

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA ACTIVIDAD ARROCERA
SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA QUE DRENA HACIA EL REFUGIO
NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MATA REDONDA, NICOYA,
GUANACASTE, COSTA RICA**

Proyecto sometido a la consideración de la Comisión de Trabajos Finales
de Graduación como requisito parcial para optar al grado de Licenciado en
Ingeniería Agronómica

José Francisco Ramos Matarrita

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San José, Costa Rica
2012

DEDICATORIA

A Dios, quien ha estado siempre conmigo en todos los momentos de mi vida y me da fortaleza.

A la memoria de mis padres.

A mi esposa Zianny y a mis hijos Mauricio, Óscar Rodolfo y María José, que me enseñaron el verdadero significado de la palabra amor y a luchar por alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento para aquellas personas e instituciones que hicieron posible esta investigación, en especial a:

Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental (CICA) de la Universidad de Costa Rica (UCR), y al Área de Conservación Tempisque del Sistema Nacional de Áreas de Conservación.

Fundación para el equilibrio entre la conservación y el desarrollo (FUNDECODES).

M.Sc. Ana Gabriela Pérez Castillo y al Ing. Agr. Ronny Barboza por su asesoramiento y guía en la elaboración de este trabajo.

Personal del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda, en forma especial a los compañeros Biol. Andrés Jiménez Solera, señores Gabino Carrillo Arias, Martín Pérez Hernández y Jacinto Carrillo Reyes, por su colaboración en el trabajo de campo.

Mis compañeros en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Cipancí por el apoyo y estímulo en todo momento.

M.Sc. Doménica Alarcón, por sus sugerencias y apoyo técnico.

A todos ellos ¡Gracias!

Este proyecto fue aceptado por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar por el grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica.



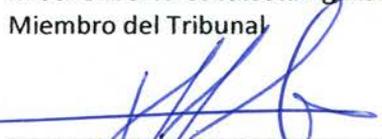
M.Sc. Ana Gabriela Pérez Castillo.
Directora de proyecto



Ing. Ronny Barboza Mora
Miembro del Tribunal



M.Sc. Gilberto Cabalceta Aguilar
Miembro del Tribunal



Ph. D. Rafael E. Salas Camacho.
Miembro del Tribunal



Ph. D. Eric Guevara Berger
Director de la Escuela de Agronomía



José Francisco Ramos Matarrita
Sustentante

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	X
RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	5
1.3 OBJETIVOS	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
2 AREA DE ESTUDIO	8
2.1 UBICACIÓN	11
2.1.1 REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MATA REDONDA.....	13
2.1.1.1 Ubicación.....	13
2.1.1.2 Dinámica Hidrológica	13
2.1.1.3 Flora y Fauna predominante	14
2.1.1.4 Ubicación geográfica de la zona de amortiguamiento de la laguna Mata Redonda.....	18
2.1.2 SECTOR SAN LÁZARO	18
3 MARCO TEÓRICO	20
3.1 CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR LA AGRICULTURA	20
3.2 REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL CULTIVO DE ARROZ.....	21
3.2.1 EL CULTIVO DE ARROZ EN COSTA RICA.....	21
3.2.2 RELACIÓN SISTEMA PRODUCTIVO-AMBIENTE.	22
3.3 CULTIVO DE ARROZ Y CALIDAD DEL AGUA	25
3.3.1 EL CULTIVO DE ARROZ COMO HUMEDAL.	26
3.3.2 SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ.	27
3.3.2.1 Buenas Prácticas Agrícolas (BPA).....	28
3.3.2.2 Análisis de Ecoeficiencia.....	29
3.4 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	31
3.4.1 INDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA)	31
3.4.2 INDICE DE CALIDAD DE AGUAS PARA LAGUNAS (ICA-L)	32

3.5 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE TOXICIDAD POR PLAGUICIDAS EN LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MODELO PESTICIDE IMPACT RATING INDEX (PIRI)	34
3.5.1 ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL PIRI	34
3.5.2 UTILIDAD DEL PIRI	35
3.5.3 ESTRUCTURA DEL PIRI	36
3.5.4 CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES	37
3.5.4.1 Carga del plaguicida	37
3.5.4.2 Transporte	37
3.5.4.3 Escorrentía	38
3.5.4.4 Erosión de suelos	38
3.5.4.5 Deriva	38
3.5.4.6 Valor del Recurso (Fuente de agua amenazada)	38
4 MATERIALES Y MÉTODOS	39
4.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA.....	39
4.2 SEGUIMIENTO A LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS UTILIZADAS	39
4.3 PLAN DE MUESTREO PARA DETERMINAR ICA-L	39
4.3.1 SITIOS DE MUESTREO.....	40
4.3.2 TOMA DE MUESTRAS	40
4.3.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES.....	42
4.3.3.1 Calidad físico química del agua.....	42
4.3.3.2 Análisis de plaguicidas	42
4.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	43
4.4.1 VARIABLES FÍSICAS	43
4.4.2 VARIABLES QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y DE MANEJO DE LOS PLAGUICIDAS	44
5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
5.1.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO	48
5.1.2 SIEMBRA	49
5.1.3 MANTENIMIENTO DEL CULTIVO	49
5.1.4 FLORACIÓN.....	50
5.1.5 COSECHA	50
5.2 IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES UTILIZADAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, SECTOR SAN LÁZARO	51
5.2.1 SISTEMA DE SIEMBRA.....	51
5.2.2 USO DE EQUIPO TERRESTRE Y HELICÓPTEROS EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS	52
5.2.3 EL MANEJO DE RESIDUOS DE COSECHA	53
5.2.4 MANEJO DE ENVASES DE PLAGUICIDAS	53
5.2.5 LAVADO DE EQUIPO DE FUMIGACIÓN	53
5.3 PRÁCTICAS NEGATIVAS.....	54
5.5 EVALUACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL SECTOR DE SAN LÁZARO	62

5.5.1 MOVILIDAD DE LOS PLAGUICIDAS SEGÚN EL PIRI.....	62
5.5.2 TOXICIDAD DE LOS PLAGUICIDAS SEGÚN EL PIRI.....	64
RECOMENDACIONES	67
LITERATURA CITADA.....	71
ANEXOS.....	76
ANEXO 1.....	77
ANEXO 2.....	78
ANEXO 3.....	79
ANEXO 4.....	85
ANEXO 5.....	92

LISTA DE CUADROS

CUADRO 3.1. ÁREA SEMBRADA DE ARROZ POR ZONAS DE PRODUCCIÓN EN COSTA RICA DURANTE LOS PERÍODOS 2005-2006 AL 2009-2010.....	22
CUADRO 3.2. PUNTAJE DEL ICA Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DEL AGUA PARA LA VIDA ACUÁTICA....	34
CUADRO 4.1. RESÚMEN DE VARIABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO APLICADOS EN EL MODELO PIRI.	45
CUADRO 4.2. AGROQUÍMICOS UTILIZADOS EN LA PLANTACION DE ARROZ DE FINCA LA CUEVA, SAN LÁZARO DE NICOYA. PERIODO 2009.	46
CUADRO 4.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CONDICIONES DE USO DE LOS AGROQUÍMICOS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE ARROZ. FINCA LA CUEVA, SAN LÁZARO, NICOYA. PERÍODO 2009...	47
CUADRO 5.1. VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS DE LAS AGUAS DE DRENAJE DEL CULTIVO DE ARROZ SECTOR SAN LÁZARO Y DEL RNVS-MR DE MAYO A NOVIEMBRE 2009.....	56
CUADRO 5.2. CALIFICACIÓN DE LAS VARIABLES FÍSICO-QUÍMICAS ASOCIADAS A SU CALIDAD PARA EL SOSTENIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD DE LAGUNAS DE INUNDACIÓN Y QUE SUSTENTAN EL CÁLCULO DEL ICA-L.	57
CUADRO 5.3 INTERACCIÓN ESTIMADA ENTRE LA MOVILIDAD Y LA TOXICIDAD DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL CULTIVO DE ARROZ EN EL SECTOR SAN LÁZARO. 2009.....	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Ganado en la laguna Mata Redonda.....	3
Figura 2.1 Unidad Biogeográfica. Humedales de la cuenca baja del río Tempisque....	9
Figura 2.2 Uso del suelo en la cuenca baja del río Tempisque.....	10
Figura 2.3. Ubicación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Laguna Mata Redonda. Fuente SIG-ACT, 2005.....	11
Figura 2.4 Imagen satelital de la Laguna Mata Redonda y su entorno. Google Earth, 2006.....	12
Figura 2.5 Precipitación Mensual Talolinga. OET, Período 1978-2008.....	13
Figura 2.6 Aves acuáticas en la laguna Mata Redonda.....	15
Figura 2.7 Zona de amortiguamiento del RNVS- MR.....	18
Figura 5.1 Preparación de suelo y siembra de arroz con labranza mínima en el sector San Lázaro.2009.....	52
Figura 5.2 Clasificación de la calidad del agua por medio del ICA-promedio (ICA-Lp), desde el vertido del arrozal hasta la salida del humedal.....	58
Figura 5.3 Variación temporal del ICA-L de la laguna Mata Redonda y del agua que drena de los arrozales del sector San Lázaro. 2009.....	60
Figura 5.4 Panorámica de la situación actual de la laguna Mata Redonda, donde se aprecia (marcada en círculo rojo) una alta presencia de vegetación acuática.....	61
Figura 5.5 Movilidad estimada de los plaguicidas en agua superficial, bajo las condiciones específicas del cultivo de Arroz en el sector San Lázaro según el modelo PIRI. 2009.....	63
Figura 5.6 Toxicidad estimada de los plaguicidas en agua superficial, bajo las condiciones específicas del cultivo de Arroz en el sector San Lázaro según el modelo PIRI. 2009.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS

ACT: Área de Conservación Tempisque

BPA: Buenas Prácticas Agrícolas

CE: Conductividad eléctrica expresada como $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

CICA: Centro de Investigaciones en Contaminación Ambiental

CONARROZ: Corporación Arrocera Nacional

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DRAT: Distrito de Riego Arenal-Tempisque

DDT: Insecticida dicloro difenil tricloroetano

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Food and Agriculture Organization)

IRET: Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas

ICA: Índice de calidad de Agua

ICA-L: Índice de calidad de agua para lagunas de inundación

ICA-Lp: Índice promedio de calidad de agua para lagunas de inundación

Koc: Coeficiente de partición de carbono

MINAET: Ministerio del Ambiente Energía y Telecomunicaciones.

OD: Oxígeno disuelto expresado en $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ o en porcentaje

OET: Organización de Estudios Tropicales.

PIRI: Pesticide Impact Rating Index

PNPV: Parque Nacional Palo Verde

RAMSAR: Tratado internacional para la protección de humedales y aves acuáticas.

RNVS-MR: Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda.

SIG: Sistema de Información Geográfica

SS: Concentración de sólidos solubles expresado en mg.L^{-1}

RESUMEN

Ramos Matarrita, José Francisco

Evaluación de la influencia de la actividad arrocera sobre la calidad del agua que drena hacia el Refugio Nacional de Vida Silvestre Laguna Mata Redonda, Nicoya, Guanacaste.

Proyecto de Graduación en Agronomía- San José C.R

J.F. Ramos M., 2012.

La influencia de la actividad arrocera desarrollada en el sector San Lázaro de Nicoya, sobre la calidad del agua que drena hacia la laguna Mata Redonda ubicada a una distancia de 350 metros de los arrozales, se evaluó mediante el análisis de la calidad físico-química del agua y la presencia de sustancias tóxicas, en el segundo semestre del 2009.

El análisis de la calidad físico-química del agua se evaluó a lo largo del período mediante el *Índice de calidad de agua para el manejo de lagunas de inundación* (ICA-L) a partir de datos de temperatura, pH, porcentaje de saturación de oxígeno, conductividad eléctrica, demanda bioquímica de oxígeno, concentración de sólidos suspendidos, de nitratos y de fósforo total. El ICA-L promedio (ICA-Lp) del agua que drenó de los arrozales por el canal principal fue de 45 y por ende, se esperaba que el agua definida como “mala” no sea apta para el sostenimiento de la biodiversidad de lagunas de inundación. El agua de este canal descarga en una zona de amortiguamiento y posteriormente a la laguna Mata Redonda. En la laguna Mata Redonda (ICA-Lp 53) y en la salida de la laguna (ICA-Lp 63) la calidad del agua se clasificó como “regular”. Lo anterior, se relaciona con el incremento en la concentración de fósforo total y de la DBO, variables cuyo puntaje de calidad también

se ve disminuido en las aguas de vertido de las plantaciones del arroz del sector San Lázaro.

El nivel de riesgo de los plaguicidas aplicados a los arrozales de la zona durante el período en estudio bajo las condiciones del sector San Lázaro para contaminar las aguas de las plantaciones de arroz y de la laguna, fue evaluado mediante el modelo Pesticide Index Rating Impact (PIRI). Los resultados del PIRI mostraron que los plaguicidas deltametrina, esfenvalerato, permetrina y butaclor, por su alta toxicidad y movilidad, son los menos apropiados de aplicar en los programas de control de plagas. En tanto que los plaguicidas imidapropid, bispiribac-Na, triazofos, glifosato, acefato, clomazone y triclopyr, resultan poco peligrosos para las aguas del arrozal y la Laguna Mata Redonda, bajo prácticas de aplicación apropiadas. Lo anterior, sugiere su inclusión en programas de Buenas Prácticas Agrícolas o de Ecoeficiencia para el cultivo de arroz del sector San Lázaro.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda (RNVS-MR) es un importante humedal palustre de la cuenca baja del río Tempisque pues mantiene una alta diversidad faunística y florística y constituye un corredor biológico para muchas especies, principalmente de aves acuáticas que migran entre los diversos hábitats que se ubican en la parte baja de la cuenca (Piedra 2005).

En la laguna Mata Redonda y en su área circundante, se llevó a cabo desde finales del siglo XIX, una fuerte actividad económica asociada a la ganadería de carne extensiva realizada por los pobladores de las comunidades de El Rosario, Puerto Humo y San Lázaro (Peter 2001). El ganado aprovecha los pastos naturales y las plantas acuáticas presentes en la laguna y en la zona pantanosa, lo que ayuda a mantener despejados los espejos de agua, necesarios para la alimentación y reproducción de las aves (Figura 1.1).



Figura 1.1 Ganado en la laguna Mata Redonda

Con el auge de la agricultura a partir de la segunda mitad del siglo XX, la actividad arrocera en el sector San Lázaro se favoreció, principalmente por la predominancia de

suelos Vertisoles, que son los más aptos para este cultivo. Inicialmente se cultivaron pequeñas parcelas destinadas al autoconsumo, pero a partir de la década de los 70's se iniciaron las siembras de grandes áreas de arroz, bajo la modalidad de secano y posteriormente, a partir de 1990, se transformó el sistema productivo a la modalidad de secano favorecido que incluye riego suplementario por inundación.

Otra parte del entorno del RNVS-MR lo constituye el Sector Talolinga. Este sector tradicionalmente se ha caracterizado porque la actividad principal había sido la ganadería de carne. Según Jiménez y González (2003) a partir del decenio 1980-1990 se introdujo el cultivo de caña de azúcar, que marcó el inicio de un proceso de degradación ecológica debido al cambio de uso de suelos, al drenaje de humedales y la construcción de muros de contención que modificaron la red hídrica que alimenta el RNVS-MR

Los pobladores de las comunidades vecinas han utilizado la laguna Mata Redonda como una fuente de alimento por medio de la pesca y la cacería de algunas aves acuáticas. Estos usos consuntivos en la laguna actualmente están prohibidos, pero que bajo ciertas pautas de manejo podrían volver a ser utilizados por los pobladores.

La necesidad de protección de dicha zona hizo que el Gobierno de Costa Rica incluyera en 1991, los humedales de la cuenca baja del río Tempisque en la *Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional*, conocida como Convención de RAMSAR por ser firmada en ese lugar. Posteriormente, para el año 1993, el MIRENEN solicitó formalmente la inclusión de estos humedales en el Registro Montreux debido a la necesidad de una atención urgente para garantizar su conservación (La Convención sobre los Humedales 1998).

El 7 de enero de 1994 se publica el Decreto 22764-MIRENEM, donde la laguna Mata Redonda pasa a ser Patrimonio Natural del Estado en la categoría de Refugio Nacional de Vida Silvestre bajo la administración del Área de Conservación Tempisque (ACT) del

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), Ministerio del Ambiente y Energía y Telecomunicaciones (MINA)

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

Los humedales de la cuenca baja del río Tempisque, según UICN/ORMA (2002) citado por Pérez (2004) están expuestos a las siguientes amenazas:

- El deterioro de la cuenca alta del río Tempisque que drena hacia los humedales, con lo que se pueden producir altas concentraciones de sólidos en suspensión.
- La construcción de represas y canales que modifican los patrones naturales de circulación de agua y carga de sedimentos.
- El vertido de contaminantes orgánicos y plaguicidas por parte de las agroindustrias ubicadas en la cuenca media del río Tempisque.
- La extracción de grandes volúmenes de agua durante la época seca para riego agrícola y uso agroindustrial.
- La tala de manglares para obtención de leña y otros usos domésticos.
- El desarrollo de proyectos de piscicultura con altas descargas de nutrimentos.
- El aumento desordenado de la actividad turística.
- La caza ilegal y la sobre explotación de especies silvestres.
- Los incendios forestales.
- El desarrollo de megaproyectos turísticos.

Una amenaza particular de los humedales en la cuenca media y baja del Tempisque es el cultivo del arroz. Jiménez y González (2001) reportan la desaparición del 70 % de los humedales en la cuenca del río Tempisque producto de la actividad agropecuaria, principalmente por la siembra del cultivo de arroz.

Debido a los requerimientos del cultivo en cuanto a suelos, la mayoría del área de siembra está ubicada en suelos Vertisoles que se caracterizan por su alto contenido de arcillas 2:1 (montmorillonita principalmente) y su alta capacidad de retención de

humedad. La mayor parte de estos suelos, en su condición original fueron humedales que sufrieron por parte de los productores, transformaciones paulatinas para brindar las condiciones técnicas requeridas por el cultivo, como por ejemplo, drenajes, construcción de terrazas y muros de contención de humedad entre otras.

En el Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT) ubicado en la cuenca media del río Tempisque, se cultiva un promedio de 12 500 hectáreas de arroz inundado. Este proyecto colinda y vierte las aguas servidas del cultivo de arroz a los humedales del Parque Nacional Palo Verde y al río Tempisque. Estudios de Rizo Patrón (2003) y Pérez (2004) han demostrado la presencia de plaguicidas, grasas, aceites y otros contaminantes en las aguas drenadas y vertidas a estos humedales.

De igual forma, el RNVS-MR, ubicado en la cuenca baja del río Tempisque y su espejo de agua denominado laguna Mata Redonda, colinda con cultivos de arroz, ubicados a 550 metros de la laguna y los drenajes del cultivo vierten hacia ella.

Sin embargo, no se han realizado investigaciones en que se haya evaluado el impacto ambiental de la actividad arrocera sobre el RNVS-MR. El balance hídrico de la laguna, la determinación de la calidad del agua y el seguimiento periódico del estado de la biodiversidad, son aspectos relevantes y que se encuentran pendientes, para establecer una política de conservación basada en criterios científicos y amparados en la legislación ambiental vigente.

Dentro de estas variables es prioritaria la determinación de la calidad del agua. Los cultivos de arroz se ubican a una distancia relativamente corta de la laguna y las aplicaciones de plaguicidas en este cultivo conllevan un riesgo de contaminación implícito, si estos contaminantes ingresan a la laguna por diferentes medios. Lo anterior, podría ocasionar eventualmente repercusiones ambientales como muerte de peces, de aves acuáticas y otros organismos, y consecuencias políticas impredecibles por estar bajo protección de un tratado internacional.

La evaluación de la calidad del agua, permitiría elaborar estrategias preventivas de conservación antes que un episodio de contaminación severa ocurra. Además, determinar el grado de movilidad y toxicidad de los plaguicidas utilizados en la temporada agrícola, ayudaría en las próximas siembras a la selección adecuada de estos productos, como parte de un programa de Buenas Prácticas Agrícolas o de Ecoeficiencia en el cultivo de arroz del sector San Lázaro.

Los resultados de este proyecto serán un insumo en el diseño del Plan de Manejo del RNVS-MR que tiene como uno de sus objetivos, mitigar las repercusiones ambientales de las actividades agropecuarias desarrolladas en su entorno, por medio de una gestión integrada fundamentada en criterios científicos, considerando un enfoque ecosistémico y la participación dentro del plan estratégico de la Comisión para la Gestión Integral de la cuenca del río Tempisque.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el manejo del cultivo del arroz del Sector San Lázaro y su influencia en el caudal y la calidad de las aguas que drenan hacia el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda, durante el ciclo agrícola del arroz del segundo semestre del 2009.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir la tecnología y las prácticas agronómicas utilizadas en el cultivo de arroz del sector San Lázaro.

Determinar si el agua del RNVS- MR es apropiada para el sostenimiento de biodiversidad y el desarrollo de la vida acuática por medio del Índice de Calidad de Agua para Lagunas (ICA-L).

Evaluar el riesgo potencial de contaminación de los agroquímicos utilizados en las plantaciones de arroz del Sector San Lázaro en la temporada agrícola del 2009, mediante el modelo “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI).

Identificar prácticas agronómicas para el cultivo de arroz del sector San Lázaro que conduzcan a la prevención de las repercusiones ambientales de este cultivo en el RNVS-MR.

2 AREA DE ESTUDIO

La Laguna Mata Redonda es parte de la unidad biogeográfica que comprenden los humedales del Parque Nacional Palo Verde, Humedal Corral de Piedra, los Humedales Las Delicias, La Bolsa y Humedal La Jacinta. Estos humedales, se caracterizan por la relativa cercanía entre ellos y porque el proceso de secamiento natural conforme avanza la época seca se realiza en una forma diferenciada. Esta situación permite un balance en la disponibilidad de alimento durante la época seca entre los diferentes humedales, que condiciona la migración de las aves entre un humedal y el otro, de acuerdo a la disponibilidad del alimento.

La interrelación entre los humedales implica que cualquier daño que afecte en alguna medida la salud ambiental de alguno de esos humedales, repercute directamente en la unidad biogeográfica como un todo (Figura 2.1).

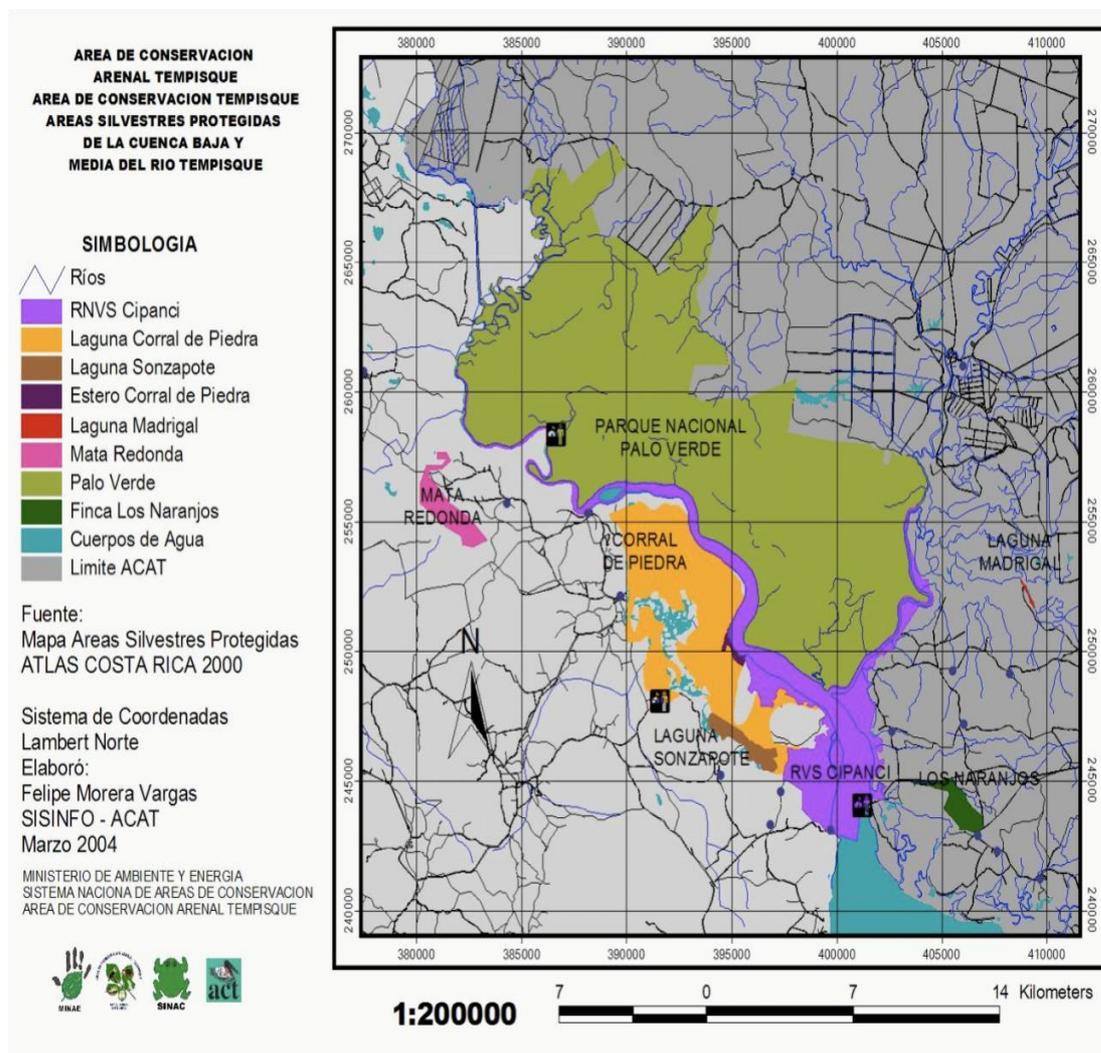
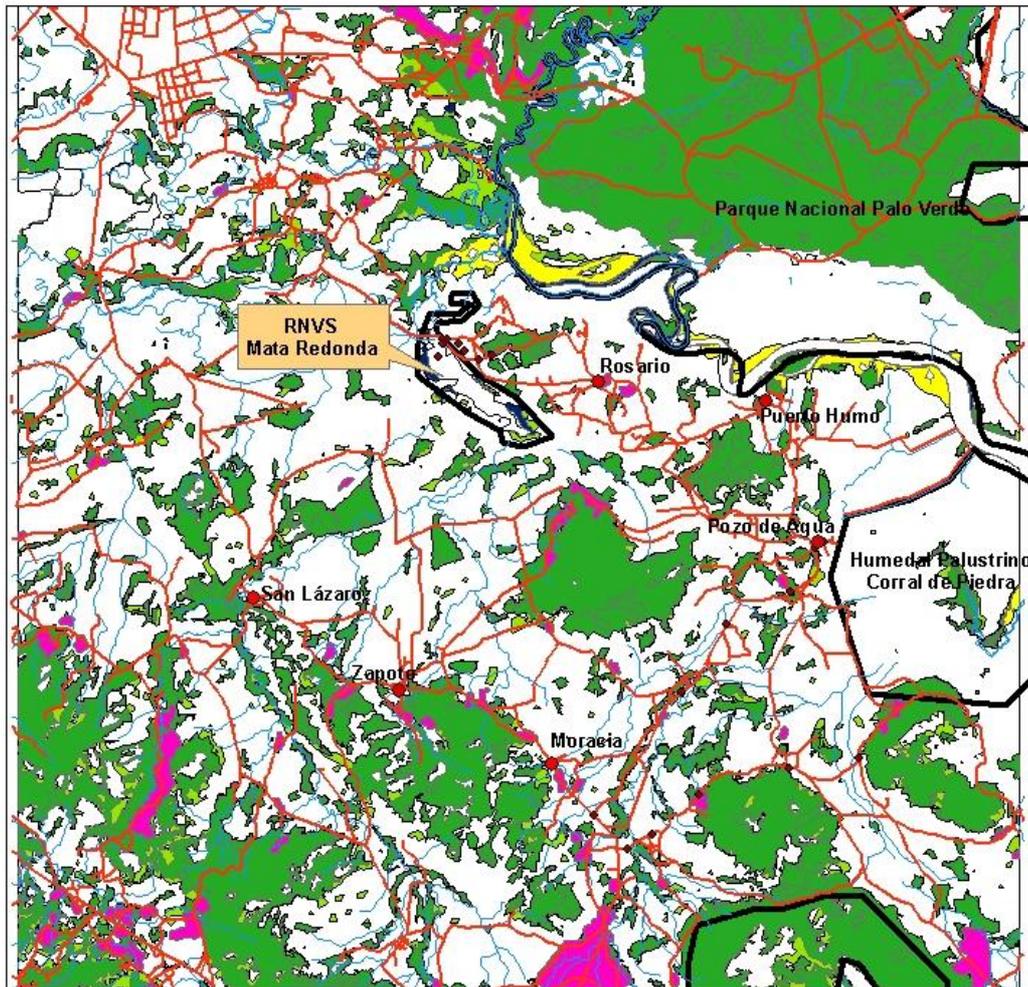


Figura 2.1 Unidad biogeográfica. Humedales de la cuenca baja del río Tempisque

En la Figura 2.2 se observa la fragmentación del hábitat en la cuenca baja del río Tempisque como resultado de los cambios en el uso de la tierra, principalmente debido al incremento a través de los años de las actividades agropecuarias. Las repercusiones de estas actividades afectan la salud ambiental de la unidad biogeográfica que constituyen los humedales de la cuenca baja del río Tempisque.



Mapa de Uso Actual de la Tierra,
en los alrededores del
RNVS Mata Redonda
Guanacaste

Elaboró:
Marjorie Marchena Bustos
Fidel Vargas Vargas



Figura 2.2 Uso del suelo en la cuenca baja del río Tempisque

2.1 UBICACIÓN

El área de estudio corresponde al RNVS-MR y el sector de San Lázaro. Se ubica en el cantón de Nicoya, provincia de Guanacaste y forma parte de la cuenca baja del río Tempisque (Figura 2.3).

Las comunidades con influencia en el área de estudio son: San Lázaro, Talolinga, Rosario y Puerto Humo. En estas comunidades se desarrollan actividades agropecuarias y son beneficiarios directos de los diferentes usos consuntivos que brinda la laguna Mata Redonda.

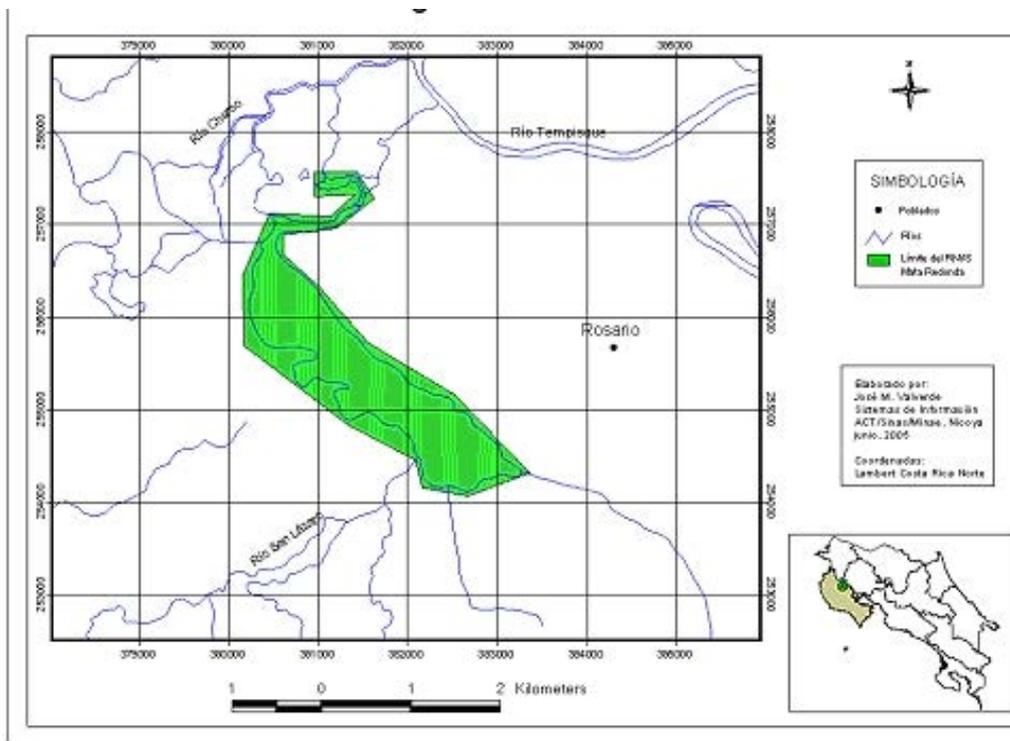


Figura 2.3. Ubicación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Laguna Mata Redonda. Fuente SIG-ACT, 2005.

La Figura 2.4 muestra las áreas de siembra del cultivo de arroz en el sector San Lázaro. Se observa la infraestructura de riego asociada al cultivo y la cercanía con la laguna Mata Redonda. En el sector Talolinga se observan los cultivos de caña de azúcar y

fincas ganaderas. La medición por medio de SIG de la línea más cercana entre la laguna y el arrozal fue de 350 m.

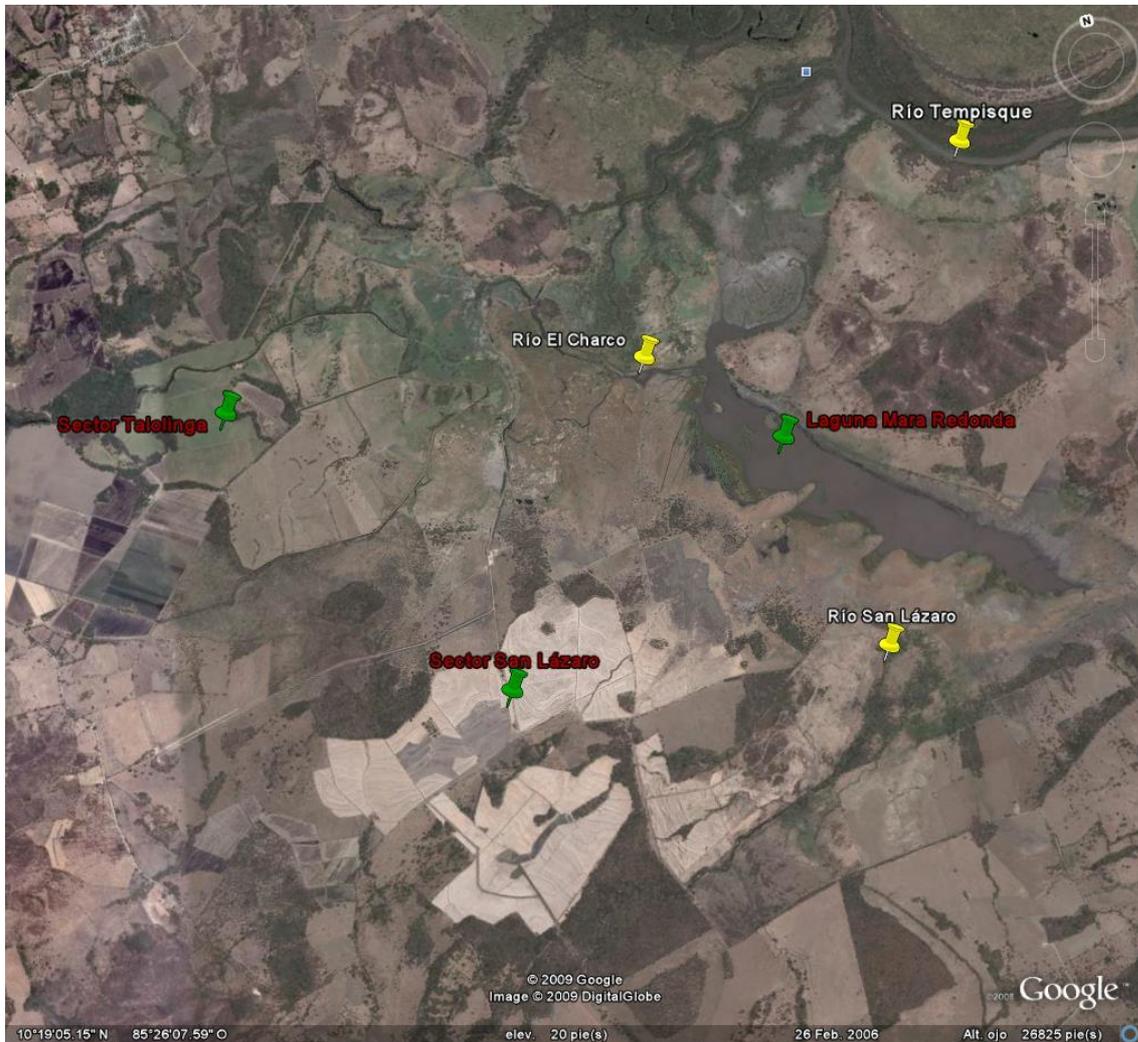


Figura 2.4 Imagen satelital de la Laguna Mata Redonda y su entorno. Google Earth, 2006.

Esta área se caracteriza por tener un período lluvioso entre los meses de mayo y noviembre y un período seco entre diciembre y abril. En la época lluviosa, los períodos comprendidos entre el 15 y el 30 de junio y del 15 de julio y el 15 de agosto, normalmente disminuyen las lluvias, fenómenos conocidos como el veranillo de San Juan y la Canícula, respectivamente (Figura 2.5)

La temperatura en esta área oscila entre 25,5 °C y 28,3 °C, mientras que la precipitación media anual es de 1814 mm, según los registros de la Estación Biológica de la Organización de Estudios Tropicales – OET. (OET, 2009)

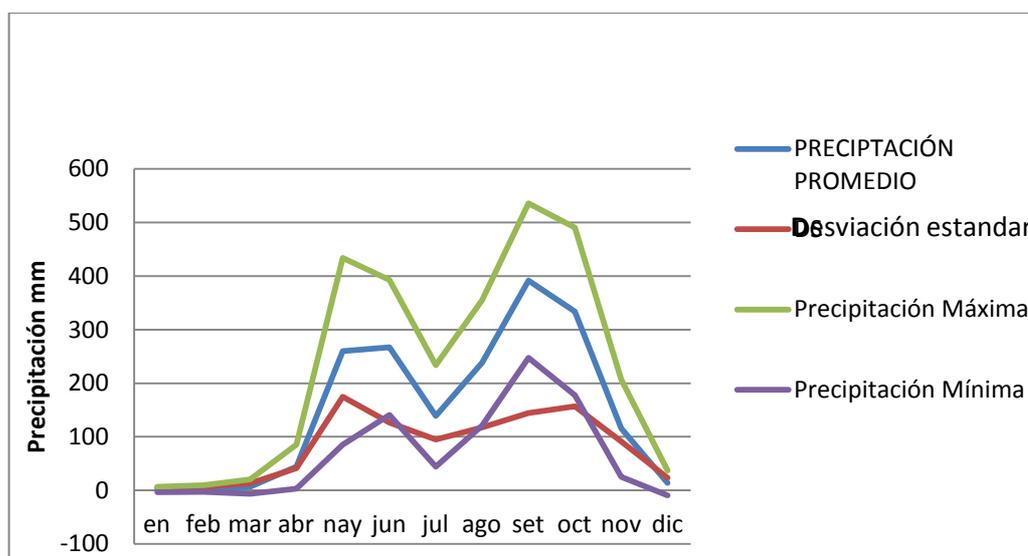


Figura 2.5 Precipitación Mensual Talolinga. OET, Período 1978-2008

2.1.1 REFUGIO NACIONAL DE VIDA SILVESTRE MATA REDONDA

2.1.1.1 UBICACIÓN

El RNVS-MR está ubicado en la cuenca baja y en la margen derecha a lo largo el curso del río Tempisque, entre la desembocadura del río El Charco y la comunidad de Rosario. Se encuentra entre las coordenadas geográficas 10° 19' 05" latitud norte y 85° 24' 40" latitud oeste y pertenece al Distrito de San Antonio, Cantón Nicoya, Provincia de Guanacaste (Figura 2.4).

2.1.1.2 DINÁMICA HIDROLÓGICA

El RNVS-MR lo constituye una depresión orográfica formada por áreas pantanosas y un espejo de agua de aproximadamente 375 ha, que varía según la época del año.

El Refugio es abastecido por el río Charco y el río San Lázaro y por riachuelos secundarios que aportan su caudal en la época lluviosa. La laguna drena al río Charco aguas abajo, y a través de éste, desemboca en el río Tempisque. Como se expuso con anterioridad, cuando existe influencia mareal en el Tempisque, la dirección de las aguas se revierte y pasan del río Tempisque al río Charco y de éste, a la laguna Mata Redonda a través de los canales de drenaje.

De esta dinámica hidrológica dependen las condiciones ecológicas y la biodiversidad de la cuenca baja del río Tempisque. Por ejemplo, en el proceso de abastecimiento de agua y secamiento de la laguna, la influencia indirecta de la marea es responsable del aporte de agua durante la época seca, especialmente en marzo cuando ocurren los niveles más altos de las mareas durante el año. En esta época, el agua y el alimento de las aves acuáticas y otros organismos asociados a la laguna empieza a disminuir. Sin embargo, gracias al agua retenida por las mareas se introduce el alimento para el sostenimiento de la biodiversidad, hasta que llega nuevamente el período lluvioso.

2.1.1.3 FLORA Y FAUNA PREDOMINANTE

La laguna de Mata Redonda es uno de los humedales más importantes de América Central para las poblaciones de aves acuáticas nidificantes de América del Norte, por ejemplo pato calvo (*Anas americana*), pato rabudo (*Anas acuta*), cerceta aliazul (*Anas discors*) y pato cuchara (*Anas clypeata*); y para especies de aves residentes, como jabirú o galán sin ventura (*Jabiru mycteria*), piche (*Dendrocygna autumnalis*) y pato aliblanca (*Cairina moschata*) (La Convención sobre los Humedales RAMSAR 1998).



Figura 2.6 Aves acuáticas en la laguna Mata Redonda (Foto Andrés Jiménez)

Villarreal (2006) expone en su estudio que en la laguna Mata Redonda la comunidad de aves (Anexo 1) está compuesta por un 45% de especies migratorias, es decir, tiene como característica de particular importancia el albergar aves migratorias que se reproducen en Norteamérica y especies residentes en proporciones similares.

Según Piedra (2005), existe poca información sobre la diversidad biológica en aguas continentales de Costa Rica, incluyendo la comunidad íctica, las condiciones ambientales actuales hacen suponer que muchas de las especies de peces de estos cuerpos de agua se encuentran amenazadas y podría estarse dando un aumento en la cantidad de posibles extinciones a nivel local. En el inventario de especies ícticas realizadas por esta autora en la laguna Mata Redonda se encontraron las especies reportadas en el Anexo 2.

Piedra (2005) observó la presencia de especies introducidas principalmente tilapia (*Oreochromis nilotica*), olomina (*Poecilia latipinna*) y carpa (*Cyprinus carpio*) y una relación entre el volumen de agua presente en la laguna y la abundancia de esas tres especies. El estudio, determinó una alta diversidad en la comunidad de peces de la Laguna Mata Redonda que alberga, tanto especies de agua dulce como especies de agua salobre. Esta población se puede caracterizar como intermedia entre los ecosistemas de agua dulce y agua salada, que actúa como puente o área de flujo entre ambos.

La presencia de robalito (*Centropomus robalito*), muestra el valor de este humedal como área de reproducción y criadero para las especies de importancia comercial. Estos peces migran desde aguas saladas para aprovechar los cuerpos intermedios entre los sistemas acuáticos terrestres y los marinos, con el fin de completar el ciclo reproductivo y ofrecerle la seguridad de las aguas lénticas a sus descendientes, mientras alcanzan el tamaño adecuado para enfrentarse al hábitat marino.

Es probable que no sólo peces estén empleando el humedal para reproducirse, ya que en el citado estudio (Piedra 2005) se encontraron camarones (*Penaeus sp*) durante los muestreos realizados.

En cuanto a la flora presente en la Laguna Mata Redonda, Umaña (2007) determina que entre los árboles que bordean el humedal se encuentra gran cantidad de papaturro (*Coccoloba caracasana*), matapalo (*Ficus spp.*), minchigüiste (*Pithecelobium dulce*), cenízaro (*Samanea saaman*), gallinazo (*Albizia niopoides*), ceiba (*Ceiba pentandra*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), carao o sandal (*Cacia grandis*), madero negro (*Gliricidia sepium*) y guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), principalmente. Además, en los inventarios que realizaron Villarreal (1997) y Chavarría et al. (2001) reportaron que entre las especies arbustivas se destacaban pequeños rodales de cornizuelo (*Acacia spp.*) e importantes crecimientos de zarza (*Mimosa pigra*).

Las especies de vegetación acuática que destacan en el Refugio, según Villarreal (1997) y Crow (2002) son los lirios de agua (*Eichhornia spp.*), poro dormilón (*Neptunia natans*), gamalote (*Paspalidium geminatum*), mata sapo (*Ipomoea carnea*), *Echinodorus paniculatus*, además de grandes extensiones de ciperáceas (*Cyperus spp.* y *Eleocharis spp.*) y de platanillas (*Thalia geniculata*), entre otras. La vegetación menor y flotante más utilizada por las aves acuáticas, según estos autores, correspondió a plantas de las familias Ciperaceae (*Eleocharis spp.*), Poaceae, Marsileaceae (*Marsilea sp*), Mimosaceae (*Mimosa pigra* y *Neptunia natans*), también las áreas con crecimientos de Tifa o Enea (*Typha dominguensis*), Matasapo (*Ipomoea carneae*), Platanillas (*Thalia geniculata*), flores de loto (*Nymphaea spp*), Lirios de Agua (*Eichhornia crassipes*) y en menor cantidad partes inundadas con crecimientos de Lemnaceae y Araceae.

Corrales (2006) registró la presencia de moluscos como el caracol manzana (*Pomacea flagelata*) y un bivalvo endémico identificado como *Nephronais tempiquensis*. Además de estos especímenes, Umaña (2007) identificó mamíferos y reptiles que dependen de los recursos y condiciones de hábitat en este humedal, como por ejemplo el zorrillo hediondo (*Spilogale putorius*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), mono congo (*Alouatta palliata*), ardilla común (*Sciurus variegatoides*), mapache (*Procion lotor*), coyote (*Canis latrans*), cocodrilo (*Crocodylus acutus*), garrobos (*Ctenosaura similis*), chisbala (*Cnemidophorus deppi*), lagartija (*Sceloporus spp*), boa (*Boa constrictor*), cascabel (*Crotalus durisus*) y tortuga (*Kinosternon scorpioides*).

Cualquier perturbación en este sitio afectaría en similares proporciones a la avifauna residente y migratoria y a la comunidad acuática. Sin embargo, hasta el momento, no existen registros de muerte de peces y aves acuáticas en la laguna Mata Redonda producto de la actividad arrocera en el sector San Lázaro, aunque no dejan de existir factores de riesgo para peces, aves acuáticas y otros organismos asociados a la laguna.

2.1.1.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE AMORTIGUAMIENTO DE LA LAGUNA MATA REDONDA.

La zona de amortiguamiento es la región más cercana de un área protegida y donde las actividades desarrolladas para diferentes objetivos a su alrededor influyen directamente sus ecosistemas. Según la Figura 2.7 el RNVS-MR comprende 371,9 ha, mientras que el área de amortiguamiento es de 2402,5 ha. Como se puede observar, los cultivos de arroz en el sector San Lázaro, están inmersos dentro de la zona de amortiguamiento propuesta por el Área de Conservación Tempisque, SINAC, MINAET.

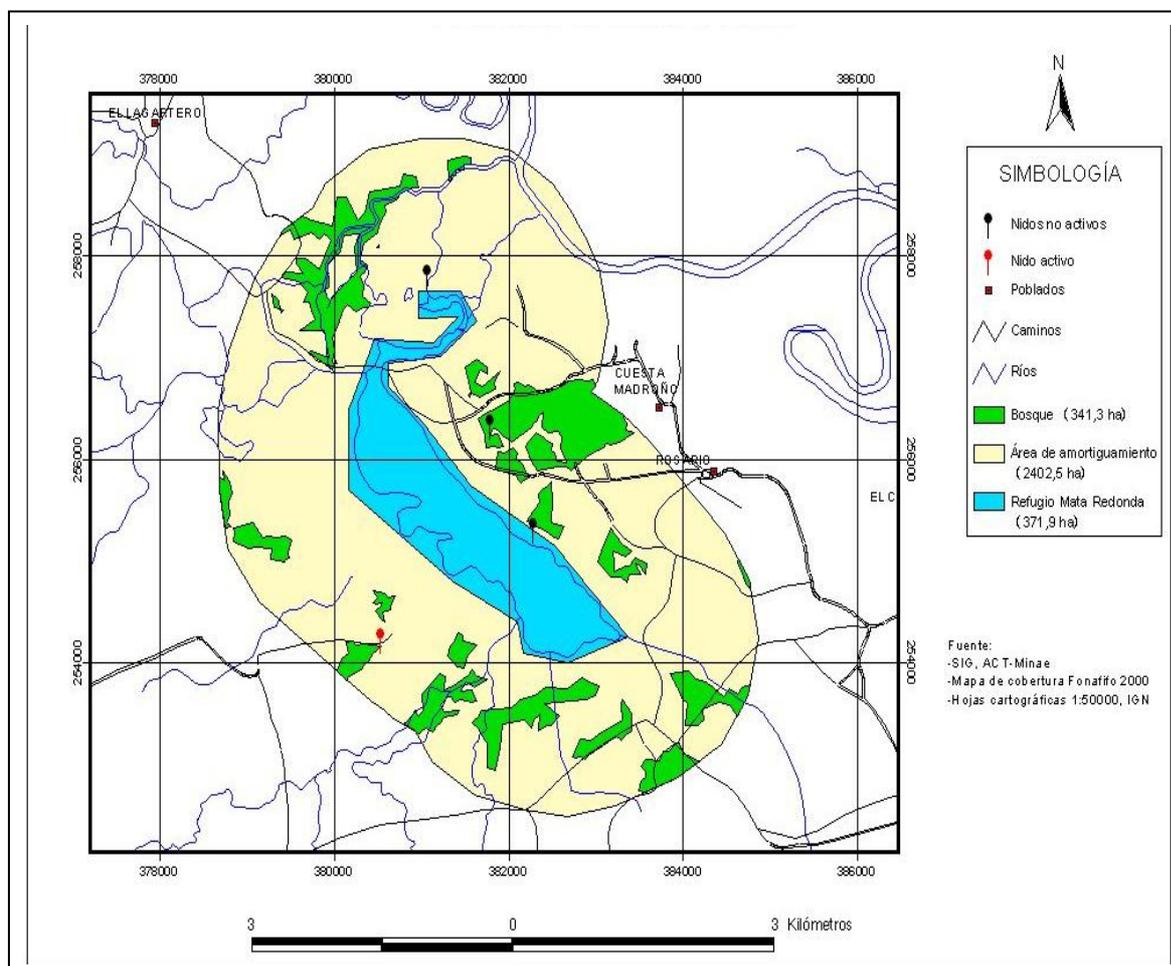


Figura 2.7 Zona de amortiguamiento del RNVS- MR

2.1.2 SECTOR SAN LÁZARO

El sector San Lázaro está ubicado al suroeste del RNVS-MR e incluye la comunidad de San Lázaro y las fincas circunvecinas. Las actividades económicas más importantes son

la ganadería de carne, el cultivo de caña de azúcar, el cultivo de arroz y la agricultura de subsistencia de maíz y frijol en pequeña escala.

La totalidad del cultivo de arroz entorno de la laguna Mata Redonda se encuentra en el sector de San Lázaro e incluye las fincas Los Montecillos con 650 ha y La Cueva con 500 ha. Ambas haciendas tienen un potencial de cultivo de 1150 ha. Sin embargo, en el período 2009, el área sembrada se limitó a 350 ha.

En la finca Los Montecillos la distancia más corta que separa el cultivo de arroz de la laguna Mata Redonda es de 350 m. En la finca La Cueva esta distancia es de 550 m. Ambas se caracterizan por: ser terrenos pantanosos donde el nivel freático es mínimo, estar pobladas de plantas acuáticas, algunas plantas leñosas y pastos naturales y secarse rápidamente al iniciar la época seca.

Las dos fincas son atravesadas por el río San Lázaro, el cual acumula un caudal de $2,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ durante la época lluviosa y disminuye hasta casi desaparecer en la época seca. La condición anterior permite dos cosechas al año en los años lluviosos, cuando el río San Lázaro logra acumular suficiente agua para suplir las necesidades hídricas al cultivo de arroz. En los años secos solo es posible una cosecha, que depende mayoritariamente de la precipitación de la época lluviosa y del riego suplementario para reducir el déficit hídrico.¹

¹ Delgado, Víctor. 2009. Épocas de siembra de arroz en Finca La Cueva. (Comunicación personal). San Lázaro, Nicoya, Guanacaste, C.R

3 MARCO TEÓRICO

3.1 CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO POR LA AGRICULTURA

La agricultura, es el mayor usuario de agua dulce a escala mundial y el principal factor de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos a raíz de la erosión y de la escorrentía química, lo que justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua (FAO 1993).

La necesidad acuciante de producir alimentos en cantidad suficiente ha repercutido en las prácticas agrícolas de todo el mundo. En muchos países, esta presión ha originado una expansión, normalmente asociada a la agricultura de subsistencia, hacia tierras marginales. En otros, la necesidad de alimentos ha llevado al aumento del riego y a una utilización cada vez mayor de fertilizantes y plaguicidas con el fin de lograr y mantener rendimientos superiores. (FAO 1997).

Desde los años setenta se ha observado una preocupación creciente por el aumento de los residuos de nitrógeno, fósforo y plaguicidas en las aguas superficiales y subterráneas. La intensificación de los cultivos y las actividades ganaderas, hacen del sector agropecuario un factor de contaminación no localizado en las aguas superficiales y subterráneas. En una comparación entre las fuentes de contaminación de origen doméstico, industrial y agrícola en la zona costera de los países mediterráneos, el Programa de Fomento de la Producción Agrícola Sostenible del 2009 comprobó que la agricultura era la principal fuente de compuestos de fósforo y sedimentos (FAO 1997).

3.2 REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL CULTIVO DE ARROZ

3.2.1 EL CULTIVO DE ARROZ EN COSTA RICA

El cultivo de arroz en Costa Rica es uno de los cultivos tradicionales. En el año 2009 la producción nacional fue insuficiente para cubrir el consumo per cápita de 50,98 kg y por ese motivo se importaron de 123 885 toneladas métricas de arroz en granza (CONARROZ 2009).

El área de siembra durante el período 2005-2009 experimentó ligeras variaciones, obedeciendo principalmente a condiciones de mercado (Cuadro 3.1). La Región Chorotega representó 35% del área de siembra del país con los cantones Bagaces, Liberia y Cañas a la cabeza (Conarroz 2009). En esos cantones esta actividad es favorecida por el Distrito de Riego Arenal Tempisque.

Cuadro 3. 1. Área sembrada de arroz (ha) en la región Chorotega y total nacional durante los períodos 2005-2006 al 2009-2010.

2005/2006	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010
23.012.28	18.304.2	19.829.32	19.588.50	23.009.73
Abangares				
254.00	381.00	563.00	415.00	195.00
Bagaces				
9.162.05	9.862.9	7.041.00	6.563.01	7.025.25
Cañas				
3.025.54	1.391.49	1.332.90	1.676.89	2.503.88
Carrillo				
1.029.50	895.55	274.50	1.676.89	2503.88
La Cruz				
125.00	130.00	195.00	0.00	267.00
Liberia				
5.535.32	3.004.54	6.783.39	5.191.55	8.793.34
Nandayure				
2.409.92	1683.70	2092.80	2316.40	854.90
Nicoya				
571.75	457.80	425.00	1759.00	717.39
Santa Cruz				
899.2	497.80	425.00	1759.00	717.39
TOTAL NACIONAL				
54.092.82	47.251.68	54.052.56.	63.329.90	66.415.29

Fuente: CONARROZ, 2011.

3.2.2 RELACIÓN SISTEMA PRODUCTIVO-AMBIENTE.

El cultivo de arroz en Costa Rica se siembra bajo tres modalidades a saber: seco, seco favorecido e inundado. Durante el año agrícola 2009-2010, 28,3 % del área total sembrada en Costa Rica fue efectuada bajo la modalidad de inundado y seco favorecido. (CONARROZ 2009).

Cada una de estas modalidades tiene diferentes repercusiones ambientales, dependiendo de factores como el tipo de suelo donde se desarrolla el cultivo, la infraestructura utilizada, el manejo del agua y los insumos aplicados (Tinoco y Acuña 2008).

En secano, las siembras se realizan al inicio de la época lluviosa, preferiblemente en suelos con alta capacidad de retención de humedad como los vertisoles, y depende sólo del régimen de lluvias para satisfacer los requerimientos hídricos del cultivo. Comúnmente, este sistema no mantiene una lámina de agua permanente y no requiere de la nivelación de los terrenos.

Sus rendimientos son bajos en años con poca lluvia o mal distribuida según los requerimientos del cultivo y sus repercusiones ambientales se deben al cambio de uso del suelo al sustituirse los humedales por el cultivo del arroz (Jiménez y González 2003). Además, es frecuente el uso de avionetas para la aplicación de plaguicidas que provocan la dispersión de los productos (deriva) hacia otras áreas fuera del arrozal (Tinoco y Acuña 2008).

La modalidad de secano favorecido consiste en la siembra del arroz al inicio de la temporada de lluvias y cuando existe un déficit hídrico por falta de lluvia o una mala distribución con relación al ciclo del cultivo, se suple mediante riego complementario. Esto último requiere de una fuente de agua adicional como un río, que mediante obras de distribución y conducción del agua se traslade hasta el arrozal. El campo de cultivo previamente se nivela y se construyen terrazas para la retención del agua (Tinoco y Acuña 2008).

Al crecer el arroz con una lámina de agua, el humedal natural es sustituido y se transforma en un humedal artificial que posibilita la presencia de aves acuáticas durante todo el ciclo de cultivo (Hurtado 2004).

Las repercusiones ambientales negativas de este sistema se originan por: el cambio de uso del suelo, la utilización de plaguicidas tóxicos y móviles, la forma de aplicarlos

cuando se utiliza aspersión aérea, y el arrastre de contaminantes y sólidos suspendidos por los drenajes que en la mayoría de los casos contaminan aguas superficiales (Rizo-Patrón 2003).

La siembra del arroz con riego por inundación consiste en mantener una lámina permanente de agua en el arrozal que es suplida a través de una fuente con un alto caudal. Requiere de infraestructura para riego e incluye inversiones como la construcción de canales de conducción y distribución del agua desde la fuente de agua hasta el arrozal, el nivelado del terreno, la construcción de un sistema de terrazas y el fangueo como preparación de la cama de siembra. Se utilizan variedades de alta producción que exigen altos volúmenes de insumos para el logro de una buena productividad. Con esta modalidad de siembra se obtienen dos cosechas al año. (Tinoco y Acuña 2009).

Las repercusiones ambientales de esta modalidad de siembra empiezan con el fangueo. El volteo del suelo húmedo por medio de maquinaria especializada para esa labor, provoca la exposición de una diversidad de organismos que son utilizados por las aves acuáticas como alimento. Además, la lámina de agua permanente en las terrazas garantiza la presencia de estas aves durante todo el ciclo agrícola (Hurtado 2004).

El arroz cultivado bajo la modalidad de inundación requiere de grandes volúmenes de agua para mantener la lámina de riego durante el ciclo de cultivo, lo que puede afectar en muchos casos el caudal ambiental (Jiménez y González 2003). De la misma forma, la cantidad de agua drenada de los arrozales antes de la cosecha es también alta y algunas veces es vertida a fuentes de agua superficiales como ríos y humedales (Pérez 2004).

3.3 CULTIVO DE ARROZ Y CALIDAD DEL AGUA

El cultivo de arroz, además del agua de riego, requiere de la utilización de insumos como fertilizantes y plaguicidas para obtener una buena productividad. Cuando el agua que contienen las terrazas es drenada a otras fuentes de agua superficial, generalmente arrastran residuos de los fertilizantes y plaguicidas aplicados (Pérez 2004).

Rodríguez (1996b) citado por Pérez (2004), detectó en el área de influencia del DRAT, la presencia de clorpirifos en una concentración de $0,1 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$. En cuanto al DDT y sus metabolitos, este último superó los $0,003 \mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ señalados como el límite máximo para proteger o preservar la vida acuática. También encontró variaciones significativas de la calidad de las aguas que experimentaron la influencia del proyecto de riego Bagatzí, los valores del ICA en el seguimiento mensual van de buenas a regulares, situación donde se tienen bastantes restricciones para el desarrollo de una alta biodiversidad. De igual forma analizó y comparó las aguas que ingresaban al proyecto y las aguas evacuadas. En algunas ocasiones la calidad del agua era similar al entrar y salir del proyecto, pero en otras, las aguas se vertieron cargadas de vegetales, sólidos suspendidos y restos de fertilizantes. Las especies químicas que contribuyeron en mayor proporción al deterioro de la calidad del agua fueron potasio, fosfatos y cloruros.

Investigaciones de Rizo-Patrón (2003), en la Quebrada la Mula y en el canal principal del DRAT informaron de la presencia de dimetoato y diazinon en 44% y 28 %, respectivamente, de las muestras analizadas. También detectó estos plaguicidas en el humedal La Bocana del Parque Nacional Palo Verde (PNPV) aunque en niveles inferiores al límite de cuantificación. Sin embargo, según Damstra et al. (2002), citado por Pérez (2004), los nuevos conocimientos sobre los distorsionadores endocrinos, por ser contaminantes que producen secuelas a concentraciones extremadamente bajas, no permiten asegurar que no se existan efectos sobre la vida acuática, si los máximos permitidos se cumplen.

Pérez (2010) determinó la calidad del agua del Sector de Riego de Tamarindo perteneciente al DRAT y si esas aguas provenientes de las plantaciones de arroz y vertidas en los canales de drenaje, reunían las condiciones adecuadas para ser usadas en el manejo de humedales en el PNPV. Los resultados mostraron que el agua de regadío de Tamarindo que ingresó por la Bocana, se ubicaba en el límite superior de la clasificación del agua como regular para el manejo de lagunas de inundación por las descargas de sales y fertilizantes que incidieron en la concentración de fósforo total, la acidez y la conductividad. Clasificación concordante con el desequilibrio observado en el crecimiento de algas y vegetación acuática, que podría asociarse a una posible reducción en la biodiversidad de los organismos acuáticos. Además, en el estudio de Pérez (2004) las aguas que llegaban al puente Chilo Campo y al humedal la Bocana, mostraron una contaminación persistente de grasas, aceites y una contaminación puntual con Zinc, que inhibía su uso para el manejo de estos humedales.

Por otra parte, el estudio de Pérez (2004) demuestra el efecto benéfico que ejerce la zona de amortiguamiento, particularmente, al adsorber los sólidos suspendidos, el fósforo total y los nitratos, más no suficiente para controlar la influencia del regadío.

En lo que respecta al RNVS-MR y el sector San Lázaro, no se han realizado investigaciones que determinen la incidencia de la actividad agropecuaria en la calidad de las aguas superficiales para el sostenimiento de la biodiversidad.

3.3.1 EL CULTIVO DE ARROZ COMO HUMEDAL.

Muchos humedales naturales han sido modificados o drenados en su totalidad para darle otros usos al espacio donde estos se encontraban. Las aves acuáticas se han adaptado a las nuevas condiciones utilizando humedales artificiales creados por el hombre como son los arrozales, los cuales se ha probado tienen una equivalencia funcional similar a los humedales naturales. En este sentido, los arrozales inundados, en forma complementaria o en lugar de los humedales naturales, son zonas de alimentación para las aves acuáticas (Rizo-Patrón 2003, Trama 2005).

En los estudios realizados por Hurtado (2003) se comparó la abundancia, riqueza y diversidad de aves acuáticas en la laguna Palo Verde ubicada en el Parque Nacional Palo Verde y arrozales con riego de Bagatzí para determinar el uso del hábitat, comportamiento y composición avifaunística. Los resultados indicaron que la variación en el uso del hábitat de las aves acuáticas se explica por la profundidad del agua, componentes de cobertura, tipos de hábitats, disponibilidad y accesibilidad a las presas. En los arrozales fueron registradas 51 especies, mientras que en la laguna de Palo Verde 31. De las 24 especies comunes en ambos sitios, 17 fueron más numerosas en los arrozales que en la laguna. El jabirú (*Jabirú mycteria*), la especie de ave más amenazada en la región, ocurrió en una densidad 35 veces mayor en los arrozales. Los cigüeñones (*Mycteria americana*) y espátulas rosadas (*Ajaia ajaja*) ocurrieron en densidades 78 veces mayor que en la laguna.

Los resultados de este estudio muestran el valor ecológico de los arrozales con riego y previenen sobre el cuidado extremo que se debe tener, a nivel de productor, para evitar que la riqueza faunística asociada al cultivo del arroz con riego, esté expuesta a altos niveles de contaminantes producto de las aplicaciones de plaguicidas durante el ciclo de cultivo (Rizo-Patrón 2003; Trama 2005).

3.3.2 SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ.

La agricultura sostenible constituye uno de los mayores desafíos. Esta sostenibilidad supone que la agricultura no sólo es capaz de garantizar un suministro sostenido de alimentos, sino que sus efectos ambientales, socioeconómicos y sanitarios se reconozcan y contemplen en los planes nacionales de desarrollo. El desarrollo sostenible es el manejo y conservación de la base de recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico e institucional de tal manera que se asegure la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras. Este desarrollo sostenible (en los sectores agrícola, forestal y pesquero) conserva la tierra, el agua y los recursos genéticos vegetales y animales, no degrada el

medio ambiente y es técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable (FAO 1997).

3.3.2.1 BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA)

Tradicionalmente, la calidad de los productos agrícolas ha estado centrada en las características físicas, organolépticas, industriales o comerciales. Sin embargo, esta tendencia ha estado cambiando debido a nuevas pautas dadas por las preferencias de los consumidores, cambios en los sistemas de producción y preocupación por el medio ambiente, entre otros aspectos. En este contexto, surgen las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) que se orientan al cuidado del medio ambiente, la seguridad y bienestar del personal y a la obtención de productos inocuos. La aplicación de las BPA es un proceso voluntario, gradual y según las capacidades de cada unidad productiva, sin embargo, las exigencias internacionales están convirtiendo estas prácticas en obligaciones tendientes a proteger a los consumidores finales. Por lo tanto, se requerirá de una preocupación permanente en la agricultura nacional; el cultivo del arroz no estaría ajeno a estas exigencias (Siller-Cepeda 2002).

En BPA toda operación agrícola debe tener un plan escrito que describa los procedimientos diarios para antes y durante la realización de las operaciones desarrolladas, así como la frecuencia con la cual serán conducidas para prevenir la contaminación directa o la adulteración del producto. La meta es prevenir la contaminación y tener procedimientos para actuar inmediatamente en el caso de que ocurra una contaminación de cualquier tipo (Comisión Nacional de Buenas Prácticas Agrícolas 2008).

Los Sistemas de Reducción de Riesgos de Contaminación en la Producción Primaria de Vegetales, consideran la Normalización, Certificación, Verificación y Pruebas de Laboratorio como instrumentos de control y prevención de riesgos, dentro de los cuales, la verificación constituye una pieza fundamental en el cumplimiento de las disposiciones vigentes emitidas por las autoridades. Los Procedimientos de Verificación tienen como función el vigilar en forma periódica el uso de las BPA, y de

que se apliquen procedimientos específicos en campo y en empaque (Siller-Cepeda 2002).

3.3.2.2 ANÁLISIS DE ECOEFICIENCIA

Siguiendo el criterio de la UNEP- WBCSD (1998) se define la Ecoeficiencia como la producción de bienes y servicios que satisfacen necesidades humanas y ayudan a la calidad de vida, mientras se reduce progresivamente los impactos ecológicos y el uso intensivo de recursos a lo largo del ciclo productivo a un nivel, al menos, en línea con la capacidad de carga estimada de la tierra.

Según la WBCSD (2000), la ecoeficiencia busca alcanzar, independientemente del tipo de empresa en la que se adopte, los siguientes objetivos:

- 1) Reducir el consumo de recursos; incluye la disminución el uso de energía, materiales, agua y tierra, ampliando la reciclabilidad y durabilidad de los productos
- 2) Reducir las repercusiones sobre la naturaleza: por medio de la reducción de emisiones, descargas de agua, generación de desechos y la dispersión de sustancias tóxicas, al mismo tiempo promoviendo el uso de recursos renovables.
- 3) Incrementar el valor de los servicios o productos: brinda más beneficios al consumidor mediante la funcionalidad, flexibilidad y modularidad del producto, además de proveer servicios adicionales (tales como mantenimiento, actualización e intercambio de servicios) y enfocado a cubrir las necesidades funcionales que el consumidor tiene. De modo que se venda un servicio en lugar de un producto, lo cual crea la posibilidad de que el consumidor cubra la misma necesidad con menos materiales y recursos.

El WBCSD (2002) ha identificado siete elementos que las empresas pueden usar para mejorar su ecoeficiencia:

- Reducir el uso del material
- Reducir el consumo de energía
- Reducir la dispersión de sustancias tóxicas
- Ampliar el reciclaje
- Maximizar el uso de recursos renovables
- Extender la durabilidad del producto
- Incrementar el alcance del servicio

Granados (2002) realizó estudios para analizar la ecoeficiencia en el cultivo de arroz considerando tanto el ámbito ambiental como económico en fincas arroceras ubicadas en la cuenca del río Tempisque y comparó su desempeño con la finca La Pacífica, que había implementado el análisis de ecoeficiencia durante tres años. La investigación de Granados (2002) permitió obtener una idea general de los posibles efectos ambientales del cultivo de arroz sobre la cuenca del río Tempisque y brindó la oportunidad de dar a conocer el enfoque de producción sostenible como herramienta del manejo empresarial de la actividad arroceras de la región.

Granados (2002) concluye que es necesario desarrollar sistemas de seguimiento que ayuden a conocer la situación actual y la tendencia de las actividades productivas y que se deben implementar sistemas productivos más eficientes, tanto desde el punto de vista económico como ambiental, de modo que el uso de los recursos se realice de la manera más eficiente. En esta área, es de especial importancia el uso eficiente del agua, debido a la escasez del recurso.

3.4 VALORACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

3.4.1 INDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA)

La valoración de la calidad del agua puede ser entendida como la evaluación de su naturaleza química, física y biológica, en relación con la calidad natural, los efectos humanos y usos posibles. Para hacer más simple la interpretación de los datos, es cada vez más frecuente el uso de índices de calidad de agua, los cuales son herramientas prácticas que reducen una gran cantidad de variables y mediciones a una expresión sencilla dentro de un marco unificado. El índice puede ser representado por un número, un ámbito, una descripción verbal, un símbolo incluso, un color (Valcácel et al. 2009)

Si bien los índices de calidad de agua, explica Alberti y Parker (1991) deben ser tomados con precaución y en forma crítica, poseen la capacidad de resumir y simplificar datos complejos y transformar la información, haciéndola fácilmente entendible por el público, los medios, los usuarios y los responsables de la gestión de los recursos.

La importancia de los ICA surge, según Alberti y Parker (1991), por las siguientes limitaciones en los programas de seguimiento de las propiedades del agua:

- El cúmulo de datos obtenidos en relación con variables físicas, químicas y biológicas es complejo como para relacionarlo con facilidad con una buena o mala calidad del agua para un fin dado.
- Las fluctuaciones en variables físicas, biológicas y químicas, son difíciles de correlacionar con las tendencias ambientales.
- Los programas frecuentemente responden al cumplimiento de normas regulatorias, por lo que reflejan aproximaciones fragmentadas a la normativa.
- Los datos recopilados parten de diferentes laboratorios, métodos y períodos de estudio, por lo que no son comparables.

La conveniencia del uso de los ICA, según Alberti y Parker (1991) radica en el hecho de que:

- Simplifican la investigación científica, cuando se requiere integrar una gran cantidad de datos en una forma que permita su fácil análisis o descubrir un fenómeno ambiental.
- Proveen información a las autoridades sobre las prioridades en materia de inversión.
- Comparan el estado de los recursos en diferentes localidades o áreas geográficas.
- Definen cómo varía la calidad de un sistema hídrico, desde el punto de vista ambiental a lo largo de un período de tiempo.
- Educan al público acerca de la condición ambiental de una comunidad

Según Pérez (2008) los ICA presentan desventajas como la pérdida de información respecto a las variables individuales y su interacción, la falta de ajuste a diferentes tipos de ecosistemas y la sensibilidad de los resultados a la forma en que el índice fue elaborado.

3.4.2 INDICE DE CALIDAD DE AGUAS PARA LAGUNAS (ICA-L)

La literatura reporta una variedad considerable de índices para valorar la calidad de agua. En particular el Índice de Calidad de Agua para Lagunas de inundación (ICA-L) desarrollado por Pérez (2008), fue ajustado para ser utilizado como instrumento para evaluar la condición del agua de las lagunas de inundación de agua dulce tropicales y de los canales de regadío, y su capacidad para el sostenimiento de la biodiversidad y el desarrollo de la vida acuática.

El ICA-L contempla las variables y los factores de ponderación resumidos en la Ecuación 3.3 para el cálculo del Índice de Calidad de Agua para Lagunas de Inundación (ICA-L). El valor numérico del ICA-L se evalúa con base en los puntajes de calidad de las variables fisicoquímicas (Q) incluidas, que varían de 1 a 100, conforme a las gráficas o

ecuaciones que detalla Pérez (2008). Luego, los puntajes se integran a partir del cálculo de un producto ponderado.

$$ICA-L = (Q_{stO_2})^{0,18} \times (Q_{pH})^{0,12} \times (Q_{DQO})^{0,12} \times (Q_{NO_3})^{0,11} \times (Q_P)^{0,11} \times (Q_{SS})^{0,16} \times (Q_{CE})^{0,09} \times (Q_T)^{0,11}$$

(3.3)

Donde Q, corresponde al puntaje de cada propiedad designada por el subíndice, según se especifica a continuación:

st O₂ : Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto

pH

DQO: Demanda química de oxígeno

NO₃: Nitratos

P: Fósforo total

SS: Sólidos suspendidos.

CE: Conductividad eléctrica

T: Temperatura (Pérez 2008)

En el Cuadro 3.2 se presentan los parámetros para cada una de las categorías de la calidad del agua y su descripción.

Cuadro 3.2. Puntaje del ICA-L y su relación con la calidad del agua para la vida acuática.

ICA-L	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
86-100	Excelente	No presenta problemas para el ecosistema. Es adecuada para el desarrollo de todas Las especies.
71-85	Buena	Sostiene una alta biodiversidad de vida acuática. Se presentan períodos donde algún indicador muestra peligros para el ecosistema. En este caso, si la situación no mejora en u período breve, se empezarán a ver cambios en la composición del ecosistema.
51-70	Regular	Existen signos de contaminación, como aumento en la concentración de nutrientes. Se observa una reducción de la diversidad de organismos acuáticos y un desequilibrio en el crecimiento de las algas y vegetación acuática.
26-50	Mala	Sostiene una baja biodiversidad de vida acuática, principalmente de especies tolerantes. Manifiesta problemas con fuentes de contaminación puntual y no puntual.
0-25	Pésima	Posibilita el crecimiento elevado de poblaciones de un limitado número de organismos resistentes a aguas muy contaminadas.

Fuente: Pérez, 2008

3.5 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO DE TOXICIDAD POR PLAGUICIDAS EN LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MODELO PESTICIDE IMPACT RATING INDEX (PIRI)

3.5.1 ORIGEN Y DESCRIPCIÓN DEL PIRI

El efecto acumulativo de los plaguicidas y otros contaminantes sobre la biodiversidad y la salud humana es un problema ambiental importante. Dependiendo de su movilidad cantidades variables de estas sustancias pueden llegar a las aguas superficiales a través de la deriva, escorrentía, erosión del suelo y la lixiviación, con un impacto no deseado sobre los organismos (FAO 1997).

Los efectos fuera del sitio de aplicación de los plaguicidas son de creciente preocupación para los planificadores, manejadores de cuencas, consumidores, autoridades reguladoras y la industria. La valoración de los riesgos es difícil,

especialmente cuando se trata de interacciones físicas, químicas y biológicas a escala de cuenca hidrográfica (FAO 1997).

El Pesticide Impact Rating Index (PIRI) es un paquete de software libre desarrollado por CSIRO Center for Environmental Contaminants Research (CCECR) con el soporte de Water & Land Australia y otras agencias.

El Pesticide Impact Rating Index (PIRI) el cual fue evaluado por Oliver y Kookana (2005) con excelentes resultados en Australia en los cultivos de caña de azúcar, melón, producción de semillas híbridas y en mango y comparado por Kookana et al. (2005), con métodos de seguimiento de plaguicidas en el campo. Los resultados de dichas investigaciones, determinaron que el PIRI produjo una precisión del 85 % cuando se comparó con los métodos de seguimiento de plaguicidas en el campo, que lo hace un método confiable, sencillo y económico.

El Dr. Kookana describe el PIRI como un simple indicador de las repercusiones del riego de los plaguicidas sobre la calidad del agua basado en la integración inteligente de varios factores que determinan su efecto en el ambiente. Estos factores son:

- Las propiedades de los plaguicidas en relación con el medio ambiente, repercusiones ecotoxicológicas, así como las tasas de aplicación.
- Suelo y las condiciones ambientales
- Hidrología del sitio, topografía y proximidad de la fuente de agua,

3.5.2 UTILIDAD DEL PIRI

El PIRI, según Oliver y Kookana (2005) puede ser usado para:

- Proveer una escala relativa para los diferentes plaguicidas utilizados en una finca en términos de su potencial contaminante para el manto acuífero o a una fuente de agua superficial.
- Desarrollar un programa de seguimiento que proyecte metas basadas en la valoración de riesgos

- Identificar alternativas de uso de los plaguicidas más seguros con un riesgo más bajo de migración fuera del sitio de aplicación.
- Evaluar diferentes usos de suelos a escala de cuenca y subcuencas en términos de su impacto relativo sobre la calidad del agua.
- Entender y comunicar el perfil de riesgo de los plaguicidas para los diferentes niveles tróficos en el ecosistema, por ejemplo, vertebrados (peces y mamíferos), invertebrados (*Daphnia* spp), base de la cadena alimenticia (algae) o para agua de consumo humano.

Una evaluación independiente de la utilización del PIRI en Australia brindó una ganancia neta de \$13.6 millones con una tasa de retorno de la inversión de 37 a 1. Estos beneficios incluyen:

- Ahorro en el uso de los plaguicidas.
- Mayor conciencia y comprensión sobre la toxicidad de los plaguicidas.
- Una selección apropiada de los plaguicidas para sitios específicos y de las prácticas de manejo del suelo.
- Beneficios ambientales (reducción de perjuicios sobre la salud de los organismos acuáticos).
- Beneficios sociales (Disminuye la preocupación entre los manejadores del agua y consumidores respecto a la efectividad del seguimiento de los plaguicidas).

3.5.3 ESTRUCTURA DEL PIRI

El PIRI está estructurado en tres componentes (Kookana et al. 2005):

- Fuente(s) de amenaza (carga del plaguicida) hacia el recurso (L)
- Trayectoria que sigue la carga del plaguicida al liberarse hacia el recurso (T)
- El valor del recurso (recurso hídrico amenazado) (V)

La disminución de la calidad del agua se asume que es el producto de L, T y V donde el producto de L y T son sumados sobre todos los plaguicidas usados en el muestreo:

$$\text{Disminución de la calidad del agua} = V \sum_{\text{plaguicida}} (LT)$$

3.5.4 CUANTIFICACIÓN DE COMPONENTES

Los componentes L y T son cuantificados usando las características de los plaguicidas (toxicidad, dosis, adsorción y persistencia en el suelo), las características del suelo, las condiciones ambientales y otras condiciones inherentes al sitio (por ejemplo entrada de agua, pérdida de suelo, pendiente, tasa de recarga, profundidad de la tabla de agua) (Kookana et al. 2005).

3.5.4.1 CARGA DEL PLAGUICIDA

El cálculo de la carga de los plaguicidas (L) requiere conocimiento de las cantidades de los plaguicidas aplicados en un área o cuenca. Está determinada por el área de cultivo, la dosis aplicada de ingrediente activo y la frecuencia de aplicación durante el ciclo de cultivo. Puesto que la naturaleza química de los plaguicidas es un factor importante de su impacto en el recurso hídrico, la toxicidad de cada plaguicida, su adsorción y su vida media en el suelo se toma en consideración para estimar la carga tóxica total (Kookana et al. 2005).

3.5.4.2 TRANSPORTE

El factor de transporte es evaluado para aguas superficiales y para aguas subterráneas, separadamente, debido a que las vías de transporte asociadas son diferentes.

En el componente del PIRI para aguas subterráneas, la pérdida de plaguicidas durante el transporte es valorado por la versión modificada del comúnmente usado Índice de Factor de Atenuación (AF), desarrollado por la Universidad de Florida. El índice AF fue modificado para tomar en cuenta la disminución del contenido de carbono orgánico con la profundidad, desde la superficie del suelo hasta el manto acuífero. Ello tiene importantes implicaciones en el movimiento y degradación de los plaguicidas durante el transporte hacia el manto acuífero. Los parámetros de ingreso necesarios son:

contenido de carbono orgánico, coeficiente de adsorción (Koc), la vida media del plaguicida, así como las propiedades del suelo tales como porosidad, densidad aparente y tasa de recarga (Kookana et al. 2005).

En el factor de transporte total (T) para aguas superficiales Kookana et al. (2005) suman tres vías independientes, a saber: escorrentía, erosión de suelos y deriva

3.5.4.3 ESCORRENTÍA

Un plaguicida que muestra una baja afinidad de unión con las partículas de suelo puede moverse en la fase disuelta con la escorrentía durante un evento de lluvia o la irrigación. La cantidad de escorrentía se deriva de la cantidad de precipitación o irrigación usando condiciones específicas del sitio, tales como el tipo de suelo, condiciones de humedad, pendiente del terreno y tipo de cubierta vegetal del suelo. (Kookana et al. 2005)

3.5.4.4 EROSIÓN DE SUELOS

El plaguicida transportado con las partículas de suelo a través de la erosión, se cuantifica en proporción de la pérdida de suelo y su adsorción a este.

3.5.4.5 DERIVA

La deriva es una función de variables ambientales, de manejo y de métodos de aplicación. Sin embargo, el tamaño de la gota es considerada uno de los aspectos más importantes. La deriva es calculada basándose en el tamaño de la gota, la distancia al cuerpo de agua y su tamaño.

3.5.4.6 VALOR DEL RECURSO (FUENTE DE AGUA AMENAZADA)

El valor (V) depende del tamaño del cuerpo de agua, la calidad del agua y la importancia ecológica o estética, la cual es valorada subjetivamente por un sistema de medición que incluye una ponderación de 1 a 100. La medición del valor sólo es relevante cuando el PIRI es usado para establecer el riesgo relativo entre sitios diferentes, o bien, usos de suelo asociados con diferentes cuerpos de agua.

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

En junio del 2009 se diseñó y se aplicó una entrevista estructurada al Ing. Víctor Delgado Aiza, responsable de la producción arrocerá en el Sector de San Lázaro durante el ciclo productivo en estudio, con la finalidad de generar información sobre el área de siembra en la temporada agrícola, las prácticas agronómicas utilizadas, el sistema de combate de plagas y los productos utilizados.

4.2 SEGUIMIENTO A LAS PRÁCTICAS AGRONÓMICAS UTILIZADAS

Las prácticas agronómicas y la tecnología del cultivo de arroz utilizado en el Sector San Lázaro fueron verificadas por medio de visitas semanales a la plantación de arroz. Se caracterizó la infraestructura de riego, la preparación de suelos, sistema de siembra y variedades utilizadas, programa de fertilización, programa de combate de malezas, programa de combate de plagas, métodos de aplicación de plaguicidas, manejo de residuos de envases de agroquímicos, la cosecha y manejo de residuos de cosecha.

4.3 PLAN DE MUESTREO PARA DETERMINAR ICA-L

El muestreo se realizó en dos drenajes del área de cultivo de arroz en San Lázaro de Nicoya, en la laguna Mata Redonda y en el efluente principal de ésta, durante el ciclo agrícola comprendido durante el período del 15 de julio al 30 de noviembre del 2009.

Se realizaron cuatro muestreos distribuidos una vez al mes iniciando en agosto y terminando en noviembre del 2009. Dicha frecuencia se definió considerando un óptimo entre el presupuesto disponible y las prácticas agrícolas vigentes en el Sector de San Lázaro.

4.3.1 SITIOS DE MUESTREO

Los cuatro sitios de muestreo seleccionados son:

- Sitio 1, zona central de la Laguna Mata Redonda en las coordenadas 0380553 y 0256933.
- Sitio 2, en el efluente principal de laguna en las coordenadas 0381270 y 0257537. La medición del caudal en este punto solo se logró en el muestreo de agosto, debido a la profundidad y la fuerza del caudal en los meses siguientes. Por estar la sección de desagüe de la laguna sedimentada, se dio la apertura de cauces de drenaje secundarios.
- Sitio 3 en la salida del drenaje sureste del cultivo de arroz en las coordenadas 0379221 y 0254597. En este sitio las mediciones de los meses de agosto y noviembre no se realizaron. En el mes de agosto las terrazas todavía estaban en el proceso de llenado y no había excedente de agua en ese drenaje. Para el mes de noviembre la cosecha se había iniciado y el agua de las terrazas había sido evacuada por los drenajes y se encontraba seco.
- Sitio 4 en la salida del drenaje ubicado en la esquina noreste del cultivo de arroz en las coordenadas 0378203 y 0254876.

No se consideró necesario el muestreo de las aguas que ingresan al área de estudio porque el río San Lázaro nace en la zona montañosa cercana, no atraviesa por actividades agropecuarias y no es afectado por centros urbanos de importancia antes de ingresar a los arrozales.

4.3.2 TOMA DE MUESTRAS

Se tomó una muestra simple por sitio de muestreo conforme al documento PT-05-A-01 versión 03, sustentando en métodos de muestreo publicados en "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" de la American Water Works Association (CICA 2008).

Para la recolección de las muestras, luego de enjuagar el recipiente tres veces con el agua del sitio, se procedió según la variable por cuantificar, a saber:

- Fósforo total: botellas de vidrio color ámbar, enjuagada con detergentes sin fosfatos, HCl diluido caliente y finalmente, agua destilada. Agente preservante 1 mL HCl concentrado por litro.
- Demanda biológica de oxígeno: botellas de polietileno color ámbar. Su análisis se realizó con máximo a las 36 horas después del muestreo.
- Nitrato: botellas de polipropileno blancas. Agente preservante 4 mL⁻¹ de cloroformo.
- Otras variables físico-químicas: botellas de polietileno transparentes.
- Plaguicidas: se recogieron en botellas de vidrio ámbar, de un litro, enjuagadas previamente con agua desionizada y acetona. Para el análisis de los plaguicidas ácidos, se conservó con sulfito de sodio y la correspondiente, para la determinación de carbamatos, a un pH ácido.

La toma de muestras para la determinación de plaguicidas se restringió a los sitios 1, 3 y 4.

Las muestras se conservaron en hielo, protegidas con bolsa plásticas cerradas mediante un nudo, desde su recolección hasta su ingreso al laboratorio. Para disminuir su descomposición microbiológica, aparte de aplicar el preservante indicado según la variable a estudiar, se mantuvieron a 4°C hasta el día del análisis, momento en que se llevaron a temperatura ambiente.

Las incertidumbres asociadas a los resultados de los análisis se sustentan a partir de la validación de los métodos de ensayo realizados por el Laboratorio de Análisis de Plaguicidas y el Laboratorio de Calidad de Aguas del CICA, estudios que incorporan el cálculo de la variabilidad y la incertidumbre estándar de los datos.

4.3.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES

4.3.3.1 CALIDAD FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA

Se midieron en el sitio de muestreo mediante equipo calibrado y verificado previamente las siguientes variables:

- Temperatura, con termómetro de vidrio con resolución de $\pm 0,1$ °C
- La conductividad, el oxígeno disuelto y el porcentaje de saturación de oxígeno con un medidor multiparámetro YSI-85
- El pH con un pHmetro YSI Eco Sense pH 100.

Posteriormente, en el Laboratorio de Calidad de Aguas del CICA, según los métodos de análisis acreditados y validados por este Centro, se determinaron las siguientes variables: demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fósforo total, nitratos, y sólidos suspendidos totales.

4.3.3.2 ANÁLISIS DE PLAGUICIDAS

La cuantificación de 44 plaguicidas en el agua se llevó a cabo según los métodos MAR-1 Análisis Multiresiduos y MAR-7 Determinación de plaguicidas ácidos y básicos, establecidos en los procedimientos operativos de análisis, vigentes y validados en el Laboratorio de Plaguicidas del CICA.

De los plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz en el sector San Lázaro, se analizaron permetrina, deltametrina, triazofos y propanil y quedaron sin analizar 12 plaguicidas (bispiribac-Na, acefato, butaclor, carbendazina, clomazone, esfenvalerato, fenitrotion, glifosato, imidacloprid, oxiclورو de cobre, tetraconazol, tricopir) debido a que no formaban parte de métodos de análisis validados por el laboratorio o porque implicaban metodologías específicas de análisis con un costo adicional.

En vista de la limitación anterior, de manera complementaria se evaluaría el riesgo de la utilización de esos 16 plaguicidas para el RNVS-MR y los ecosistemas de humedales mediante el PIRI.

4.4 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

A continuación se describe la recopilación de las variables aplicadas para ejecutar el modelo PIRI y sus fuentes.

4.4.1 VARIABLES FÍSICAS

Por medio de observaciones de seguimiento del cultivo, registros y consulta al propietario, fueron cuantificadas las variables físicas: uso de suelo, área sembrada, tipo de cobertura, condiciones de humedad, período de interés, profundidad de la tabla de agua y caudal de riego que ingreso a los arrozales.

La textura y materia orgánica de suelo, se midieron de una muestra compuesta conformada a partir de submuestras tomadas en cada vértice, donde se cambió la dirección del recorrido en zig-zag que abarcó todo el sector colindante con la zona de amortiguamiento. El análisis de la muestra se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Costa Rica.

Por medio de Sistemas de Información Geográfica, se midieron la distancia del borde del cultivo al cuerpo de agua, pendiente, ancho de zona amortiguadora, diámetro del cuerpo de agua,

De la Estación Climática de la OET, se obtuvieron la precipitación y temperatura mínima y máxima.

La pérdida de suelo fue estimada a partir del análisis de sólidos suspendidos determinados por el Laboratorio Calidad de Aguas y de los registros de caudal que ingresan a la parcela durante el llenado de las terrazas del propietario.

4.4.2 VARIABLES QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y DE MANEJO DE LOS PLAGUICIDAS

Las variables químicas, biológicas y de manejo de los plaguicidas se obtuvieron de las siguientes fuentes:

- La etiqueta aportó la concentración y formulación del producto
- El programa de seguimiento al cultivo, brindó la dosis aplicada, el porcentaje de área tratada y la frecuencia de aplicación
- El Instituto Regional de Estudios de Sustancias Tóxicas (2009) suministró la información sobre la toxicidad del producto y el coeficiente de partición de carbono de cada plaguicida (Koc)

4.4.3 VARIABLES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Cuadro 4.1. Resumen de variables de la zona de estudio aplicadas en el modelo PIRI.

VARIABLE	VALOR UTILIZADO	FUENTE Y OTRAS OBSERVACIONES
Uso de suelo	Cultivo de arroz	
Área sembrada (ha)	325	Entrevista con productor (anexo 3)
Textura de suelo	arcillosa	Análisis de suelo (anexo 7)
Tipo de cobertura de suelo	follaje	
Contenido de materia orgánica (%)	1,6	Análisis de suelo (Anexo 7)
Condiciones de humedad del suelo en el período de interés	saturado	Visita de campo y observación de humedales y de cultivo de arroz inundado
Inicio de período de interés	15 julio 2009	
Final de período de interés	30 noviembre 2009	
Profundidad de la tabla de agua (m)	0,00	Arroz inundado
Diámetro del cuerpo de agua más cercano al cultivo (m)	950	Estimado en setiembre 2009 con SIG (1)
Distancia del borde del cultivo al cuerpo de agua (m)	850	Estimado en setiembre 2009 con SIG
Pendiente del terreno al cuerpo de agua (%)	1,5	Estudio topográfico Ing. Matarrita topógrafo de SENARA. ²
Ancho de la zona amortiguamiento (m)	950	Estimado con Sistema de Información Geográfica en setiembre 2009
Pérdida de suelo estimada en el período de interés. (Tm ha ⁻¹)	0,2	Estimación según apartado 4.4.1
Precipitación total en el período de interés (mm)	1817	Datos de la estación meteorológica de OET en PN Palo Verde (OET 2009)
Irrigación total en el período de interés. (m ³)	691.200	Caudal del río San Lázaro que ingresa al arrozal en agosto 1,2 m ³ .s ⁻¹ durante 20 días
Temperatura promedio mínima en el período de interés (°C)	25,5	Datos de estación meteorológica de OET en PN Palo Verde (OET 2009)
Temperatura promedio máxima en el período de interés (°C)	28,3	Datos de estación meteorológica de OET en PN Palo Verde OET 2009)
Nº de días mínimo entre la aplicación y la lluvia o riego	1	Condiciones climáticas usuales

(1) SIG sistema de información geográfica

² Matarrita, J. 2009. Estudio de niveles en RNVS-MR. (Entrevista). Guanacaste, CR, SENARA.

Cuadro 4.2. Agroquímicos utilizados en las plantaciones de arroz, San Lázaro de Nicoya. Período 2009.

NOMBRE COMERCIAL	NOMBRE COMÚN	CONCENTRACIÓN DE ingrediente activo g^L⁻¹ o cm³L⁻¹	DOSIS/ha	CLASIFICACIÓN
Nomine	Bispiribac-Na	0,4	0,1 l	Herbicida
Orthene	Acefato	0,8	1,0 l	Insecticida
Machete	Butaclor	0,43	3,0 l	Herbicida
Derosal	Carbendazim	0,50	0,75 kg	Fungicida
Comand	Clomazone	0,48	1,25 l	Herbicida
Talcor	Deltametrina + Esfenvalerato	0,025	0,25 l	Insecticida
Sumithion	Fenitrothion	0,5	0,8 l	Insecticida
Round up	Glifosato	0,41	2,0 l	Herbicida
Gaucho/confidor	Imidacloprid	0,2	0,25 kg	Insecticida
Cupravit	Oxicloruro de cobre	0,84	0,5 kg	Fungicida
Ambush	Permetrina	0,48	0,25 l	Insecticida
Stam	Propanil	0,48	7,5 l	Herbicida
Esmerald/Dolmar	Tetraconazol +carbendazim	0,40	0,8 l	Fungicida
Hostathion	Triazophos	0,40	0,25 l	Insecticida
Garlon	Tricopir	0,9	0,6 l	Herbicida

Cuadro 4.3. Características químicas, biológicas y condiciones de uso de los agroquímicos utilizados en el cultivo de arroz. Finca la Cueva. San Lázaro, Nicoya. Período 2009

PRODUCTO	TOXICIDAD CL-50 trucha mg.L ⁻¹	PERSISTENCIA agua-sedimento	CONSTANTE DE HENRY (25°C) Pa m ³ mol ⁻¹	COEFICIENTE PARTICIÓN DE CARBONO (K _{oc})	FRECUENCIA DE APLICACIÓN	% AREA TRATADA	TIPO DE FORMULACIÓN (1)	TIPO DE APLICACIÓN
bispiribac- Na	No determinado (N.D)	N.D	3,20 x 10 ⁻¹¹ No volátil	302	1	100	CE	Follaje
acefato	730	Poco persistente	5,15 x 10 ⁻³ No volátil	3	1	100	CE	Follaje
butaclor	0,52	N.D	2,40 x 10 ⁻⁴ No Volátil	700	1	100	CE	Follaje
carbendazin	0,83	N.D	3,60 x 10 ⁻⁵ No Volátil	400	1	100	PM	Follaje
clomazone	19	N.D	4,20 x 10 ⁻³ No Volátil	244	1	100	CE	Follaje
deltametrina	0,00058	Poco persistente	4,20 x 10 ⁻⁵ Moderadamente Volátil	80.000	2	100	CE-PM	Follaje
esfenvalerato	0,0026	Poco persistente	4,20 x 10 ⁻⁴ No volátil	5273	1	100	CE	Follaje
fenitrotion	1,7	Poco persistente	9,86 x 10 ⁻⁵ No Volátil	2000	1	100	CE-PM	Follaje
glifosato	38	Muy persistente	1,16 x 10 ⁻³ No Volátil	6920	1	100	SC	Follaje
imidacloprid	121	Poco persistente	6,50 x 10 ⁻¹¹ Baja volatilidad	262	1	100	PM	Follaje
Oxicloruro de cobre	2,2	N.D	N.D	260	2	100	PM	Follaje
permetrina	2,5	Muy persistente	Alta volatilidad	20865	1	100	CE	Follaje
propanil	2,3	N.D	4,40 x 10 ⁻⁴ No Volátil	518	1	100	SC	Follaje
tetraconazol	4,8	N.D	3,6 x 10 ⁻⁵ No Volátil	1152	1	100	PM	Follaje
triazophos	5,6	Poco persistente	4,90 x 10 ⁻³	358	1	100	CE-PM	Follaje
triclopyr	117	N.D	No volátil	358	1	100	CE	Follaje

(1) CE= Concentrado emulcificable; PM= Polvo mojable; PS= Polvo soluble; SE= Solución concentrada.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producto del seguimiento al ciclo de cultivo del arroz desarrollado de abril a noviembre de 2009 se encontró que:

- El cultivo de arroz en el sector San Lázaro se realizó bajo la modalidad de secano favorecido con riego suplementario por inundación.
- Para implementar el riego fue desviado en su totalidad el río San Lázaro, afluente natural de la laguna Mata Redonda y construidos canales de conducción y distribución del agua y terrazas para retención del agua en la plantación de arroz.
- El excedente de agua de las terrazas se drenó por medio de canales hacia una zona pantanosa ubicada entre el arrozal y el espejo de agua de la laguna Mata Redonda.

5.1 TECNOLOGÍA Y PRÁCTICAS DE CULTIVO

Las tecnologías que se aplicaron durante este ciclo de cultivo se describen a continuación con base en lo informado por el propietario y del encargado de operaciones agrícolas de la finca.

5.1.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

La preparación del terreno se inició en el mes de abril de 2009 con la rastreada del terreno a fin de eliminar los rastrojos de la cosecha anterior. Posteriormente, se esperó que normalizara el régimen de lluvias y con ello la germinación de las malezas y el arroz voluntario.

En junio se realizó una segunda rastreada en las áreas donde las condiciones del suelo lo permitieron y en las áreas más bajas y con suelos más pesados, se hizo una aplicación aérea de glifosato. En estos terrenos, se esperó 15 días para que el herbicida

actuara. La preparación de la cama de siembra eliminando las malezas con glifosato evitó el uso de maquinaria agrícola para la preparación del suelo.

5.1.2 SIEMBRA

La siembra se realizó de tres maneras diferentes dependiendo de la textura del suelo y de las condiciones ambientales.

En suelos ligeramente altos y con condiciones normales de humedad, así como, en lotes bajo el sistema de mínima labranza, se utilizó la máquina sembradora que incorpora la semilla y el fertilizante simultáneamente.

En lotes con suelos pesados pero con poca humedad, se empleó la máquina voleadora. Esta máquina vuela la semilla de arroz en forma homogénea y posteriormente el fertilizante. Esta técnica requiere el paso de una rastra liviana para incorporar el fertilizante y la semilla.

En lotes con suelos muy pesados y húmedos donde fue imposible el uso de maquinaria agrícola, la siembra y la fertilización se realizó por medio de avioneta fumigadora, a la cual se le adaptó el mecanismo de almacenaje y dispersión de la semilla. La semilla en este caso estaba pre germinada.

En todos los casos, la cantidad de semilla utilizada fue de 100 kg/ha para las variedades Senumisa 238, Senumisa 250, Senumisa 48 y la CR-4477. La dosis general del fertilizante 10-30-10-S fue de 200 kg/ha.

5.1.3 MANTENIMIENTO DEL CULTIVO

El combate químico de malezas se llevó a cabo a partir de la siembra y dependió de las condiciones de suelo y ambientales predominantes en el momento de su aplicación. En una parte del área se utilizaron los herbicidas preemergentes Command (clomazone), Garlon (triclopyr) y Machete (butaclor), y en otros casos, herbicidas postemergentes a los 15-21 días de la germinación como Nominee (bispiribac-Na) y Stam (propanil.)

En este período se realizó la segunda fertilización con fórmulas altas en nitrógeno y potasio como la 30-0-15, a razón de 200 kg/ha.

El arroz fue muy sensible al ataque de gusanos defoliadores como *Spodoptera sp.* y *Mocis sp.* Para su combate se hicieron dos aplicaciones de Talcor (deltametrina +efenvalerato) y Muralla (imidacloprid) respectivamente.

A los 32 días después de la siembra hubo una infestación elevada de ácaros (*Steneotarsonemus spinki*) y sogata (*Togosodes sp.*), y se utilizaron los insecticidas triazofos + permetrina, Sumithion (fenitrotion) y Orthene (acefato).

La tercera fertilización se efectuó a los 42 días después de la siembra con la fórmula 30-0-15 a razón de 200 kg/ha.

A los 46 días se realizó una aplicación de dimetoato para la prevención y combate del ácaro blanco (*Steneotarsonemus spinki*).

La cuarta fertilización se realizó a los 60-65 días con la fórmula 30-0-15 a razón de 150 kg/ha. En este período también fue necesario la aplicación de Cupravit (oxicloruro de cobre) para el combate y prevención de bacterias como la *Pseudomonas sp* y *Xanthomonas sp*

5.1.4 FLORACIÓN

A los 70 días cuando empezó a desarrollar y a madurar la espiga, se aplicaron fungicidas del grupo de los triasoles y carbendazina para el control de *Pyricularia grisea* y helmintosporosis (*Bipolaris oryzae*). Fue necesario en este período la incorporación del insecticida Talcor (deltametrina+efenvalerato) para combatir el chinche de la espiga (*Tibraca limbativentris*) que atacó en el año de estudio.

5.1.5 COSECHA

La cosecha se realizó entre los 100 y los 130 días después de la siembra, dependiendo de la variedad y la fecha de siembra.

Los rendimientos obtenidos fueron en promedio de 4,46 Tm/ha.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS SOSTENIBLES UTILIZADAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, SECTOR SAN LÁZARO

Algunas prácticas agronómicas de uso común en las plantaciones de arroz del sector San Lázaro, produjeron aspectos ambientales positivos. Estas prácticas fueron: la labranza mínima utilizada en la preparación del suelos, la aplicación de los plaguicidas en forma localizada a través de la utilización de equipo terrestre y helicópteros, buenas prácticas en el manejo de envases de plaguicidas, medidas preventivas en el lavado del equipo de aspersion y un buen manejo de los residuos de cosecha.

5.2.1 SISTEMA DE SIEMBRA

De los sistemas de siembra observados, dos ellos a saber, voleo con semilla pre germinada y siembra de mínima labranza con sembradora mecánica corresponden a sistemas de mínima labranza (Figura 5.1) que conllevan tanto ventajas económicas como ecológicas según las señaladas por Rojas (2001)

- Reducción de la erosión hídrica y eólica del suelo
- Aumento de la intensidad del uso de la tierra
- Mayor facilidad de siembra y de cosecha
- Mayor retención de humedad
- Menor compactación del suelo
- Menor consumo energético
- Mejora las condiciones físico, químicas y biológicas del suelo
- Puede disminuir la incidencia de malezas anuales
- Evita la introducción de nuevas malezas.

Debido a la cercanía que existe entre el cultivo de arroz y la laguna Mata Redonda, la labranza mínima reduce la posibilidad de aporte de sedimentos a la laguna y podría eventualmente incrementar la capacidad del suelo para adsorber los residuos de plaguicidas (Figura 5.1).



Figura 5.1 Preparación de suelo y siembra de arroz con labranza mínima en el sector San Lázaro.2009

5.2.2 USO DE EQUIPO TERRESTRE Y HELICÓPTEROS EN LA APLICACIÓN DE PLAGUICIDAS

Se evitó durante la temporada el uso de avionetas fumigadoras. Este equipo provoca una elevada deriva de los plaguicidas y poca precisión en las aplicaciones, a tal punto que su uso podría convertirse en el principal riesgo de contaminación del recurso hídrico asociado a la deriva de los plaguicidas hacia la laguna Mata Redonda.

Cuando las condiciones del suelo lo permitieron, las aplicaciones de plaguicidas se hicieron en forma preferencial con equipo terrestre. Con el uso de este equipo se redujo la deriva de los plaguicidas porque la altura entre la barra de aplicación y el

cultivo no sobrepasa los 0,5 m. Sin embargo, la saturación de los suelos limitó el uso del tractor, que acarrea el equipo de aplicación, a pequeñas áreas.

Para la mayoría del área de siembra la aplicación de los plaguicidas fue con helicóptero, lo que permitió precisión y poca deriva al maniobrar a una altura promedio de 2,0 m entre la barra de aplicación y el cultivo.

En todos los casos el momento de aplicación preferiblemente fue antes de las 7:00 am, cuando la intensidad del viento es mínimo en comparación con otras horas del día.

5.2.3 EL MANEJO DE RESIDUOS DE COSECHA

En el sector San Lázaro los residuos de la cosecha anterior son utilizados en la confección de pacas para la alimentación del ganado y la cepa del arroz es incorporada al suelo con una rastra pesada durante el mes de marzo. Esta práctica incrementa el contenido de materia orgánica del suelo e incorpora nutrientes.

La quema de los residuos fue eliminada en este sector desde hace cinco años³. Esta práctica hace que el carbono se libere a la atmósfera en forma de CO₂ y con ello, se pierde la opción de mejorar el contenido de materia orgánica en el suelo.

5.2.4 MANEJO DE ENVASES DE PLAGUICIDAS

Los envases de plaguicidas que se utilizaron en la temporada agrícola fueron devueltos a las casas comerciales que los distribuyen, con la finalidad de que sean reciclados o reutilizados. Lo anterior, evitó los focos de contaminación puntual sobre el recurso hídrico.

5.2.5 LAVADO DE EQUIPO DE FUMIGACIÓN

El lavado del equipo de fumigación se realizó en un área específica, lejos de fuentes de agua superficiales, lo cual minimizó el riesgo de contaminación por esta causa.

³ Delgado, Víctor. 2009. *Quema de residuos en arroz. (Comunicación personal). San Lázaro, Nicoya.*

5.3 PRÁCTICAS NEGATIVAS

La tecnología del cultivo que se utilizó es similar a la de otras zonas. En la fertilización se utilizaron niveles de nitrógeno, fósforo, potasio, zinc y azufre considerados como promedio a los recomendados por Tinoco (2008). El combate de plagas se realizó con los productos disponibles en el mercado para el cultivo de arroz, según las especificaciones técnicas de cada producto. Sin embargo, para reducir el riesgo de contaminación de las aguas superficiales, no se aplicó ningún criterio ambiental en la selección de los plaguicidas, a pesar de su amplia gama de niveles de toxicidad, ni tampoco en las fuentes de los fertilizantes utilizados.

Además, no se aplicaron criterios técnicos para determinar y suministrar la cantidad de agua requerida para suplir el déficit hídrico según el ciclo del cultivo de arroz. La práctica predominante fue el desvío de la totalidad del caudal del río San Lázaro para el llenado de las terrazas y cuando la precipitación fue normal, se drenó el exceso de agua de las terrazas a través de los canales hacia la zona de amortiguamiento. Lo anterior ocasionó un desperdicio considerable de agua y el incremento del vertido de contaminantes hacia esta zona.

En los años que existen condiciones ambientales y de mercado apropiadas para el cultivo de arroz, se realiza una segunda siembra equivalente a 40% del área de siembra tradicional. El ciclo del cultivo comprende los meses de enero, febrero y marzo, que es la época donde se produce la concentración de grandes cantidades de aves acuáticas migratorias y residentes, tanto en el arrozal como en la totalidad del RNVS-MR. La utilización de plaguicidas tóxicos y móviles durante estos meses, podría incrementar el riesgo de intoxicación y muerte de peces, aves acuáticas y otros organismos asociados al arrozal y al refugio.

5.4 CALIDAD DEL AGUA EN LA LAGUNA MATA REDONDA Y EN LAS AGUAS DE DRENAJE DEL CULTIVO DE ARROZ. SECTOR SAN LÁZARO.

En este proyecto, el ICA-L se aplicó en la determinación de la calidad del agua de las lagunas de inundación de agua dulce, pantanos y charcas estacionales en el Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda, y en los canales de drenaje del cultivo de arroz en el sector San Lázaro, por su correspondencia con el ecosistema que evalúa y porque en este refugio el riesgo de degradación se origina en prácticas agropecuarias.

Los valores de cada una de las variables fisicoquímicas medidas para la obtención del ICA-L, en los diferentes sitios y fechas de muestreo y su respectiva calificación en relación con su calidad para el sostenimiento de la biodiversidad de lagunas de inundación, se resumen en los Cuadro 5.1 y Cuadro 5.2 respectivamente. El análisis de los puntajes de calidad Cuadro 5.2 refleja que los mayores problemas de contaminación se originan en la concentración de fósforo total, los valores de la demanda bioquímica de oxígeno y el porcentaje de oxígeno disuelto, cuya interpretación se asocia a las categorías presentadas en el cuadro 3.2

Cuadro 5.1. Variables físico-químicas de las aguas de drenaje del cultivo de arroz del sector San Lázaro y del RNVS MR de mayo a noviembre de 2009.

SITIO	FECHA	T ° C (1)	Sat O ₂ % (2)	pH (3)	DBO mg.L ⁻¹ (4)	NO ₃ mg.L ⁻¹ (5)	PT mg.L ⁻¹ (6)	SS mg.L ⁻¹ (7)	CE uS.cm ⁻¹ (8)
LAGUNA MR	12/08/2009	27,1	34,50	7,44	2,88	0,29	0,1176	36,0	400,0
	22/09/2009	27,1	15,20	7,02	5,38	0,29	0,0474	41,0	250,0
	27/10/2009	27,3	7,05	7,30	9,03	0,29	0,0291	13,0	138,8
	24/11/2009	26,7	20,0	8,07	4,06	0,29	0,0565	21,0	280,8
SALIDA LAGUNA	12/08/2009	28,5	84,4	7,86	3,18	0,29	0,1067	68,0	420,0
	22/09/2009	29,2	29,7	7,21	4,82	0,29	0,012	31,0	280,0
	27/10/2009	28,1	15,0	7,47	4,19	0,29	0,700	0,17	130,8
	24/11/2009	27,5	30,0	7,80	9,96	0,29	0,0632	16,0	291,1
ARROZAL CANAL 1	12/08/2009	35,3	108,0	8,81	18,06	0,29	0,2530	90,0	280,0
	22/09/2009	33,6	80,6	7,17	6,02	0,29	0,1349	57,0	280,0
	27/10/2009	32,1	12,0	7,83	8,01	0,29	0,1747	32,00	134,2
	24/11/2009	30,8	135,0	8,05	6,88	0,29	0,1772	44,0	181,1
ARROZAL CANAL 2	22/09/2009	36,6	185,0	9,12	6,74	0,29	0,5790	48,0	230,0
	27/10/2009	32,1	73,3	7,75	9,69	0,29	0,0259	26,0	113,1

(1)T: Temperatura, (2) Sat O₂: Porcentaje de Saturación de oxígeno disuelto, (3) pH= Potencial de hidrógeno (4) DBO: Demanda bioquímica de oxígeno (5) NO₃: Nitratos, (6) P_T: Fósforo total, (7) SS: Sólidos suspendidos, (8) CE: Conductividad eléctrica.

Cuadro 5.2. Calificación de las variables físico-químicas asociadas a su calidad para el sostenimiento de biodiversidad de lagunas de inundación y que sustentan el cálculo del ICA-L

SITIO	FECHA	Q _T	Q _{PH}	Q _{SAT O₂}	Q _{DBO}	Q _{NO₃}	Q _{PT}	Q _{SS}	Q _{CE}
LAGUNA MR	12/08/2009	97	91	26	68	≤0,29	14	58	88
	22/09/2009	97	90	8	53	≤0,29	74	55	100
	27/10/2009	97	91	4	37	≤0,29	96	96	100
	24/11/2009	97	84	12	58	≤0,29	64	93	100
SALIDA LAGUNA	12/08/2009	95	87	92	66	≤0,29	21	63	86
	22/09/2009	93	90	21	56	≤0,29	100	90	98
	27/10/2009	96	72	8	57	≤0,29	50	93	100
	24/11/2009	97	87	20	33	≤0,29	57	94	100
ARROZAL CANAL 1	12/08/2009	32	47	95	15	≤0,29	13	52	98
	22/09/2009	56	90	87	50	≤0,29	6	67	98
	27/10/2009	73	87	6	40	≤0,29	1	74	100
	24/11/2009	84	84	84	46	≤0,29	1	70	100
ARROZAL CANAL 2	22/09/2009	9	48	50	44	≤0,29	1	68	100
	27/10/2009	73	87	68	33	≤0,29	100	80	100

Q= Puntaje de calidad de cada propiedad designada por el Subíndice

Subíndices: T=Temperatura, pH, SAT O₂= Saturación de Oxígeno, DBO= Demanda bioquímica de oxígeno, NO₃= Nitratos, PT= Fósforo total, SS= Sólidos suspendidos, CE= Conductividad eléctrica.

En las muestras analizadas en el laboratorio para determinar plaguicidas, no se logró detectar la presencia de ninguno de estos analitos durante el período de muestreo de agosto a noviembre de 2009 (Anexo 6). Lo anterior podría deberse a los siguientes factores:

- En el estudio solo se llegaron a analizar en el laboratorio el 25% de los plaguicidas en uso. En particular, no se cuantificaron fenitrothion, carbendazin y butaclor, los cuales según el PIRI presentan una movilidad de media a alta
- La falta de coincidencia entre las aplicaciones de plaguicidas y la fecha de muestreo debido a cambios en la planificación de las actividades agrícolas. Esto afectaría la detección de los plaguicidas por efecto de degradación o pérdida por volatilidad, escorrentía o adsorción (ver características en cuadro 4.3)

- El muestreo realizado de tipo puntual podría no reflejar las concentraciones promedio que tendrían las aguas vertidas a lo largo de un ciclo de cuatro meses.

Debido a limitaciones presupuestarias no se incorporaron análisis químicos para detectar plaguicidas en los sedimentos de la zona comprendida entre el arrozal y el espejo de agua de la laguna Mata Redonda, denominada zona de amortiguamiento. Lo anterior, hubiese permitido cuantificar la función de las arcillas y de las plantas acuáticas en el proceso de adsorción de los plaguicidas y otros contaminantes.

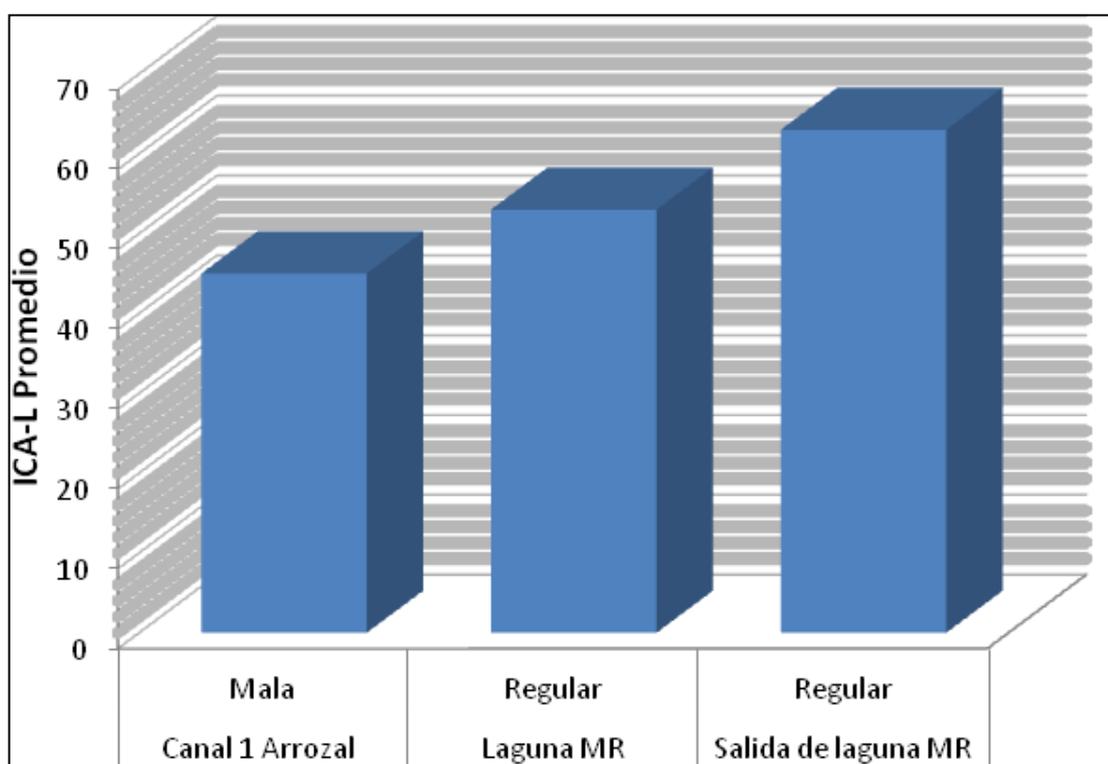


Figura 5.2 Clasificación de la calidad del agua por medio del ICA-promedio (ICA-Lp), desde el vertido del arrozal hasta la salida del humedal.

La tendencia a mejorar de la calidad del agua, reflejada en la variación espacial del ICA-L al pasar del canal 1 a la laguna y luego al agua del desagüe de la laguna (figura 5.2), se debería al efecto de la zona de amortiguamiento y al conocido valor de los

humedales como ecosistemas para purificación del agua. (La Convención de los Humedales, 1998)

En el drenaje principal del sembradío de arroz, conocido como canal 1, el ICA-Lp fue de 45 (figura 5.2) y por ende, se esperaría que el agua definida como “mala” no sea apta para el sostenimiento de la biodiversidad de lagunas de inundación. Este resultado obedeció principalmente a la contaminación puntual producto de los residuos de fósforo de la fertilización de la plantación de arroz, asociada a una calificación media de sólidos suspendidos y a valores de DBO con puntajes bajos de calidad que indican contaminación con materia orgánica.

En la laguna Mata Redonda (ICA-Lp 53) y en la salida de la laguna (ICA-Lp 63) la calidad del agua se clasificó como “regular” (figura 5.2). Lo anterior se relaciona con el incremento en la concentración de fósforo total y de la DBO, variables cuyo puntaje de calidad también se ve disminuido en las aguas de vertido de las plantaciones del arroz del sector San Lázaro.

Para corroborar la incidencia del cultivo de arroz sobre la DBO que se muestra aumentada en la laguna Mata Redonda, sería importante estudiar el aporte de las excretas del ganado que pastorea en la laguna y sus alrededores.

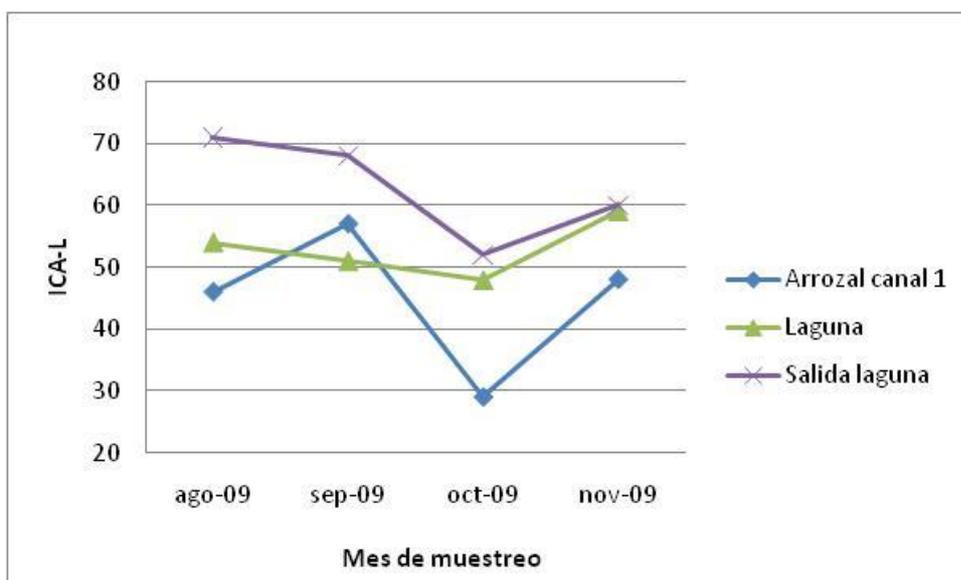


Figura 5.3 Variación temporal del ICA-L de la laguna Mata Redonda y del agua que drena de los arrozales del sector San Lázaro. 2009

En la Figura 5.3 se muestra la variación temporal del ICA-L en los sitios de muestreo, a saber, la laguna Mata Redonda, la salida de la laguna Mata Redonda y el agua drenada desde el arrozal a través del canal 1. No se incluyen los resultados del canal de drenaje N°2 porque únicamente se obtuvieron dos mediciones que no permiten evaluar la tendencia.

La categoría regular asignada a la laguna con base en el ICA-L significa, según Pérez (2008), que existen signos de contaminación, producto por ejemplo de la concentración de fósforo, factor clave de eutrofización en aguas dulce y una reducción de la diversidad de organismos acuáticos.

El fósforo es un componente esencial del ciclo biológico en los cuerpos de agua y generalmente, es el agente limitante del crecimiento de las algas en tierras altas y humedales, por lo que su incremento artificial constituye la principal causa de eutrofización antropogénica de lagos, lagunas o ríos. En aras de controlar este efecto la EPA recomienda que el fósforo total no exceda de 0,025 mg/L PO₄-P en lagos y reservorios, de 0,05 mg/L PO₄-P cuando una corriente de agua fluya hacia estos

embalses y de 0,10 mg/L en los cuerpos de agua que no descargan directamente en aquellos (Murphy, 2002).

Lo anterior, se ratificó en el sitio donde se observó un desequilibrio en el crecimiento de las algas y vegetación acuática acorde con el valor de ICA-Lp (Figura 5.4). Además, se asocia al estudio de Piedra (2005) que confirma una disminución de las poblaciones nativas de peces en la laguna Mata Redonda y un incremento de las especies exóticas, más tolerantes a las condiciones de eutrofización antropogénica.

Según Jiménez (2009)⁴ en los últimos años el RNVS-MR, se ha dado una reducción sistemática de los espejos de agua, provocados por la invasión descontrolada de especies como el gamalote (*Paspadium geminatum*), mata de sapo (*Ipomoea carnea*), lirio de agua (*Eicchornia spp*), la zarza (*Mimosa pigra*) y otras especies de plantas acuáticas.



Figura 5.4 Panorámica de la situación actual de la laguna Mata Redonda, donde se aprecia (marcada en círculo rojo) una alta presencia de vegetación acuática

⁴ Jiménez Andrés. 2009. Prevalencia de malezas en la laguna Mata Redonda (Comunicación personal). RNVS-MR- ACT- SINAC. Rosario, Nicoya, Guanacaste, C.R

5.5 EVALUACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS EN EL SECTOR DE SAN LÁZARO

La evaluación del nivel de riesgo de los plaguicidas utilizados en la plantación de arroz por medio del PIRI consideró tanto la laguna Mata Redonda ubicada a 550 m, como el cultivo en sí, por corresponder a un humedal artificial con presencia de aves acuáticas durante todo el ciclo de producción. Debido a lo anterior, se incluyó para el análisis tanto la toxicidad de los plaguicidas como su movilidad.

5.5.1 MOVILIDAD DE LOS PLAGUICIDAS SEGÚN EL PIRI

La Figura 5.5, resultado de la aplicación del PIRI, muestra que el propanil presentaría una movilidad alta en el agua superficial. Esta característica hace que el propanil se traslade con facilidad en el agua de escorrentía y pueda convertirse en causa de contaminación de la fuente de agua. Las circunstancias favorables para que la contaminación ocurra pueden ser: una alta dosis de producto, el volumen de agua drenada y una reducida distancia entre el lugar de aplicación y la fuente de agua. (Zona de amortiguamiento).

5.5.2 TOXICIDAD DE LOS PLAGUICIDAS SEGÚN EL PIRI

La Figura 5.6 presenta el nivel de toxicidad de los plaguicidas utilizados en el arroz bajo las condiciones del sector San Lázaro, según el modelo PIRI.

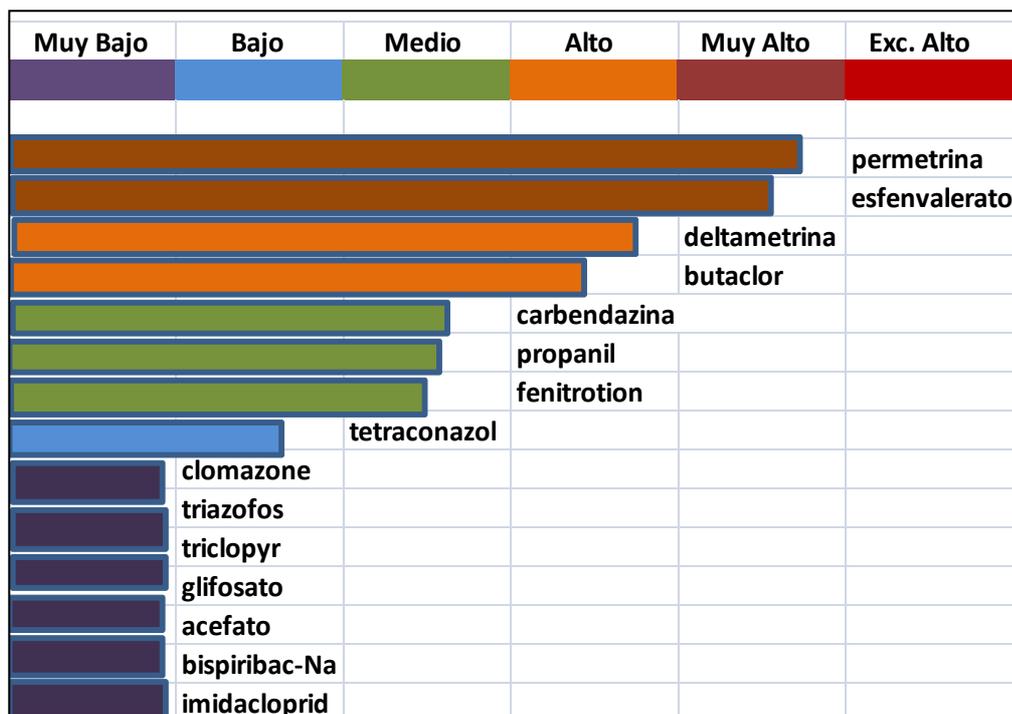


Figura 5.6 Toxicidad estimada de los plaguicidas en agua superficial, bajo las condiciones específicas del cultivo de Arroz en el sector San Lázaro según el modelo PIRI. 2009

Acorde con la evaluación del PIRI que señala como de alta toxicidad a los ingredientes activos permetrina, esfenvalerato, deltametrina y butaclor (Figura 5.6) no es conveniente el uso de estos plaguicidas en el cultivo de arroz del sector San Lázaro.

El carbendazim, el propanil y el fenitrotion presentan toxicidad media y por lo tanto, el riesgo de causar daño a la biodiversidad asociada al arrozal y a la laguna Mata Redonda dependerá de su movilidad y de su método de aplicación.

El clomazone, triazofos, tryclopir, glifosato, acefato, bispiribac-Na y el imidacloprid se clasifican como de toxicidad muy baja con una probabilidad también baja de ocasionar

daños a la biodiversidad asociada al arrozal y a la laguna, en condiciones adecuadas de aplicación.

La movilidad y el nivel de toxicidad estimados de la aplicación del PIRI, bajo las condiciones del sector de San Lázaro, dan un criterio para seleccionar los plaguicidas más adecuados en relación con la laguna Mata Redonda. Pero, si se toma en cuenta, que el cultivo de arroz es un humedal donde es común encontrar aves acuáticas y otros organismos alimentándose (Hurtado 2003), el criterio movilidad deja de ser relevante, pues una alta toxicidad dañaría la biodiversidad en el sitio de aplicación.

Cuadro 5.3. Interacción estimada entre la movilidad y la toxicidad de los plaguicidas utilizados en el cultivo de arroz en el sector San Lázaro. 2009.

<i>TOXICIDAD</i>	<i>MOVILIDAD</i>				
	MUY BAJA	BAJA	MEDIA	ALTA	MUY ALTA
MUY BAJA	Imidacloprid Bispibac- Na			Deltametrina	
BAJA	triazofos				Esfenvalerato
MEDIA	Glifosato Acefato Clomazone Tricopyr	Tetraconazol	Fenitrothion Carbendazin	Butaclor	Permetrina
ALTA			Propanil		
MUY ALTA					

Siguiendo el criterio anterior, Cuadro 5.2, la deltametrina, el butaclor, el esfenvalerato y la permetrina, presentan alto riesgo de producir daños en la biodiversidad asociada al cultivo del arroz por su alta toxicidad, pero muy poco riesgo de producir daños en la laguna Mata Redonda bajo condiciones de aplicación adecuadas, debido a su baja a media movilidad.

El fenitrothion, la carbendazina y el propanil son productos con una toxicidad media y una movilidad entre media y alta que presentan alta probabilidad de causar daño, tanto a los organismos asociados al cultivo de arroz, como a los organismos asociados a la laguna Mata Redonda.

Los casos de los plaguicidas imidacloprid, bispidac-Na, triazofos, glifosato, acefato, clomazone, tricopyr y el tetraconazol tienen una baja toxicidad y movilidad entre baja y media. Estos plaguicidas presentan buenas condiciones para ser incorporados en el programa de Buenas Prácticas Agrícolas del cultivo de arroz del sector San Lázaro, pues el riesgo potencial para afectar a biodiversidad asociada al cultivo de arroz y a la laguna Mata Redonda bajo condiciones adecuadas de aplicación es reducido.

RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos y las observaciones que se realizaron en el seguimiento al cultivo de arroz en el sector San Lázaro, para mitigar las repercusiones negativas de la actividad arrocera en el RNVS-Mata Redonda se sugiere bajo un carácter preventivo el cual está implícito en el principio *indubio pronatura*:

Cuantificar el déficit hídrico del cultivo de arroz y utilizar el caudal del río San Lázaro solamente para suplir dicho déficit.

Con la implementación de esta práctica, aumentaría el aporte de agua del río San Lázaro a la laguna Mata Redonda y se reduciría la introducción de contaminantes a la laguna a través de los canales de drenaje del cultivo de arroz.

Evitar el uso de aspersiones aéreas por medio de avionetas para reducir la deriva de los plaguicidas que puedan ocasionar contaminación de las aguas superficiales.

Se debe priorizar, cuando las condiciones de suelo lo permitan, el uso de equipo terrestre de fumigación. Cuando lo anterior no es posible, el uso de helicópteros con una altura baja de fumigación es la alternativa adecuada.

Selección área de siembra

La segunda siembra que se realiza a partir del mes de enero es donde se presenta el mayor riesgo de intoxicación de peces y aves acuáticas. Lo anterior, se debe a que las aplicaciones de plaguicidas durante el desarrollo del cultivo coinciden con una alta concentración poblacional de estas aves durante esos meses. Por lo tanto, se debe evitar o reducir el área de la segunda siembra de arroz y como medida preventiva, debe ubicarse en el sector oeste que es el sector más alejado del RNVS-MR

Implementación del PIRI

Los resultados obtenidos mediante el PIRI, demuestran la necesidad de implementar esta herramienta para la selección de los plaguicidas más apropiados para cada ciclo agrícola. La selección de los plaguicidas debe basarse en los criterios de movilidad y toxicidad y de esta manera reducir el riesgo de contaminación de aguas superficiales tanto en el arrozal como en el RNVS-MR.

Monitoreo permanente de la calidad del agua de la Laguna Mata Redonda y de especies indicadoras.

La evaluación permanente de la calidad del agua de la laguna Mata Redonda mediante el ICA-L es de especial importancia debido a que solo de esta manera se tendrían las bases científicas necesarias para implementar medidas de manejo activo en este humedal. Además el recuento en forma simultánea de las especies indicadoras permitiría cuantificar las repercusiones de la calidad del agua en la salud ambiental de este ecosistema.

Complementar la determinación de la calidad de agua mediante el ICA-L con el uso de índices biológicos.

Se deben buscar métodos de evaluación de la calidad del agua que sean fáciles de aplicar, precisos y baratos. Para el caso de la laguna Mata Redonda se pueden comparar ambos métodos y evaluar la utilidad del método de niveles poblacionales de macroinvertebrados bentónicos bajo condiciones específicas de la laguna

Realizar el estudio de capacidad de carga animal y estudios para determinar la carga contaminante que es introducida a través de las mareas

Como se expuso con anterioridad, el aporte de contaminantes al RNVS-MR no es exclusivamente de la actividad arrocera. Observaciones en el sitio, hacen prever aportes provenientes de la cuenca media del río Tempisque y de la actividad ganadera desarrollada dentro del refugio. Es necesario, en primera instancia, realizar el Estudio

de Capacidad de Carga Animal con el objetivo de regular con criterio técnico la población de animales que es capaz de soportar el refugio, sin dejar de percibir los beneficios de esta actividad en el manejo poblacional de las plantas acuáticas en el espejo de agua de la laguna. Además, es necesario efectuar estudios tendientes a determinar la carga contaminante, incluyendo sedimentos, que es introducida por el río Tempisque y río El Charco a través de las mareas. Con los estudios anteriores, se lograría un panorama completo para la cuantificación de las causas de la contaminación en el RNVS-Laguna Mata Redonda.

Establecer una zona de amortiguamiento con dos niveles de restricción

En la Figura 2.7 se muestra la zona de amortiguamiento propuesta por del Área de Conservación Tempisque, SINAC. Esta área incluye una área de 2405.5 ha que corresponde a una área 10 veces mayor alrededor del área que representan los espejos de agua del RNVS-MR y abarca parte de los sectores San Lázaro y Talolinga. En esta zona se desarrollan las actividades agropecuarias que podrían incidir directamente en las condiciones ecológicas del RNVS-MR incluyendo la calidad del agua de la laguna. Por lo tanto, es importante dividir la zona de amortiguamiento en dos áreas concéntricas alrededor del espejo de agua de acuerdo al nivel de riesgo para la laguna, de tal forma que, la zona 1 sea la zona más inmediata al espejo de agua y que por medio de legislación sea declarada de protección absoluta de las actividades agrícolas. La longitud del radio y el área total de esta zona debe ser determinada por un panel de expertos mientras que los estudios específicos permitan determinar con precisión su tamaño.

En cuanto a la zona 2, que es el área resultante de la diferencia entre el área total y la zona 1, es el área donde están concentrados los cultivos de arroz y caña de azúcar y la actividad ganadera. Estas actividades generan una influencia directa en las condiciones ecológicas del RNVS-MR. Para esta área se debe legislar, iniciando con la elaboración el Plan de Manejo del RNVS-MR, para que estas actividades agropecuarias se desarrollen bajo principios de sostenibilidad. En primera instancia, se debe prohibir en esta zona,

la construcción de infraestructura que modifique la red hídrica que alimenta al RNVS-MR.

Diseñar e implementar programas de Buenas Prácticas Agrícolas o Estudios de Ecoeficiencia en el cultivo arroz en el sector San Lázaro que favorezcan al ambiente y la competitividad del productor.

El Plan de Manejo del RNVS-MR debe contemplar un programa de mitigación de las repercusiones negativas de la actividad agropecuaria en este refugio. Como parte de este programa, es indispensable la ejecución de estudios de Ecoeficiencia o de proyectos de Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de arroz del sector San Lázaro.

LITERATURA CITADA

ALBERTI M.; PARKER J. 1991. Indices of Environmental Quality: the Search for Credible Measures. *Environmental Impact Assess. Rev.* 11: 95-101

CENTRO DE INVESTIGACIONES EN CONTAMINACIÓN AMBIENTAL, U.C.R 2008. Lineamientos a seguir para la recolección de muestras. Documento PT-05-01 versión 03. UCR. Monografía. 5 p

CHAVARRÍA U., GONZÁLEZ J., ZAMORA N. 2001. Árboles comunes del Parque Nacional Palo Verde. Editorial InBio. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. p. 15

CORRALES N. 2006. Uso de hábitat y presas de la correa (*Aramus guarauna*, Aves: Aramidae) en la Laguna Mata Redonda, Costa Rica, durante la época seca del 2005. Tesis de Licenciatura en Biología Tropical con Énfasis en Manejo de Recursos Naturales. Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional, Costa Rica. 55p.

CROW G.E. 2002. Plantas Acuáticas del Parque Nacional Palo Verde y el Valle del río Tempisque. Editorial Inbio. Santo Domingo, Heredia, Costa Rica. p. 211

COMISIÓN NACIONAL DE BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS 2008. Especificaciones Técnicas de Buenas Prácticas Agrícolas. Cultivo de Arroz. I Ed. Chile. 58 p.

CONARROZ 2009. Estadísticas del cultivo de arroz (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 6 febrero 2011. Disponible en <http://www.conarroz.com>.

CONARROZ 2011. Estadísticas del cultivo de arroz (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 6 febrero 2011. Disponible en <http://www.conarroz.com>.

- FAO 1993.** Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informe sobre temas hídricos. Anales de consulta de expertos organizada por la FAO, Chile. p 59.
- FAO 1997.** Lucha contra la Contaminación Agrícola en los Recursos Hídricos. Estudio FAO Riego y Drenaje-55. (en línea). Italia. Consultado 7 agosto 2009. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/W2598S>.
- GRANADOS C.F 2002.** Análisis de Ecoeficiencia de fincas productoras de arroz (*Oryza sativa*) en el Distrito de riego Arenal Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Mg. Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p 31-52
- HURTADO J. 2003.** Abundancia, diversidad, riqueza, uso de hábitat y comportamiento de aves acuáticas: una comparación entre un humedal seminatural y un arrozal con riego en Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. p 43
- HURTADO J. 2004.** Arrozales son humedales para aves en Palo Verde. Ambientico, N° 129. (en línea). San José, CR. Disponible en <http://www.ambientico.una.ac.cr/129/Hurtado.htm>.
- INSTITUTO REGIONAL DE ESTUDIOS DE SUSTANCIAS TÓXICAS 1999.** Manual de Plaguicidas: guía para América Central. Universidad Nacional. 2 ed. Heredia, Costa Rica. pp. 1-118
- JIMENEZ J; GONZALEZ E. 2001.** La Cuenca del Río Tempisque. Perspectivas para un manejo integrado. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. 150 p.
- JIMENEZ J; GONZALEZ E. 2003.** Hacia el manejo Integral de la Cuenca baja del Río Tempisque. El Desafío de una región. San José, Costa Rica, Organización de Estudios Tropicales. 12 p

- KOOKANA R; CORRELL R; MILLER R. 2005.** Pesticide Impact Rating Index-A pesticides Risk Indicator for Water Quality. *Water, Air and Soil Pollution: Focus* 5:45-46.
- MURPHY, S. 2002.** Research Analyst, BASIN project, City of Boulder. USGS Water Quality Monitoring <bcn.boulder.co.us/basin/watershed/wqhome.html>.
- ORGANIZACIÓN PARA ESTUDIOS TROPICALES. 2009.** Datos Meteorológicos 1978-2009. Base de Datos de Estación Biológica OET, CR. Consultado el 3 de agosto 2010. Disponible en Estación Biológica OET, Parque Nacional Palo Verde.
- OLIVER D; KOOKANA R. 2005.** Pesticide use in the Ord River Irrigation Area, Western Australia, and Risk Assessment of Off-site Impact using Pesticide Impact Rating Index (PIRI).CSIRO Land and Water Technical Report. 10(5). 17 p.
- LA CONVENCION SOBRE LOS HUMEDALES 1998.** Misión Ramsar de Asesoramiento: Informe No.39, Palo Verde, Costa Rica. (en línea). Gland, Suiza. Consultado 23 agosto 2009. Disponible en <http://www.ramsar.org>.
- PEREZ A.G. 2004.** Evaluación de la calidad de las aguas del drenaje del Sector de Riego de Tamarindo para el manejo de humedales en el Parque Nacional Palo Verde. Tesis de Maestría. Universidad de Costa Rica. Programa de Estudios de Pos grado en Química. 133 p.
- PEREZ A.G. 2008.** Índice físico químico de la calidad del agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista Biología Tropical*. Vol. 56(04):1905-1918.
- PETER G. 2001.** La Cuenca del Tempisque: Una perspectiva Histórica. Monografía. 26 p.
- PIEDRA L. 2005.** Poblaciones ícticas del humedal Mata Redonda: el manejo para su conservación. Informe Final. INBIO-MINAE. 2005. p. 28.

PROGRAMA DE FOMENTO DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA SOSTENIBLE. 2009.

Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (scall) en el Sector Agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización. CONVENIO1436/OC-CR-BID. Consultoría SP-16-2009. p 4

RIZO-PATRON F. 2003. Plaguicidas, nutrientes y sólidos suspendidos en un humedal de Costa Rica. Tesis de Maestría. Universidad Nacional, Costa Rica. 120 p.

ROJAS L.A. 2001. La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía Mesoamericana*. 12(2):209-212.

SILLER-CEPEDA J. 2002. Manual de Buenas Prácticas Agrícolas. Centro de Investigaciones en alimentación y Desarrollo, A.C. I Ed. México D.F. p. 70.

TINOCO R; ACUÑA A. 2008. Cultivo de Arroz (*Oryza sativa*). Manual de Recomendaciones Técnicas. Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria. San José, Costa Rica 74 p.

TRAMA F. 2005. Manejo activo y restauración del humedal Palo Verde: cambios en la cobertura de vegetación y respuestas de las aves acuáticas. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Costa Rica. pp. 54-78

VALCACEL L; ALBERRO, N; FRÍAS D. 2009. El Índice de Calidad de agua como herramienta para la gestión de los recursos hídricos. *Medio Ambiente y Desarrollo*. Revista electrónica de la agencia de Medio Ambiente. 9(16):115

VILLARREAL J. 1997. Estado actual, presas y uso de hábitat del Jabirú (*Jabirú mycteria*) en la cuenca baja del río Tempisque, Costa Rica. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.104 p.

VILLARREAL J. 2006. Aves acuáticas del Refugio Nacional de Vida Silvestre Mata Redonda. *Zeledonia (Costa Rica)* 10(2): 213

- UMAÑA E. 2007.** Fluctuaciones temporales de la diversidad y abundancia relativa de aves acuáticas en Refugio Nacional de Vida Silvestre Laguna Mata Redonda y Corral de Piedra. Tesis. Universidad Nacional. Facultad de Ciencias Exactas. Escuela de Ciencias Biológicas. 87 p.
- UNEP-WBCSD. 1998.** Cleaner Production and eco-efficiency: complementary approaches to sustainable development. 5th International High level Seminar on Cleaner Production. September 28- Oct 1st 1998. (en línea). Phoenix Park, Republic of Korea. Disponible en www.wbcsd.org.
- WBCSD. 2000.** Eco-efficiency creating more value with less impact. (en línea). WBCSD. Suiza. Disponible en www.wbcsd.org
- WBCSD. 2002.** Measuring Eco-efficiency: a guide to reporting company performance. (En línea). WBCSD, Suiza. Disponible en www.wbcsd.org

ANEXOS

ANEXO 1

Aves acuáticas del RNVS-Mata Redonda (Villarreal 2006)

Anhingidae		
<i>Anhinga anhinga</i>	Pato aguja	R
CICONIIFORMES		
Ardeidae		
<i>Tigrisoma mexicanum</i>	Martín peño	R
<i>Nycticorax nycticorax</i>	Chocuaca	R
<i>Nyctanassa violacea</i>	Chocuaca	R
<i>Bubulcus ibis</i>	Garza bueyera	R
<i>Butorides striatus virescens</i>	Garcilla verde	R
<i>Egretta caerulea</i>	Garceta azul	R
<i>Egretta tricolor</i>	Garceta tricolor	R
<i>Egretta thula</i>	Garceta nivosa	R
<i>Ardea alba</i>	Garza real	R
<i>Ardea herodias</i>	Garzón azulado	M
Ciconiidae		
<i>Mycteria americana</i>	Garzón	R
<i>Jabiru mycteria</i>	Galán sin ventura	R
Threskiornitidae		
<i>Eudocimus albus</i>	Ibis blanco	R
<i>Plegadis facinellus</i>	Ibis Morito	R
<i>Platalea ajaja</i>	Espátula rosada	R
ANSERIFORMES		
Anatidae		
<i>Dendrocigna autumnalis</i>	Piche común	R
<i>Dendrocigna bicolor</i>	Piche canelo	R
<i>Anas discors</i>	Cerceta aliazul	M
<i>Anas clypeata</i>	Pato cuchara	M
FALCONIFORMES		
Pandionidae		
<i>Pandion haliaetus</i>	Águila pescadora	M
Accipitridae		
<i>Rostrhamus sociabilis</i>	Gavilán caracolero	R
<i>Ictinia plumbea</i>	Elanio plumizo	M
<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán alicastaño	R
Falconidae		
<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	M

R= Residentes M= migratorias

ANEXO 2

Especies de peces capturadas en la Laguna Mata Redonda (Piedra 2005).

Familia	Especie	Nombre común	Hábitos	Distribución
Cichlidae	<i>Herotilapia multispinosa</i>	mojarrita	R, A	CTB 1,2
	<i>Achrocentrus nigrofasciatus</i>	Carate	A, R	CTB 1,2
	<i>Astatheros longimanus</i>	Cholesca	AE, R	CTB 1,2
	<i>Astatherps alfaro</i>	mojarra	A, R	CTB 1
	<i>Parachromis managuensis</i>	Guapote tigre	AE	LRC 1 CTB 2
	<i>Parachromis loisellei</i>	guapotillo	AE	LRC 1, NR
Characida	<i>Oreochromis nilotica</i>	Tilapia	AE, R, Q	CTB 2
	<i>Astyanax aeneuse</i>	Sardina	R, A	CTB1,2
	<i>Bryconamericus scleroparius</i>	Sardina	A	CTB 1,2
	<i>Roeboides bouchellei</i>	Sardina	AT, R, A	CTB 1,2
Poecillidae	<i>Poecilia gillii</i>	Olomina	R, Q, AT	CTB 1,2
	<i>Priapichthys panamensis</i>	Olomina	A, Q	CTB 1
	<i>Poecilia latipinna</i>	Olomina	R, Q, AT	CTB 2
	<i>Gambusia nicaraguensis</i>	Olomina	A, AT	NR
	<i>Brachyrharris olomina</i>	Olomina	A, Q, AT	CTB 1, 2
Pimelodidae	<i>Rhamdia nicaraguensis</i>	Barbudo	R, Q	CTB 1,2
Aridae	<i>Arius guatemalensis</i>	Bagre	AS, ASa, AD	CTB 1,2
	<i>Arius seemanni</i>	Cuminante	R, A	CTB 1,2
Centropomidae	<i>Centropomus robalito</i>	Robalo	E, AD	P 1, CTB2
Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i>	Cuchisapo	Es, R, Q	P1, CTB2
	<i>Gobiomorus polylepis</i>	Guavina	A, R	P1, NR
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpa	Q, AT	NR

A: arroyos, Q: quebradas, AT: agua tranquilas, AS: agua salada, ASa: agua salobre, AD: agua dulce, E: esteros, R: ríos, AE: agua estancada, CTB: cuenca Tempisque-Bebedero, LRC: lagunas Río Cañas, P: Pacífico, NR: no reportado en CTB

ANEXO 3

ENTREVISTA A AGRICULTORES DE ARROZ

1.- INFORMACIÓN GENERAL

A.- Nombre del productor: Víctor Manuel Delgado Aiza

B.- Ubicación de la finca: Finca La Cueva, San Lázaro, Nicoya, Guanacaste

C.- Nombre del Encargado de la Finca: Víctor Manuel Delgado A.

D.- Nombre del Regente Agrícola: No tiene

E.- ¿Recibe Asistencia Técnica? No ¿De quién? El dueño es Ingeniero Agrónomo.

2.- SIEMBRA

A.- ¿Desde hace cuántos años siembra arroz en esta finca? 30 años

B.- ¿Cuál es el área de arroz que espera sembrar en el 2009? 300 ha

C.- ¿Cuál es la variedad que utilizará este año? CR-4477 – Senomiza 238/250/48

D.- ¿Cuál es el período de siembra en esta zona? Del 10 de julio al 15 de agosto

E.- ¿Cuál es el período de cosecha en esta zona? Del 15 de noviembre al 15 de diciembre

F.- ¿Ha aumentado o disminuido el área sembrada en los últimos 5 años? Se ha mantenido estable

G.- ¿Qué factores han incidido para aumentar o disminuir el área sembrada?
Los incrementos en el precio a partir del año pasado motivan para seguir en la actividad arrocera

3.- PREPARACION DE SUELOS

A.- ¿En qué mes inicia con la preparación de suelos? En el mes de marzo se rastrea para incorporar rastrojos de la cosecha anterior

B.- ¿Qué labores incluye la preparación de suelos?

Arada _____ ¿Cuántas? _____

Rastreada X ¿Cuántas? 2

Nivelación _____ ¿Cuántas? _____ El terreno fue nivelado hace varios años.

Fanguero _____ ¿Cuántas? _____

Aplicación aérea de glifosato X ¿Cuántas? 2 ¿Dosis? 4 L Round up.ha⁻¹ o 2 Kg de Round up Max.ha⁻¹. (Producto comercial.ha⁻¹)

4.- SIEMBRA

A.- ¿Cómo realiza la siembra? Método de labranza mínima. Densidad de siembra.

Sembradora de surcos X Cantidad de semilla kg.ha⁻¹: 90-100
kg.ha⁻¹

Voleadora X Cantidad de semilla kg.ha⁻¹: 90-100
kg.ha⁻¹

Avioneta X Cantidad de semilla kg.ha⁻¹ : 90-100
kg.ha⁻¹

5.- COMBATE DE MALEZAS

A.- Métodos de combate de maleza

Manual _____

Mecánico _____

Químico ___x___

B.- Frecuencia de aplicación. ¿Cuántas aplicaciones de herbicidas hace durante el ciclo? 2

C.- Productos y Dosis

Primera aplicación (Las dosis se expresan en producto comercial.ha⁻¹)

Producto: propanil Dosis: 2-4 L PC.ha⁻¹ DDS: 8-10

Producto: Nominee Dosis: 100cc.ha⁻¹ DDS: 15-21

Producto: Garlón Dosis: 500-600cc.ha⁻¹ DDS: preemergente

Producto: Machete Dosis: 3 l.ha⁻¹ DDS: Preemergente

Producto: Command Dosis: 1-1.25 l.ha⁻¹ DDS: Preemergente

Segunda aplicación

Producto_____ Dosis_____ DDS_____

Producto_____ Dosis_____ DDS_____

Producto_____ Dosis_____ DDS_____

6.- FERTILIZACIÓN-

1ra Fertilización

Producto: 10-30-10 Dosis: 2.75 sacos de 46 kg.ha⁻¹ Forma de aplicación:
Incorporado

DDS: al momento de la siembra

2da Fertilización

Producto: 30-0-15 Dosis: 200 kg.ha⁻¹ Forma de aplicación: Manual al voleo DDS: 21 días

3ra Fertilización

Producto: 30-0-15 Dosis: 200 kg.ha⁻¹ Forma de aplicación: Manual o aérea DDS: 45 días

4ta Fertilización

Producto: 30-10-15 Dosis: 120 kg.ha⁻¹

7.- COMBATE DE INSECTOS.

A.- ¿Cuántas aplicaciones de insecticidas realiza en promedio durante el ciclo?
1 aplicación al suelo y 3 aplicaciones al follaje o la inflorescencia.

B.- ¿Cuáles insectos atacan el arroz en esta zona? Gusanos, chinches, sogata, ácaros

C.- ¿En qué forma aplica los insecticidas?

Manual _____ Mecánica _____ Aérea X (Helicóptero)

D.- ¿Cuáles son los insecticidas que usa más frecuentemente y en qué dosis los utiliza?

Producto: Talcor Dosis: 250cc de Producto Comercial.ha⁻¹

Producto: Muralla Dosis: 400 cc.ha⁻¹

Producto: mezcla comercial de triazofos +piretrina Dosis: No se acuerda

Producto: Sumithion Dosis: 0.89 l.ha⁻¹

Producto: Orthene Dosis: No se acuerda

8.- COMBATE DE ENFERMEDADES.

A.- ¿Cuántas aplicaciones de Fungicidas y bactericidas realiza en promedio durante el ciclo? 2

B.- ¿Cuáles enfermedades atacan el arroz en esta zona? *Xhantonomus*, *Pseudomonas*, *Pyricularia*

C.- ¿En qué forma aplica los fungicidas o bactericidas?

Manual _____ Mecánica _____ Aérea ____x____(helicóptero)

D.- ¿Cuáles son los fungicidas-bactericidas que usa más frecuentemente y en qué dosis los utiliza?

Producto: Cupravit Dosis: 500cc.ha⁻¹ de producto comercial

Producto: Triazoles Dosis: 0.5-1.0 l.ha⁻¹ de producto comercial

Producto: Carbendazina Dosis: 750 cc.ha⁻¹ PC

Producto _____ Dosis _____

Producto _____ Dosis _____

9.- RIEGO

A.- ¿Utiliza riego en la plantación de arroz? Riego emergente

B.- ¿De dónde se extrae el agua para el riego? Río San Lázaro

C.- ¿Tiene nivelado el terreno? _____ Si _____

D.- ¿Utiliza curvas de retención de agua? ___ Si _____

E.- ¿Drena el terreno antes de la cosecha? Si. Normalmente se seca solo.

F.- ¿Hacia dónde drena esa agua? Hacia la Laguna Mata Redonda

Observaciones: _____

10.- MANEJO DE DESECHOS

A.- ¿Tiene bodega en la finca para el manejo exclusivo de los agroquímicos? Sí

B.- ¿Qué hace con los envases vacíos después de las aplicaciones o con los sacos de plástico después de las fertilizaciones? Se entrega a las casas comerciales

C.- ¿Dónde y cómo se lava el equipo después de las aplicaciones? En el campo, normalmente en la calle.

Observaciones: _____

ANEXO 4

Análisis de detección de plaguicidas



REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (1)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 1	Limite de Detección	Limite de Cuantificación
MAR-1					
Ametrina	Triazinas	mg/L	ND	0,045	0,076
Bifentrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0088	0,017
Bromacil	Uracilos	µg/L	ND	0,0059	0,011
Cadusafos	Organofosforados	µg/L	ND	0,022	0,044
Captan	Ftalamidas	µg/L	ND	0,0065	0,012
Cihalotrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0058	0,011
Cipermetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,031	0,058
Clorotalonil	Ftalamidas	µg/L	ND	0,015	0,027
Clorpirifos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0029	0,0057
Deltametrina	Piretroides	µg/L	ND	0,039	0,074
Diazinón	Organofosforados	µg/L	ND	0,0089	0,017
Diclorvós	Organofosforados	µg/L	ND	0,0086	0,016
Dimetoato	Organofosforados	µg/L	ND	0,66	1,3
Diuron	Úreas sustituidas	µg/L	ND	0,0083	0,016
Endosulfán α	Organoclorados	µg/L	ND	0,00030	0,00060
Endosulfán β	Organoclorados	µg/L	ND	0,00050	0,0010
Etión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0051	0,0096
Etoprofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0093	0,018
Fenamifos	Organofosforados	mg/L	ND	0,014	0,023
Forato	Organofosforados	µg/L	ND	0,016	0,030
Imazalil	Imidazoles	µg/L	ND	0,073	0,14
Isazofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,018	0,034
Malatión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0040	0,0079
Metil-paratión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0035	0,0070
Oxadiazón	Oxadiazoles	µg/L	ND	0,0016	0,0029
Oxifluorfen	Difenil Éteres	µg/L	ND	0,0010	0,0020
PCNB	Organoclorados	µg/L	ND	0,00060	0,0012
Permetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,063	0,12
Terbufos	Organofosforados	µg/L	ND	0,014	0,027
Terbutrina	Triazinas	mg/L	ND	0,0028	0,0053
Tetradifon	Bifenilos Clorados	µg/L	ND	0,0025	0,0049
Tiabendazol	Benzimidazoles	mg/L	ND	0,031	0,058
Triadimefon	Triazoles	µg/L	ND	0,0026	0,0050
Triazofos	Organofosforados	mg/L	ND	0,0097	0,017
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		
Sumatoria de Organoclorados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)



REPORTE DE ANÁLISIS

REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (1)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 1	Limite de Detección	Limite de Cuantificación
MAR-7					
2,4-D	Fenoxi Ácidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Atrazina	Triazinas	µg/L	ND	0,26	0,50
Bentazon	Benzo-tia-diacinas	µg/L	ND	0,27	0,53
Cianazina	Triazinas	µg/L	ND	0,19	0,37
Dicamba	Ácido Benzoico	µg/L	ND	0,26	0,51
Disulfoton	Organofosforados	µg/L	ND	0,69	1,3
Fention	Organofosforados	µg/L	ND	2,6	4,6
MCPA	Fenoxi Acidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Pirimifos-metil	Organofosforados	µg/L	ND	0,20	0,39
Propanil	Acetanilidas	µg/L	ND	0,35	0,68
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)



REPORTE DE ANÁLISIS

REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (2)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 2	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
MAR-1					
Ametrina	Triazinas	mg/L	ND	0,045	0,076
Bifentrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0088	0,017
Bromacil	Uracilos	µg/L	ND	0,0059	0,011
Cadusafos	Organofosforados	µg/L	ND	0,022	0,044
Captan	Ftalamidas	µg/L	ND	0,0065	0,012
Cihalotrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0058	0,011
Cipermetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,031	0,058
Clorotalonil	Ftalamidas	µg/L	ND	0,015	0,027
Clorpirifos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0029	0,0057
Deltametrina	Piretroides	µg/L	ND	0,039	0,074
Diazinón	Organofosforados	µg/L	ND	0,0089	0,017
Diclorvós	Organofosforados	µg/L	ND	0,0086	0,016
Dimetoato	Organofosforados	µg/L	ND	0,66	1,3
Diuron	Úreas sustituidas	µg/L	ND	0,0083	0,016
Endosulfán α	Organoclorados	µg/L	ND	0,00030	0,00060
Endosulfán β	Organoclorados	µg/L	ND	0,00050	0,0010
Etión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0051	0,0096
Etoprofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0093	0,018
Fenamifos	Organofosforados	mg/L	ND	0,014	0,023
Forato	Organofosforados	µg/L	ND	0,016	0,030
Imazalil	Imidazoles	µg/L	ND	0,073	0,14
Isazofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,018	0,034
Malatión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0040	0,0079
Metil-paratión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0035	0,0070
Oxadiazón	Oxadiazoles	µg/L	ND	0,0016	0,0029
Oxifluorfen	Difenil Éteres	µg/L	ND	0,0010	0,0020
PCNB	Organoclorados	µg/L	ND	0,00060	0,0012
Permetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,063	0,12
Terbufos	Organofosforados	µg/L	ND	0,014	0,027
Terbutrina	Triazinas	mg/L	ND	0,0028	0,0053
Tetradifon	Bifenilos Clorados	µg/L	ND	0,0025	0,0049
Tiabendazol	Benzimidazoles	mg/L	ND	0,031	0,058
Triadimefon	Triazoles	µg/L	ND	0,0026	0,0050
Triazofos	Organofosforados	mg/L	ND	0,0097	0,017
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		
Sumatoria de Organoclorados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)



REPORTE DE ANÁLISIS

REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (2)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 2	Limite de Detección	Limite de Cuantificación
MAR-7					
2,4-D	Fenoxi Ácidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Atrazina	Triazinas	µg/L	ND	0,26	0,50
Bentazon	Benzo-tia-diacinas	µg/L	ND	0,27	0,53
Cianazina	Triazinas	µg/L	ND	0,19	0,37
Dicamba	Ácido Benzoico	µg/L	ND	0,26	0,51
Disulfoton	Organofosforados	µg/L	ND	0,69	1,3
Fention	Organofosforados	µg/L	ND	2,6	4,6
MCPA	Fenoxi Ácidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Primifos-metil	Organofosforados	µg/L	ND	0,20	0,39
Propanil	Acetanilidas	µg/L	ND	0,35	0,68
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)



REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (3)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 3	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
MAR-1					
Ametrina	Triazinas	mg/L	ND	0,045	0,076
Bifentrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0088	0,017
Bromacil	Uracilos	µg/L	ND	0,0059	0,011
Cadusafos	Organofosforados	µg/L	ND	0,022	0,044
Captan	Ftalamidas	µg/L	ND	0,0065	0,012
Cihalotrina	Piretroides	µg/L	ND	0,0058	0,011
Cipermetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,031	0,058
Clorotalonil	Ftalamidas	µg/L	ND	0,015	0,027
Clorpirifos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0029	0,0057
Deltametrina	Piretroides	µg/L	ND	0,039	0,074
Diazinón	Organofosforados	µg/L	ND	0,0089	0,017
Diclorvós	Organofosforados	µg/L	ND	0,0086	0,016
Dimetoato	Organofosforados	µg/L	ND	0,66	1,3
Diuron	Úreas sustituidas	µg/L	ND	0,0083	0,016
Endosulfán α	Organoclorados	µg/L	ND	0,00030	0,00060
Endosulfán β	Organoclorados	µg/L	ND	0,00050	0,0010
Etión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0051	0,0096
Etoprofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,0093	0,018
Fenamifos	Organofosforados	mg/L	ND	0,014	0,023
Forato	Organofosforados	µg/L	ND	0,016	0,030
Imazalil	Imidazoles	µg/L	ND	0,073	0,14
Isazofos	Organofosforados	µg/L	ND	0,018	0,034
Malatión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0040	0,0079
Metil-paratión	Organofosforados	µg/L	ND	0,0035	0,0070
Oxadiazón	Oxadiazoles	µg/L	ND	0,0016	0,0029
Oxifluorfen	Difenil Éteres	µg/L	ND	0,0010	0,0020
PCNB	Organoclorados	µg/L	ND	0,00060	0,0012
Permetrina	Piretroides	µg/L	ND	0,063	0,12
Terbufos	Organofosforados	µg/L	ND	0,014	0,027
Terbutrina	Triazinas	mg/L	ND	0,0028	0,0053
Tetradifon	Bifenilos Clorados	µg/L	ND	0,0025	0,0049
Tiabendazol	Benzimidazoles	mg/L	ND	0,031	0,058
Triadimefon	Triazoles	µg/L	ND	0,0026	0,0050
Triazofos	Organofosforados	mg/L	ND	0,0097	0,017
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		
Sumatoria de Organoclorados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)



Universidad de Costa Rica
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
Centro de Investigación en Contaminación Ambiental
Permiso Sanitario de Funcionamiento del Ministerio de Salud No.159-08 vigente hasta 04-2011
Laboratorio de Análisis de Plaguicidas
REPORTE DE ANÁLISIS



REPORTE DE ANÁLISIS LAPA 119-2009 (3)

Análisis	Familia	Unidad	Muestra No. 3	Límite de Detección	Límite de Cuantificación
MAR-7					
2,4-D	Fenoxi Ácidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Atrazina	Triazinas	µg/L	ND	0,26	0,50
Bentazon	Benzo-tia-diacinas	µg/L	ND	0,27	0,53
Cianazina	Triazinas	µg/L	ND	0,19	0,37
Dicamba	Ácido Benzoico	µg/L	ND	0,26	0,51
Disulfoton	Organofosforados	µg/L	ND	0,69	1,3
Fention	Organofosforados	µg/L	ND	2,6	4,6
MCPA	Fenoxi Ácidos	µg/L	ND	0,33	0,64
Pirimifos-metil	Organofosforados	µg/L	ND	0,20	0,39
Propanil	Acetanilidas	µg/L	ND	0,35	0,68
Sumatoria de Organofosforados		mg/L*	ND		

*Las unidades de las sumatorias de organofosforados y organoclorados se expresan en mg/L para facilitar la comparación con los datos reportados por la Norma Nacional la cual establece 0,1 mg/L para la sumatoria de organofosforados y 0,05 mg/L para la sumatoria de organoclorados (ver nota 11)

ANEXO 5
ANÁLISIS DE SUELO

LABORATORIO DE SUELOS Y FOLIARES
REPORTE DE ENSAYO

CIA-SC12-01-I01-R01 (v2)

Nº DE REPORTE:	33278		
USUARIO:	FUNDECODES		
SUBCLIENTE	FINCA LA CUEVA		
RESPONSABLE:	CRISTINA CHINCHILLA / 2511-5512		
TELÉFONO:	2261-8115 / 8868-8859		
PROVINCIA:	GUANACASTE	ANÁLISIS:	MO
CANTÓN:	NICOYA	FECHA RECEPCIÓN:	03/08/2009
LOCALIDAD	SAN LAZARO	EMISIÓN DE REPORTE:	14/08/2009
CULTIVO:	ARROZ	Nº DE MUESTRAS	1
		TOTAL:	
		PÁGINA:	1/1

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

%

ID USUARIO	ID LAB	MO
MUESTRA COMPUESTA	S-09-06364	5 1,6

LABORATORIO DE RECURSOS NATURALES

N° DE SOLICITUD	33279	PÁGINA:	1/1
USUARIO:	FUNDECODES	TELÉFONO:	2261-8115/8868-8859
SUBCLIENTE:	FINCA LA CUEVA	FAX:	--
CORREO-E:		DIRECCIÓN:	
ANÁLISIS:	TEXTURA	PROVINCIA:	GUANACASTE
FECHA DE RECEPCIÓN:	3 de agosto 2009	CANTÓN:	NICOYA
FECHA DE REPORTE:	11 de agosto 2009	LOCALIDAD:	SAN LAZARO
N° DE MUESTRAS:	1	CULTIVO:	ARROZ
OBSERVACIONES:	--		

ANÁLISIS DE TEXTURA EN SUELOS					
ID USUARIO	ID LAB	(%)			NOMBRE TEXTURAL
		ARENA	LIMO	ARCILLA	
MUESTRA COMPUESTA	RN 1219-09	10	23	67	ARCILLOSO

S