso del periodo de preparación del terreno y mantenimiento del cultivo. El proceso inició en el año 1999 y se realizó la validación de resultados hasta la cosecha intermedia del año 2006.

3.3.1. Descripción de la técnica de fangueo utilizada en el periodo anterior a 1999

En el periodo anterior a 1999, la finca Ganadera los Sukias practicaba el sistema de fangueo de los suelos para la siembra de semilla pregerminada, similar a lo que se presenta en la Figura 6. Este consistía en colocar unas ruedas de hierro de 1.1 metros de ancho en un tractor de 60 a 90 hp, el cual se introducía dentro del lote a sembrar y se pasaba sobre el suelo inundado provocando una pérdida de estructura y formaba una capa de barro donde se eliminaba el rastrojo anterior a la cosecha y malezas presentes en el campo. Esto daba como resultado el sello de los poros del suelo, aumento del elemento hierro en el suelo, desnivelación topográfica del terreno, exposición de semillas de arroz contaminante y malezas hacia la superficie del suelo, provocando un aumento en la diseminación de arroz contaminante en toda el área sembrada (Figura 7). A raíz de esta problemática que determinó una gran caída de los rendimientos, se decidió realizar un cambio radical sustentado en la implementación de un manejo integrado para el control de arroz contaminante.



Figura 6. Tractor fangueando en lote arrocero. Finca en Bagaces, Gte.



Figura 7. Lote fangueado con pérdida de estructura del suelo. La Soga, Gte

3.3.2. Prácticas del Manejo Integrado para el Control de Arroz Contaminante (MIAC) implementadas del año 1999 al 2006

En la Figura 8 se presentan las ocho prácticas utilizadas para el control de arroz contaminante.

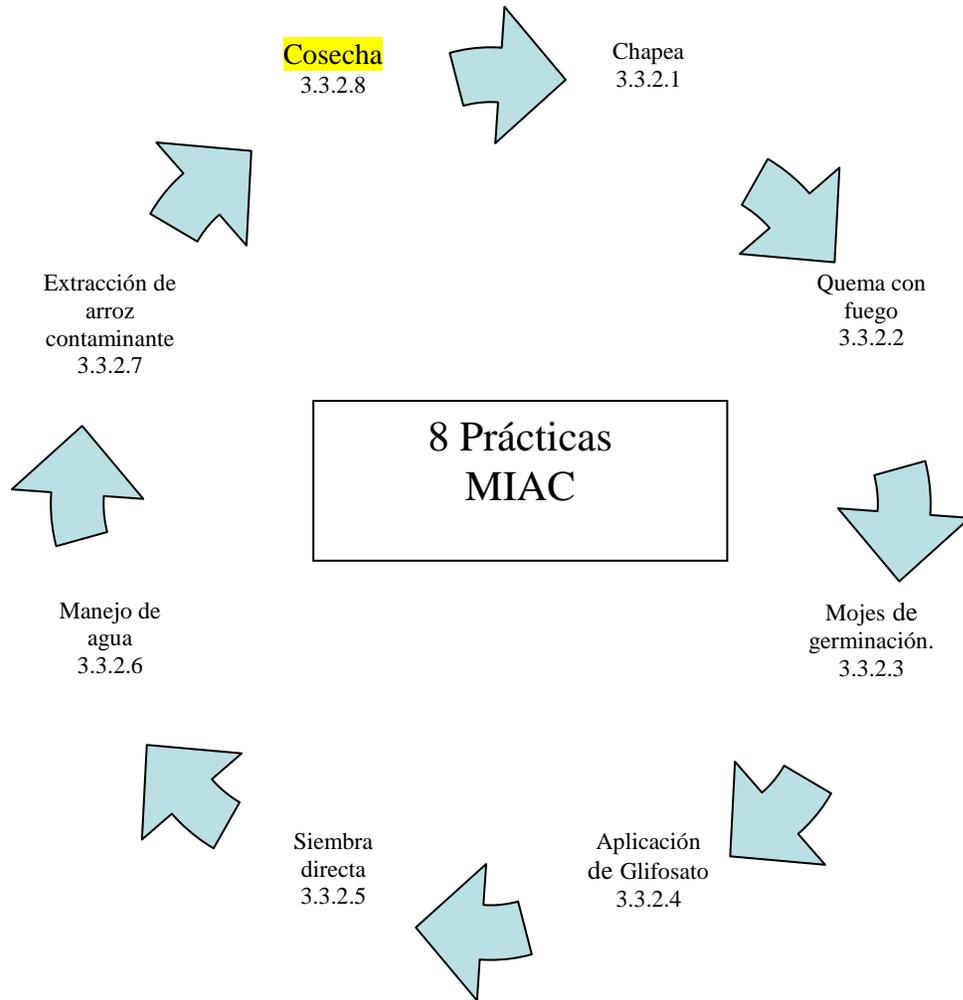


Figura 8. Prácticas de control de arroz contaminante. Ganadera los Sukias.

3.3.2.1. Chapea pos-cosecha

Una vez cosechado el arroz se realizó una chapea con una chapeadora de 1.7 metros de ancho y un tractor de 60 caballos de fuerza a una altura del suelo de 10 cm (Figura 9).



Figura 9. Chapea lote de rastrojo de arroz .Finca Ganadera los Sukias

3.3.2.2. Quema de rastrojos con fuego

Cuatro días después de la chapea, se quemó el rastrojo con fuego para eliminar patógenos presentes en la paja y el suelo, semillas de malezas y arroz contaminante que se encuentran en la superficie del suelo.

3.3.2.3. Manejo de agua

Una vez finalizada la quema con fuego, se introdujo el agua de riego en las terrazas y se drenaba para provocar germinación de semillas presentes en el suelo de arroz contaminante y malezas. Esta práctica se realizó cada 8 días hasta que la maleza alcanzara una altura de 20 centímetros, como se ilustra en la Figura 10.



Figura 10. Malezas a 20 centímetros de altura. Finca Ganadera los Sukias

3.3.2.4. Aplicación con glifosato

En la Figura 11 se ilustra como se aplicaba el glifosato cuando la maleza alcanzaba una altura de 20 cm. En casos que no se lograra chapear, se aplicaba glifosato al rastrojo. La dosis de glifosato utilizada fue de 3 l /ha al cual se le agregó 300 cc de 2,4-D y un 1 cc / l de un penetrante como WK.

La aplicación se realizó con equipo de fumigación terrestre con boquillas 110-02 a una presión de 40 p.s.i. con una descarga de caldo de 150 l / ha.

Para los lotes muy infestados de arroz contaminante, no se sembraba la cosecha invernal y se fumigaba de tres a seis aplicaciones con glifosato; para las áreas limpias de arroz contaminante se sembraba dos cosechas al año y se fumigaba dos veces por ciclo con glifosato antes de la siembra.



Figura 11. Fumigación con equipo terrestre. Finca Ganadera los Sukias

La Figura 12 muestra el resultado ideal de una buena aplicación de glifosato consistente en una muerte total de las malezas, arroz voluntario y contaminante. La no siembra en invierno en los lotes muy contaminados con arroz-maleza, es debido a que en esta cosecha las producciones son más bajas por la poca luminosidad, de alto riesgo por plagas y enfermedades, y por lo tanto de costo económico mas alto debido a las aplicaciones de fungicidas e insecticidas. En el caso de la finca, no se realizó la siembra del invierno del año 2004.



Figura 12. Plantas de arroz aplicadas con glifosato. Ganadera los Sukias año 2006.

3.3.2.5. Siembra directa

En el año 1999, la finca incorporó a su plan de manejo una sembradora de mínima labranza (Figura 13), para implementar una estrategia complementaria en el combate del arroz contaminante. La sembradora de siembra directa posee la ventaja de no remover de un 80 % a un 94 % del suelo superficial, lo cual hace que las semillas de malezas y arroz contaminante que se encuentren a una profundidad de 3 a 5 centímetros y más, no puedan germinar debido a la falta de oxígeno y luz. En el caso de la finca, no se removió suelo en las siguientes siembras para que estas semillas se murieran con el paso de los años y así mantener un banco de semillas de arroz contaminante aceptable o bajo.

El fertilizante de siembra se introducía con la misma sembradora con 46 kg. de fósforo, 60 kg. de potasio y 18 kg. de nitrógeno.

Las densidades de siembra se disminuyeron año con año. Para el año 1999 se utilizaban 138 kilogramos de semilla/ha y para el año 2004 a 2006 se utilizaba de 110 a 115 kilogramos de semilla/ha.



Figura 13. Sembradora de siembra directa.

3.3.2.6. Lámina de agua

Una vez finalizado la siembra se realizaron mojes manteniendo humedad a capacidad de campo. El herbicida selectivo al arroz para control de de malezas, ciperáceas y hojas redondas, se aplicaba a los 15 días de germinado el arroz, se fertilizaba de 100 a 150 kg. de nitrógeno y se introducía una lámina de agua entre los 18 y 22 días después de germinado el arroz como se muestra en la Figura 14; esto para mejorar el aprovechamiento del nitrógeno, evitar la germinación de malezas y arroz contaminante.

Si el cultivo requería una fertilización extra, se fertilizaba en la lámina de agua al inicio de primordio floral con 2 sacos de 50 kg. de la fórmula 30-0-15. La lámina de agua se mantenía a una altura de 5 a 15 centímetros del suelo hasta 15 días antes de la cosecha.



Figura 14. Lámina de agua de 10 cm. de altura a los 20 días de germinado el arroz.

3.3.2.7. Escapes de arroz rojo

Si algunas semillas de arroz contaminante germinaban ya establecida la plantación de arroz, se extraía manualmente la planta de arroz contaminante del campo al momento de que ésta presentara la panícula, esto en el caso de una baja población de arroz contaminante, como se ilustra en la Figura 15.

Otra práctica utilizada era un guante con esponja impregnada con un 33% de WK , un 33 % de glifosato y un 33 % de agua, el cual se pasaba por las hojas mas expuestas de arroz contaminante causándole la muerte a dichas plantas. Cuando las poblaciones de arroz contaminante eran muy elevadas, se chapeaba con machete a la altura de la panícula cuando ésta se encontraba emergida y no presentara granos en leche o maduros.



Figura 15. Extracción de plantas de arroz contaminante. Ganadera los Sukias.

3.3.2.8. Cosecha

En el momento de la cosecha, las máquinas cosechadoras de arroz, se lavaban con agua a presión o se limpiaban con escobas o motobombas de aire, para eliminar por completo las semillas de arroz, no solo de otras fincas, sino cuando se cambiaba de lote en la misma finca; esto con el fin de que la maquinaria no diseminara semillas contaminantes en los lotes de la finca Ganadera los Sukias. En la Figura 16 se muestra la labor de una cosechadora de arroz en la finca Ganadera los Sukias.



Figura 16. Cosecha mecánica de arroz en granza. Ganadera los Sukias, año 2006.

3.3.2.9. Programa Clearfield

Este programa se utilizó en el invierno del año 2005 en algunos de los lotes de la finca y fue custodiado por Distribuidora Agrocomercial de Grecia. La metodología del programa se aplicó según lo descrito en el apartado 2.8.

3.4. Metodología utilizada para la evaluación del manejo integrado de arroz contaminante

A continuación se detalla las herramientas utilizadas para valorar la efectividad del manejo integrado para el control de arroz contaminante.

3.4.1. Cuantificación del estado del banco de semillas de arroz contaminante en el suelo, al inicio y al final del periodo de estudio

En la Figura 17 se muestra un cuadro de 25 centímetros por lado para realizar un muestreo al azar en los lotes, donde se extrajeron las muestras de suelo del año 1999 y 2006 que utilizaron el manejo integrado para el control de arroz contaminante. Para el año 1999 se extrajeron 4 muestras de suelo en 10 centímetros de profundidad, debido a que la contaminación de arroz rojo en los lotes era muy evidente; y en el año 2006 se extrajeron 8 muestras de suelo con 10 centímetros de profundidad, y 8 muestras de suelo con 20 centímetros de profundidad, las cuales se lavaron con agua y se extrajeron las semillas de arroz contaminante mediante un cedazo fino para contabilizar la cantidad de semillas de arroz contaminante presentes en el suelo.



Figura 17. Muestra de suelo a 20 centímetros de profundidad. Ganadera los Sukias, 2006

3.4.2. Impacto del arroz contaminante sobre las calidades del arroz

En el año 1999 se realizó un muestreo, donde se recolectó cuatro muestras de un kilogramo tomado directamente de la tolva de la cosechadora en el momento que ésta pasara por las partes con más arroz contaminado de un lote sembrado con la variedad CR-1821. También se recolectó cuatro muestras de un kilogramo de espigas de CR-1821 y se extrajeron manualmente los granos sin impurezas. Las muestras se enviaron a un laboratorio de la Industria arrocera para realizar los análisis de calidad molinera e industrial. Esto para determinar si el arroz contaminante afectaba la calidad a nivel de industria.

3.4.3. Cuantificación de la respuesta a las técnicas de manejo integrado de arroz contaminante a través del comportamiento productivo y la calidad molinera

Se recopiló la base de datos de cosechas del año 1999 al año 2006 para analizar resultados de producción y calidad molinera generados en la industria arrocera a partir del arroz en granza cosechado en los lotes sembrados en Ganadera los Sukias y sometidos al estudio. El rendimiento industrial se define como la cantidad en libras de arroz pilado producidas a partir de 160 libras de arroz en granza seca y limpia.

3.4.4. Cuantificación del arroz contaminante al inicio y al final del periodo de estudio

Este muestreo se realizó para determinar la población de arroz contaminante / m² al inicio y final del periodo de estudio, así valorar la efectividad del manejo integrado para el control de arroz contaminante.

3.4.4.1. Cuantificación del número de tallos efectivos y no efectivos / m² de arroz contaminante en el año 1999 y 2006

Para el año 1999 y 2006, se recolectaron cuatro muestras compuestas de cuatro sub-muestras, cada una al azar por medio de un cuadro de pvc de 50 centímetros por lado para contar tallos efectivos y no efectivos de arroz contaminante en los lotes tratados (Figura 18).



Figura 18. Muestra de 0,25 m² para conteo de tallos de arroz. Ganadera los Sukias.

3.4.4.2. Evaluación visual de la incidencia de arroz contaminante en cosecha inverniz del año 2006

Para generar un panorama de como se encontraba de arroz contaminante los lotes después de siete años de utilizar el manejo integrado para el control de arroz contaminante, se realizó una evaluación visual en el campo cuando el arroz estaba en la etapa de madurez, lográndose distinguir las panículas y tallos de arroz contaminante.

3.4.5. Análisis del costo beneficio / ha en la producción de arroz en Ganadera los Sukias para el año 1999 y 2006

La información para el análisis económico, se recopiló de la finca en costos de producción / ha, ingresos / ha , rentabilidad económica, rendimientos de producción y precios de la tonelada métrica de arroz en granza seca y limpia para los años 1999 y 2006.

Se realizó una comparación de los costos de algunas labores que se realizaron en la fase de preparación de suelo y siembra, en el manejo integrado para el control de arroz contaminante y el convencional con precios actuales.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El problema de arroz contaminante se agravó a partir del uso intensivo del fangueo en los años anteriores a 1999. Adicionalmente, este manejo incrementó otros problemas como: pérdida de estructura del suelo; aumento del hierro en la solución del suelo; destrucción de la nivelación del suelo; distribución de las semillas de arroz contaminante por todo el campo. El resultado de esto fue la caída de la producción a niveles que oscilaron de 2 y 3 t/ha, ocasionando pérdidas económicas a la empresa.

A partir del año 1999 con la aplicación del manejo integrado de arroz contaminante, se obtuvieron los resultados que se presentan en este apartado.

4.1. Cuantificación del estado inicial (año 1999) y final (año 2006) del banco de semillas de arroz contaminante en el suelo

El comportamiento del banco de semillas en el suelo, resultó indispensable para determinar la efectividad del control de arroz contaminante con el manejo integrado.

En la Figura 19, se demuestra que con el manejo integrado para el control de arroz contaminante, la finca Ganadera los Sukias logró una disminución de la media aritmética de 1514 semillas de arroz contaminante/ m² en 10 centímetros de profundidad en el año 1999, a 13 semillas de arroz contaminante/m² en el año 2006; siendo esto un 99,14 % de reducción de la población de arroz contaminante.

La Figura 19 muestra que el banco de semillas de arroz comercial, disminuyó de 372 semillas /m² en 10 centímetros de profundidad en el año 1999, a 187 semillas/m² en el año 2006. Este resultado es positivo, ya que el arroz voluntario en las plantaciones comerciales perjudica las densidades de siembra y trae como consecuencia problemas de competencia, enfermedades y aumento de plagas en el cultivo de arroz.

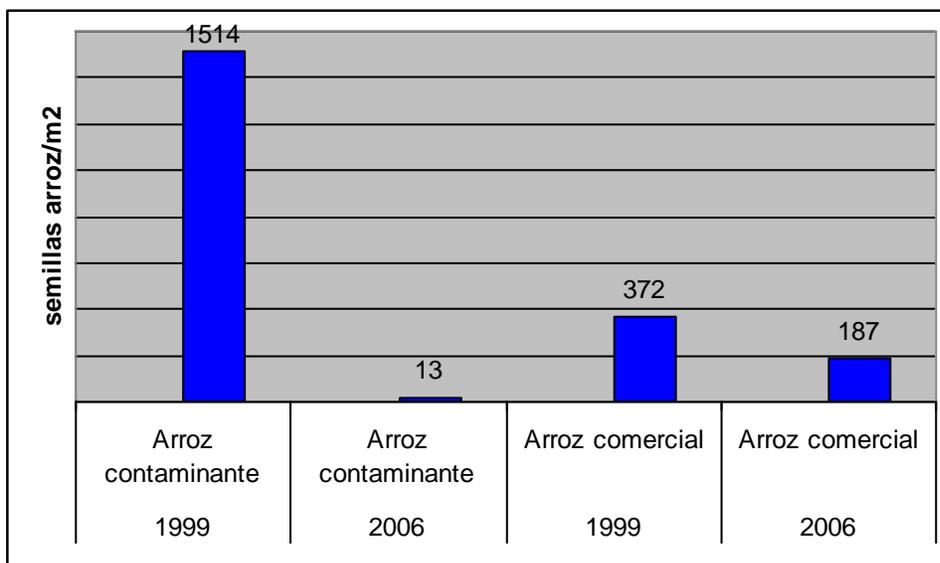


Figura 19. Resultado de las muestras del banco de semillas de arroz /m² en 10 centímetros de profundidad. Finca Ganadera los Sukias,1999-2006

En el Cuadro 4 (Anexos), la muestra número uno del año 1999, presentó 2440 semillas de arroz contaminante/m². Si se considerara una posible germinación del 80 %, y se asumiera que cada planta con dos hijos genere 3 panículas con 150 granos /panícula, se obtendría como resultado un potencial de 878.400 semillas de arroz contaminante/ m² que caería al suelo a contaminar la plantación en una sola cosecha o más, lo cual sería el fracaso de cualquier proyecto de cultivo de arroz. La muestra con más semillas de arroz contaminante para el año 2006 fue la número 3 con 48 semillas. La muestra con menos semillas de arroz contaminante para el año 1999 fue la número 7 con 672 semillas de arroz contaminante/m² mientras que para el año 2006 se encontraron más del 50 % de las muestras con 0 semillas de arroz contaminante /m².

4.2. Impacto del arroz contaminante sobre las calidades del arroz

En la Figura 20, las muestras 1, 2, 3 y 4, fueron recolectadas manualmente para obtener datos de arroz en granza con 0 % de arroz contaminante, y las muestras 5, 6, 7 y 8, fueron recolectadas de la cosechadora durante la labor de cosecha en los lotes contaminados en el año 1999. Las muestras con 0 % de arroz contaminante obtuvieron un grano quebrado entre un 6.2 % a 9,5 %, mientras que las muestras con arroz contaminante quebraron entre un 14,5 a un 21,5 %, lo que demuestra que la presencia de arroz contaminante aumenta el porcentaje de grano quebrado.

Los porcentajes de impurezas no afectaron el comportamiento del rendimiento industrial en libras de arroz blanco, esto similar a los resultados en los periodos 1999 al 2006 (Figura 22).

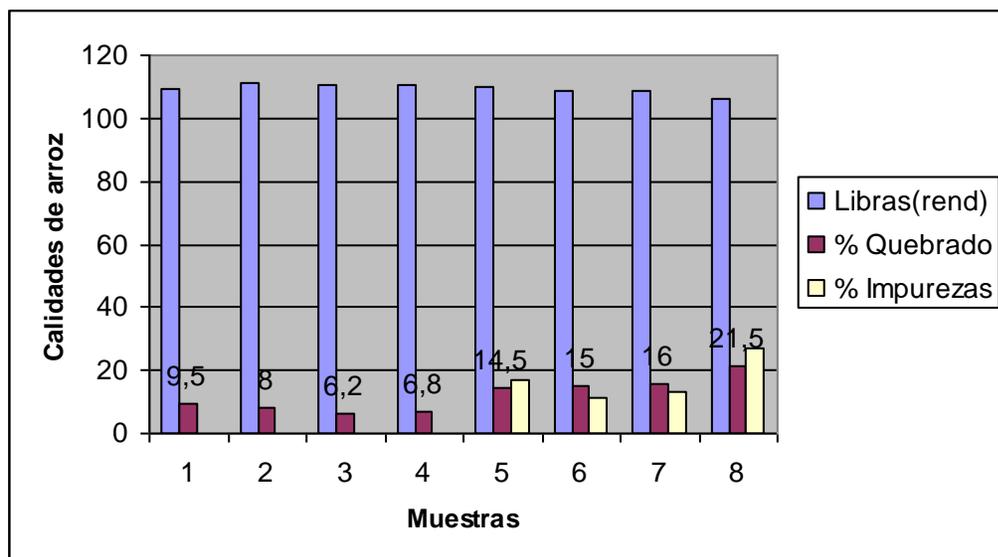


Figura 20. Comparación de arroz CR-1821 con 0 % de impurezas y CR-1821 con arroz contaminante e impurezas. Finca Ganadera los Sukias-1999

4.3. Cuantificación de la respuesta de las técnicas de manejo integrado de arroz contaminante a través del comportamiento productivo y la calidad molinera

El rendimiento de producción en t/ha fue importante para entender la eficiencia de la implementación del manejo integrado para control de arroz contaminante.

En la Figura 21, se muestra que la producción alcanzada para el año 1999 fue de 4,6 t /ha. En los años 2000 y 2001, la producción de arroz descendió a valores de 3.98 y 3.8 t/ha, por efecto combinado de presencia de arroz contaminante, ajustes en las épocas de siembra y altas densidades de semilla. En cuanto a época de siembra, la Figura 21 muestra que las cosechas en el mes de mayo, produjeron rendimientos más altos y corresponden a siembras efectuadas durante los primeros 15 días de diciembre para variedades de 120 y 135 días como Fedearroz-50 y Senumisa -3.

Para el año 2003, comenzó a incrementar la producción por el control de arroz contaminante y así sucesivamente hasta alcanzar rendimientos de 7,46 t/ha en el año 2006.

En la cosecha del mes de marzo del año 2006, la producción alcanzó las 5.38 t/ha, esto debido a un desajuste en la fecha de siembra, la cual se realizó en el mes de noviembre, provocando daños mecánicos en las hojas y espigas debido al fuerte efecto del viento en este mes del año, no así para lo que se cosechó el 01 de mayo del 2006.

En la cosecha invernal realizada en la primera semana de agosto del 2006, se obtuvo un rendimiento de 3,9 t/ha, debido a que la época de siembra determinó que el cultivo fue afectado por la baja luminosidad, especialmente en la etapa de diferenciación del primordio floral por disminución de la cantidad de calorías por centímetro cuadrado, las cuales son necesarias para el alto rendimiento en producción. Este resultado no fue afectado por arroz contaminante, ya que no se reportó presión de arroz contaminante para esta cosecha.

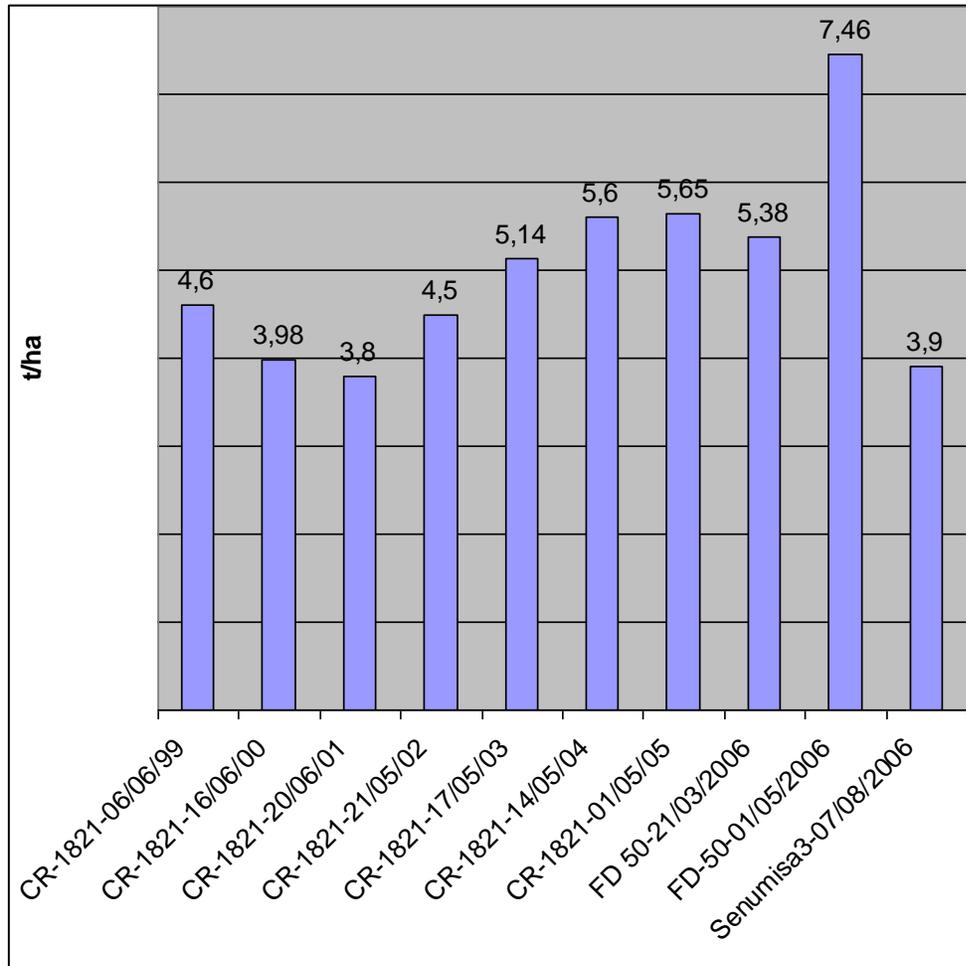


Figura 21. Comportamiento de los rendimientos en t/ha/año. Ganadera los Sukias. 1999-2006

La Figura 22 muestra que el porcentaje de grano quebrado mejoró cuando disminuyó la contaminación de la cosecha con arroz maleza. En la cosecha de marzo del 2006 se obtuvo un 14 % de grano quebrado contra un 16.75 % y 17 % en los años 1999 y 2000 respectivamente, cuando la finca tenía altas poblaciones de arroz contaminante.

En la cosecha invernal del 2006, el grano quebrado fue de un 21 % y se justifica debido a que la variedad Senumisa-3, no es de buena calidad molinera.

Esta variedad se utilizó en esta época debido a que es de ciclo más corto y superior en rendimiento a otras variedades comerciales existentes en la época invernal.

La media aritmética de la impureza de la cosecha del año 1999 fue de 17 %, y conforme el control de arroz contaminante fue avanzando con el manejo implementado, se obtuvo en las cosechas de verano de los años 2000 al 2006 una media de 9.59 %.

Las cosechas realizadas del año 1999 al 2006 presentaron rendimiento industrial en libras de arroz por cosecha muy similares.

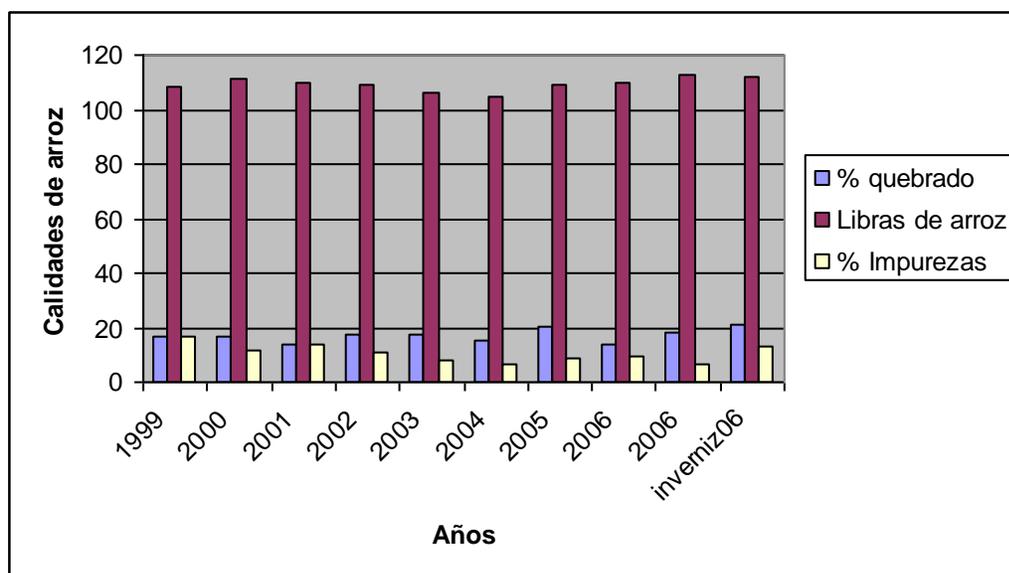


Figura 22. Comportamiento del rendimiento industrial y calidad molinera. Ganadera los Sukias, 1999-2006.

4.4. Cuantificación del número de tallos efectivos y no efectivos/m² de arroz contaminante en el año 1999 y 2006

En el año 1999, se realizó una medición de tallos efectivos y no efectivos de arroz contaminante/m²

En el Cuadro 2, se muestra que los tallos efectivos de arroz contaminante alcanzaron valores de 6,4 a 236,8 tallos/m² con una media de 88,45 tallos/m², por el contrario los tallos no efectivos de arroz contaminante presentaron solamente 16 tallos/m² correspondiente a la muestra 4, para una media de 4 tallos/m².

Cuadro 2. Muestreo de tallos efectivos y no efectivos de arroz contaminante / m² y la determinación del porcentaje visual de presencia de arroz contaminante en el campo. Finca Ganadera los Sukias, 1999 y 2006

Muestra	1999		2006	
	Tallos efectivos de arroz contaminante /m ²	Tallos no efectivos de arroz contaminante /m ²	% Visual de arroz contaminante	Tallos efectivos y no efectivos de arroz contaminante/m ²
1	85	0	0	0
2	6,4	0	0	0
3	25,6	0	0	0
4	236,8	16	0	0
MEDIA	<u>88,45</u>	<u>4</u>	<u>0</u>	<u>0</u>

En las Figuras 23 y 24, se muestra el estado de contaminación de la finca en el año 1998, el alto porcentaje de arroz contaminante ocasionaba pérdidas de rendimiento de 2 a 3 t/ha con el manejo convencional de la finca.



Figura 23. Plantación de arroz con un alto porcentaje de arroz contaminante. Finca Ganadera los Sukias, 1998.



Figura 24. Plantación de arroz con un alto porcentaje de arroz contaminante. Finca Ganadera los Sukias , 1998.

En las Figuras 25 y 26, se muestra un lote sometido al manejo integrado de arroz contaminante, el cual para el análisis visual y conteo de tallos, se encontró libre de arroz contaminante.



Figura 25. Plantación de arroz con cero porcentaje de arroz contaminante a nivel visual. Finca Ganadera los Sukias , 2006.



Figura 26. Plantación de arroz con cero porcentaje de arroz contaminante a nivel visual. Finca Ganadera los Sukias , 2006

4.5. Evaluación visual de la incidencia de arroz contaminante en cosecha inverniz, año 2006

El resultado de la medición visual para la incidencia de arroz contaminante en el campo fue de 0%, como se muestra en el Cuadro 2 del apartado 4.4, y se ilustra con las Figuras 27 y 28; esto no establece que los lotes estén 100 % libres de arroz contaminante.



Figura 27. Lote con 0 % de arroz contaminante a nivel visual en etapa de floración. Ganadera los Sukias, 2006



Figura 28. Lote con 0% de arroz contaminante a nivel visual en etapa de floración. Ganadera los Sukias, 2006

4.6. Análisis del costo beneficio / ha de la producción de arroz en Ganadera los Sukias para el año 1999 y 2006

Los rendimientos en algunos ciclos productivos de años anteriores a 1999, oscilaron entre 2 y 3 t / ha, generando pérdidas que rondaban los \$ 210 / ha, debido a la alta infestación de arroz contaminante.

La figura 29 muestra que para el año 1999 con el inicio de la aplicación del MIAC se lograron rendimientos de 4,6 t/ha con una rentabilidad de \$ 270/ha.

En el cuadro 7 se muestra que en el periodo de 1999 al 2006, a partir del año 2000 y 2001, el efecto nocivo de los arroces contaminantes sobre el rendimiento y la rentabilidad, tuvo su mayor impacto con pérdidas de \$ 4,31 y \$ 166,84. Conforme se avanzó en el proceso repetitivo de validación de la tecnología MIAC y el efecto positivo del control de los arroces contaminantes, la finca alcanzó su máximo nivel de productividad en el año 2006, generando \$ 1048/ha de utilidad.

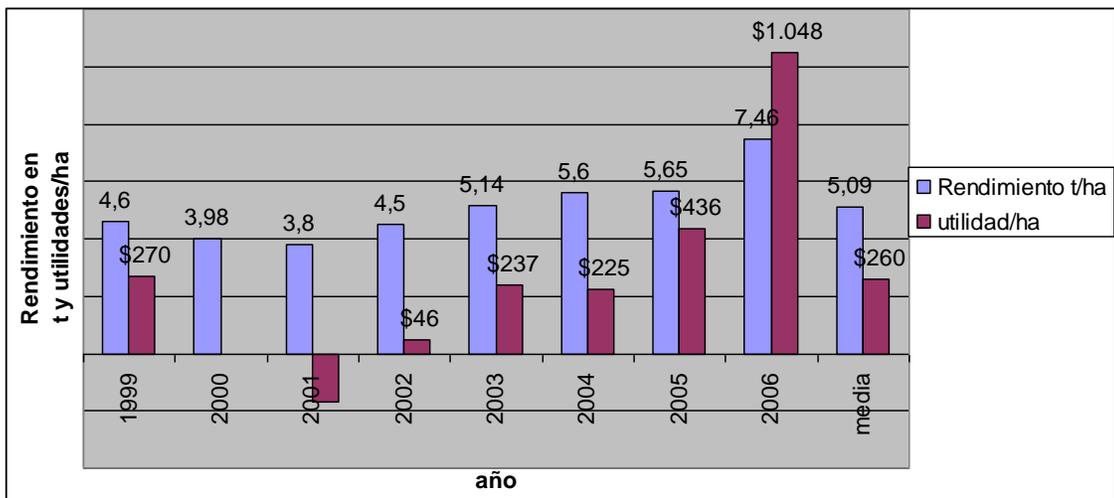


Figura 29. Rendimiento de producción en t/ha y utilidades económicas en dólares /ha. Ganadera los Sukias 1999-2006.

Cuadro 3. Comparación del costo actual de labores de preparación de suelo y siembra en el Manejo Integrado para el Control de Arroz Contaminante (MIAC) y el manejo convencional/ha. Ganadera los Sukias, 2006

Actividad	MIAC	Convencional
Chapea	₡ 12.900,00	
Quema Fuego	₡ 250,00	
Manejo agua	₡ 500,00	₡ 2.000,00
Dos Fumigaciones	₡ 12.000,00	
6 litros de Glifosato	₡ 9.200,00	
Siembra	₡ 29.000,00	₡ 3.300,00
Fanguero		₡ 60.000,00
Semilla	₡ 40.800,00	₡ 51.000,00
Voleo Fertilizante Siembra		₡ 4.000,00
Nivelación de terreno	₡ 11.428,00	₡ 80.000,00
Cuido de pájaros	₡ 1.170,00	₡ 5.850,00
TOTAL	₡117.248,00	₡206.150,00

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de costos en diferentes labores que se realizaban en el manejo convencional antes de 1999, y después de 1999 con el manejo integrado de arroz contaminante con precios actualizados al año 2006.

En el Cuadro 3, se muestra el costo de las fases de la preparación de suelo y siembra en el MIAC con ¢ 117.248 /ha, y el manejo convencional con ¢ 206.150 / ha.

Una de las grandes diferencias del costo tan elevado del manejo convencional es la nivelación de terreno, ya que cada vez que se fangua, se pierde la nivelación, y la rectificación de esta nivelación tiene un costo de alrededor de los ¢80.000 / ha, mientras que para el manejo integrado de arroz contaminante se requiere de esta práctica solo al inicio de implementar este sistema.

Una posible rectificación de la nivelación en el MIAC, podría darse cada 7 años; así los ¢ 80.000 se diluyen entre los siete años y el costo sería de ¢ 11.428/ha.

Los costos de semilla son mayores, debido a que se utiliza de 23 a 46 kg. de semilla más en el fanguero que en el manejo integrado para control de arroz contaminante, debido a que en el fanguero disminuye el porcentaje de germinación de semillas.

Los costos de cuidar pájaros son más elevados en el manejo convencional debido a que la semilla queda expuesta en la superficie, y los pájaros aprovechan esto para alimentarse, por lo que se necesita pagar personal durante 15 a 20 noches, para evitar que los pájaros se coman la semilla; mientras que en el sistema del manejo integrado se requiere cuidar de pájaros en la siembra cuando se dan los primeros riegos del cultivo.

5. CONCLUSIONES

Con la implementación del manejo integrado para el control de arroz contaminante en la finca Ganadera los Sukias se proponen las siguientes conclusiones:

- La práctica del fanguero y siembras convencionales durante muchos años en la finca Ganadera Los Sukias condujo a un incremento de la población de arroz contaminante.
- Las cantidades de arroz contaminante que se encontraban en el suelo en la finca Ganadera los Sukias eran muy altas con datos de hasta 2440 semillas / m² en 10 centímetros de profundidad, capaces de contaminar con 878.400 semillas de arroz contaminante/ m², si no se aplicara algún tipo de control.
- Se determinó que con la aplicación del manejo integrado para el control de arroz contaminante, la finca Ganadera los Sukias logró una disminución de la media aritmética de 1514 semillas de arroz contaminante/ m² en 10 centímetros de profundidad de suelo en el año 1999, a 13 semillas de arroz contaminante/m² en el año 2006, siendo esto un 99.14 % de reducción.
- El banco de semillas de arroz comercial en el suelo disminuyó de 372 semillas/m² en 10 centímetros de profundidad en el año 1999, a 187 semillas/m² en el año 2006, generando una reducción de un 50.26 %. Este resultado es positivo, ya que el arroz voluntario en las plantaciones comerciales perjudica las densidades de siembra y trae como consecuencia problemas de competencia, enfermedades y aumento de plagas en el cultivo de arroz.

- Conforme pasaron los años con la implementación del manejo integrado para el control de arroz contaminante, la finca disminuyó la población de arroz contaminante y aumentó la producción de 4.6 t/ha en el año 1999, a 7.46 toneladas métricas /ha, con un 6.88 % de impurezas, 18 % de quebrado y 112,6 libras de rendimiento para el año 2006.
- El porcentaje visual de presencia de arroz contaminante de 0 %, indica que el programa utilizado obtuvo un excelente control.
- El conteo de tallos de arroz contaminante/m² en el año 2006 fue de cero, lo que demuestra que el proceso aplicado fue un excelente resultado.
- La media aritmética de la impureza de las cosechas de verano del año 2000 al 2006 fue de 9.59 %, mientras que para el año 1999 la impureza alcanzaba valores de 17 %. Este resultado explica como el manejo aplicado mejoró el control de arroz contaminante y malezas.
- El arroz contaminante aumentó los porcentajes de impureza y quebrado del arroz comercial.
- Las variedades CR-1821 y Fedearroz-50 presentaron rendimiento industrial en libras de arroz por cosecha muy similares. Estos no se afectaron por la presencia de impurezas.
- La rentabilidad de Ganadera los Sukias con el cambio tecnológico, logró obtener utilidades de 24, 5 % en el año 1999, a un 83.8 % en el verano del 2006.

- Los costos del manejo integrado para el control de arroz contaminante, resultaron ser menores que los costos del manejo convencional.
- La aplicación del MIAC permitió un proceso incremental de rentabilidad que alcanzó su mejor y máximo nivel en el año 2006.
- Se demostró que el sistema de manejo integrado para el control de arroz contaminante, ha sido exitoso y sus resultados se lograron a mediano plazo.

6. RECOMENDACIONES

- Si al iniciar el manejo integrado para el control de arroz contaminante los terrenos se encuentran desnivelados, se debería nivelar al inicio del proceso a pendiente cero para no mover mas suelo en las siguientes siembras.
- Se debe de evitar mover suelo en las próximas siembras para que las semillas de arroz maleza mueran con el paso de los años y así mantener un banco de semillas de arroz contaminante aceptable o bajo.
- Se recomienda adoptar el uso de la sembradora de mínima labranza para efectuar el mínimo movimiento de suelo.
- Cuando las poblaciones de arroz contaminante son muy elevadas es recomendable una chapea con machete a la altura de la panícula cuando ésta se encuentre emergida y no tenga granos en leche.
- El manejo integrado para el control de arroz contaminante debe ser aplicado durante varios años, para que el banco de semillas baje a una población aceptable, sin embargo, de una cosecha a otra implementando bien las aplicaciones de glifosato se podría obtener buenos resultados.
- El manejo integrado para el control de arroz contaminante debe estar acompañado de un buen manejo agronómico, y la siembra debe ubicarse en las fechas ideales para el desarrollo productivo y fitosanitario del cultivo, que para el caso de la finca Ganadera los Sukias, los mejores rendimientos de campo se obtuvieron cuando las cosechas se realizaron del 15 de abril al 10 de mayo.

- Cuando los lotes se encuentren muy contaminados de arroz maleza, no deben ser sembrados en invierno y realizar agotamientos del banco de semillas utilizando 3 litros de glifosato /ha.
- Toda la maquinaria que ingrese a la finca debe estar limpia y libre de arroz, maleza y suelo.
- Los equipos de fumigación y siembra, deben ser calibrados muy bien, para obtener fumigaciones exitosas y densidades de siembra adecuadas.
- El manejo con fanguero se debe evitar, ya que provoca desnivelación en el suelo y el costo de la rectificación de la nivelación es muy elevado.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AGÜERO, R. 1996. Malezas del arroz y su manejo. San José, Costa Rica: I.M.R., S.A. pp.4,19, 22.
- BARRANTES, U; SOTO, A; AGÜERO, R; ALÁN, E. 1995. Elementos para el manejo de malezas en agroecosistemas tropicales. Primera edición. Editorial Tecnológica de Costa Rica, San José, Costa Rica. 223pp.
- BASF DE COSTA RICA. 2004. Guía de uso y Programa de custodia Clearfield. Disponible en [http:// www.basf-Costa Rica. com](http://www.basf-Costa Rica.com)
- CASTRO, H. 1999. Evaluación de diferentes dosis de molinate para control de arroz rojo. MAG. Documento no publicado.
- CIAT. 1985. Investigación y producción. Referencia de los cursos de capacitación sobre arroz dictados en el Centro de Agricultura Tropical. Comp. y ed. Por Eugenio Tascón y Elías García. PNUD/CIAT. Colombia. 694 p.
- CONTIN, A. 1987. Cultivo del arroz. Manual de producción. University of the Philippines. Editorial, LIMUSA. 426 p.
- CORDERO, A. 1993. Fertilización y nutrición mineral del arroz. Primera edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. 100 p.
- CORPORACIÓN ARROCERA NACIONAL. 2006. Disponible en [http:// www.conarroz.com](http://www.conarroz.com)
- CUEVAS, F. 1992. Arroz en América Latina: Mejoramiento, manejo y comercialización. Editado por CIAT e IRRI. 297 p.
- DE DATTA, S. 1986. Producción de arroz, fundamentos y prácticas. Editorial Limusa. México, DF. 690 p.

MONTEALEGRE, F. y VARGAS, J. 1991: Arroz en América Latina. Mejoramiento, manejo y comercialización. Primera edición, Editorial C.I.A.T., Cali, Colombia. pp. 127, 128, 129.

SOTO, A; y AGÜERO, R. 1992: Combate químico de malezas el cultivo del arroz. Primera edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José. 81 pp.

8. ANEXOS

Cuadro 4. Muestreo de suelo en 10 y 20 centímetros de profundidad / m² para la evaluación del banco de semillas de arroz contaminante. Ganadera los Sukias 1999 y 2006.

<i>Muestras</i>	Año 1999		Año 2006		% de reducción de semillas de arroz contaminante	Año 2006	
	Profundidad 10 cm/m ²		Profundidad 10 cm/m ²			Profundidad 20 cm/m ²	
	Semillas Arroz comercial	Semillas Arroz contaminante	Semillas Arroz comercial	Semillas Arroz contaminante		Semillas Arroz comercial	Semillas Arroz contaminante
1	208	2440	16	0	100	480	48
2	X	X	16	0		224	16
3	376	1272	176	48	96,22	160	0
4	X	X	0	0		0	0
5	656	1672	928	32	98,08	576	80
6	X	X	0	16		112	0
7	248	672	176	0	100	112	32
8	X	X	0	0		16	0
Total	1488	6056	1312	96		1680	176
Media aritmética	372	1514	187	13	99,14	240	25,14

X = no se realizó muestreo

**Cuadro 5. Variables de rendimiento y producción del periodo 1999 al periodo 2006
Finca Ganadera Los Sukias**

Periodo	t/ha	% quebrado	% impureza	Rendimiento industrial (libras)	% Humedad	Variedad
6/6 al 12/8 1999	4,6	16,75	17	108,57	18	CR-1821
1/6 al 10/8 2000	3,98	17	12	111	19	CR-1821
20/6 al 09/8 2001	3,8	13,5	14,12	110	16,51	CR-1821
21/5 al 21/8 2002	4,5	17,56	10,93	109,00	17,48	CR-1821
17/5 al 01/7 2003	5,14	17,42	7,78	106,70	19,47	CR-1821
14/5 al 23/6 2004	5,6	15,50	6,44	105,00	16,28	CR-1821
01/5 al 30/5 2005	5,65	20,44	9,06	108,80	19,28	CR-1821- fedearroz 50
21/03/ 2006	5,38	14	9,605	109,5	18,235	fedearroz 50
01/5 al 7 /5 2006	7,46	18	6,88	112,6	19,62	fedearroz 50
01/05/ 2006	8,24	29	9,52	112,9	21,82	Senumisa 3
07/08/ 2006	3,9	21	13,09	112	23,67	Senumisa 3

Cuadro 6. Comparación de la variedad CR-1821 con 0 % de impurezas y con arroz contaminante como impureza. Ganadera los Sukias, 1999.

Variables	Muestras de Granza CR 1821 sin impurezas				Muestras de Granza CR 1821 con impurezas			
	1	2	3	4	1	2	3	4
% Humedad inicial	23	19.3	20.7	22.2	23.7	22.4	23.7	29.5
% Humedad final	11.7	11.3	11.3	11.4	11.3	11.9	11.9	11.8
% Impurezas	0	0	0	0	17	11.3	13.5	26.9
% Quebrado	9.5	8	6.2	6.8	14.5	15	16	21.5
Rendimiento Industria (Lbs.)	109.5	111	110.7	110.4	110	109	109	106.3

Cuadro 7. Análisis económico del año 1999 al 2006. Ganadera los Sukias

año	<i>Rend.</i>							
	t/ha	colones/t	colón/dólar	dólares/t	ingreso \$/ha	costo \$/ha	utilidad/ha	%utilidad/ha
1999	4,6	75.453	272	277,40	1.374,82	1.104,37	270,45	24,49
2000	3,98	82.152	298,41	275,30	1.095,69	1.100,00	-4,31	-0,39
2001	3,8	79.002	318,3	248,20	943,16	1.110,00	-166,84	-15,03
2002	4,5	86.340	341,94	252,50	1.136,25	1.090,00	46,25	4,24
2003	5,14	98.439	379,05	259,70	1.334,86	1.097,44	237,42	21,63
2004	5,6	108.440	419,01	258,80	1.449,28	1.224,69	224,59	18,34
2005	5,65	135.502	459,64	294,80	1.665,62	1.230,00	435,62	35,42
2006	7,46	159.857	519	308,01	2.297,72	1.250,00	1.047,72	83,81
media	5,09	103.148,14	375,92	271,84	1.412,18	1.150,81	261,36	21,56

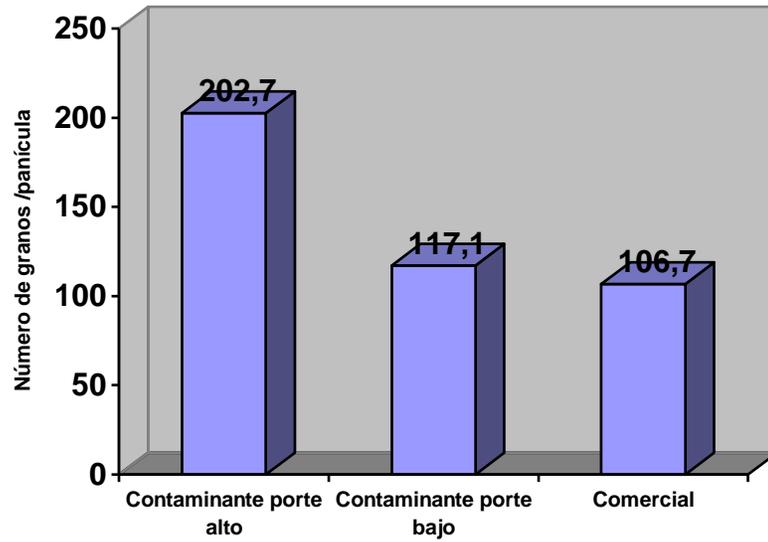


Figura 30. Número de granos/ panícula de arroz comercial CR 1821 y arroz contaminante de plantas de porte alto y porte bajo al 100 % de floración. Finca Ganadera Los Sukias. Cañas, Guanacaste.1999.

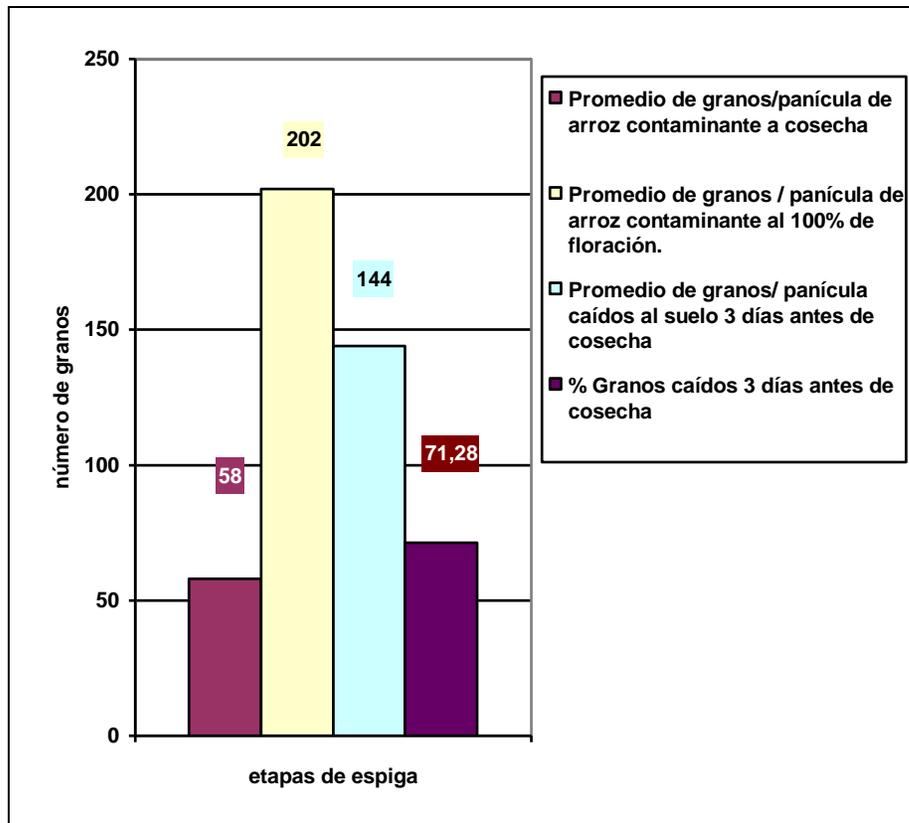


Figura 31. Número de granos/ panícula de arroz contaminante a cosecha. Finca Ganadera los Sukias, Cañas-Guanacaste 1999.



Figura 32. Muestras de arroz entero y quebrado con arroz rojo y sin arroz rojo
(Foto: Aída Ortiz Domínguez)



Figura 33. Lavado de muestra de suelo en un cedazo para separar semillas del suelo



Figura 34. Extracción de plantas de arroz contaminante. Ganadera Los Sukias.



Figura 35. Desgrane de la panícula de arroz contaminante



Figura 36. Panículas de arroz contaminante



Figura 37. Canal de riego. Senara, Guanacaste.



Figura 38. Fertilizante en suelo seco 20 días después de germinado el arroz.
Ganadera los Sukias.